

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Методические указания

Направление подготовки 15.04.04
«Автоматизация технологических процессов и производств»
Направленность (профиль) «Информационно-управляющие системы»
Форма обучения - очно-заочная
Год начала обучения 2022
Реализуется в 3 семестре

Невинномысск, 2022

УДК 62-52
ББК 32.965
Л 82

Печатается по решению УМС
Северо-Кавказского федерального
университета

Рецензенты: профессор кафедры высшей алгебры и геометрии, доктор технических наук, *Н.И. Червяков*; доцент кафедры информационных систем, электропривода и автоматике, кандидат технических наук *А.А. Евдокимов*

Э.Е. Тихонов

Л 82 Проектирование систем автоматизации и управления. Курсовое проектирование: учебное пособие / – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2022. – 105 с.

Пособие подготовлено в соответствии с программой дисциплины «Проектирование систем автоматизации и управления», разработанной в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки магистров. В нем изложены общие требования к выполнению курсового проекта, рекомендации по подготовке и оформлению курсового проекта, последовательность выполнения курсового проекта, порядок представления проекта к защите, процедура защита курсового проекта.

УДК 62-52
ББК 32.965

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	6
Цели и задачи дисциплины	
Требования к уровню освоения дисциплины	
Раздел 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
1.1 Цель и задачи курсового проекта	7
1.2 Формулировка задания и его объем	
Раздел 2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
2.1 Основное содержание курсового проекта	12
2.2 Общие требования к курсовому проекту	20
Раздел 3. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	26
3.1 Введение	33
3.2 Описание технологического процесса	41
3.3 Разработка схемы автоматизации	
3.3.1 Общие положения	
3.3.2 Условные обозначения технологической аппаратуры и трубопроводов	
3.3.3 Условные обозначения приборов, средств автоматизации и линии связи	
3.3.3.1 Графические условные обозначения	
3.3.3.2 Условные буквенные обозначения	
3.3.3.3 Правила построения условных обозначений	
3.3.3.4 Правила выполнения функциональных схем систем автоматизации	
3.4 Выбор и обоснование средств автоматизации	
3.5 Содержание записки по расчетной части	
Раздел 4. ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА К ЗАЩИТЕ	
Раздел 5. ПРОЦЕДУРА ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	
Приложение 1. Титульный лист	

Приложение 2. Задание на проектирование	47
Приложение 3. Задание на проектирование	47
Приложение 4.	
Приложение 5.	
Приложение 6.	
Приложение 7.	
Приложение 8.	
Приложение 9.	
Приложение 10.	
Приложение 11.	
Приложение 12.	
Приложение 13.	
Приложение 14.	
Приложение 15.	
Приложение 16.	
Приложение 17.	
Приложение 18.	
Приложение 19.	
Приложение 20.	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие по дисциплине «Проектирование систем автоматизации и управления» разработано с учетом требований ФГОС ВПО для подготовки магистров направления 15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств.

Настоящее пособие содержит требования к оформлению курсового проекта, включая буквенные обозначения для групп аппаратов и оборудования, графические и буквенные условные обозначения по ГОСТ 21.404-85, основные буквенные обозначения измеряемых величин, дополнительные буквенные условные обозначения функциональных признаков приборов по ГОСТ 21.404-85, примеры составления схем автоматизации и спецификации к средствам автоматизации.

Оно способствует лучшему усвоению студентами теоретических положений курса и обеспечивает приобретение навыков разработки схем автоматизации и выбора современных технических средств автоматизации.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Проектирование систем автоматизации и управления» ставит своей целью формирование набора профессиональных компетенций будущего магистра по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Главными задачами дисциплины являются: ознакомление студентов со схемами автоматизации типовых технологических процессов и производств; приобретение практических навыков проектирования локальных АСР; изучение состава, основных функций и видов обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами.

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать современное состояние и тенденции развития автоматизации технологических процессов и производств; принципы организации и архитектуру автоматических и автоматизированных систем контроля и управления для технологических процессов и производств; методы и средства разработки математического, лингвистического, информационного обеспечения систем автоматизации и управления;

- уметь использовать принципы, методы и способы выбора и конфигурирования технических и программных средств при создании систем автоматизации и управления;

- владеть современными методами автоматизации технологических процессов и производств, разработки систем автоматизации и управления с использованием компьютерной техники; методами рационального выбора средств технологического оснащения, автоматизации технологических процессов и производств; методами математического моделирования при разработке и совершенствовании программно-технических средств и систем автоматизации технологических процессов и производств.

Код	Формулировка
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
ОК-2	Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОК-3	Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3	Способность разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководить их созданием
ОПК-4	Способность руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и

	производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-1	Способность разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний; новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-2	Способность проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения
ПК-4	Способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты автоматизированных и автоматических производств различного технологического и отраслевого назначения, технических средств и систем автоматизации управления, контроля, диагностики и испытаний, систем управления жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизации проектирования, отечественного и зарубежного опыта разработки конкурентоспособной продукции, проводить технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности проектов, оценивать их инновационный потенциал и риски
ПК-5	Способность разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования
ППК-1	Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию систем и средств автоматизации и управления изготовлением продукции, ее жизненным циклом и качеством

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по дисциплине «Проектирование систем автоматизации и управления» является одним из этапов подготовки студентов к выполнению выпускной квалификационной работы и самостоятельной работе будущего бакалавра.

При работе над курсовым проектом студент систематизирует и закрепляет знания, полученные в процессе изучения дисциплин «Проблемы современной теории управления», «Автоматизация технологических процессов и производств» и других и приобретает навыки самостоятельной работы.

1.1 Цель и задачи курсового проекта

В курсовом проекте студент должен:

- отобразить состояние автоматизации данного технологического процесса, установки и производства;
- разработать функциональную схему автоматизации данного технологического процесса с применением современных технических средств АСУ ТП;
- применить современные методы анализа и синтеза АСР, современные средства автоматизации;
- показать умение обосновать применяемые решения расчетами, вычислительными экспериментами и другими средствами;
- использовать компьютерные технологии и современные прикладные пакеты программы.

Проект должен базироваться на знаниях, полученных во время учебных занятий, а также из учебно-методической и научно-технической литературы.

1.2 Формулировка задания и его объем

Одним из важных компонентов в системе постановки курсового проекта является правильное определение тематики.

Тематика курсовых проектов определяется руководителем из числа наиболее актуальных в теоретическом и практическом плане задач автоматизации технологических процессов и производств. В темах должна учитываться возможность применения современных и перспективных направлений автоматизации. Темы курсового проекта могут формироваться с учетом пожеланий руководства предприятий и студентов. Темами могут быть, например, автоматизация или усовершенствование системы автоматизации конкретного технологического объекта управления.

Темы курсовых проектов утверждаются на заседании кафедры, ведущей дисциплины, по которым учебными планами предусмотрены курсовые проекты, не позднее 2-х недель после начала семестра. Выписка из протокола заседания кафедры передается в дирекцию института, где формируется распоряжение об утверждении тем курсовых проектов. В течение 10 дней после выхода распоряжения об утверждении тем курсовых проектов специалист по учебно-методической работе дирекции вносит названия тем в автоматизированную базу университета.

Основные содержательные и процессуальные аспекты, необходимые для выполнения проекта, оформляются кафедрой в заданиях по курсовому проектированию (*Приложение 2*). Задание является основанием для выполнения курсового проекта. В задании формулируется тема, даются исходные данные, перечень, содержание и состав подлежащих разработке вопросов, объем отчетной документации и установленные сроки выполнения проекта.

Задание выдается студенту руководителем на бланке установленной формы (*Приложение 2*). Оформляется подписями руководителя проекта, заведующего кафедрой и студента.

РАЗДЕЛ 2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1 Основное содержание курсового проекта

Курсовой проект должен быть выполнен в объеме достаточном для раскрытия поставленных в задании на проектирование вопросов и включать следующие текстовые и графические документы:

- расчетно-пояснительная записка объемом 40 – 50 страниц;
- чертежи – два листа формата А1.

В расчетно-пояснительную записку курсовой работы входят:

- титульный лист (*Приложение 1*);
- задание на проектирование (*Приложение 2*);
- содержание;
- введение;
- подлежащие разработке вопросы расчетно-пояснительной записки;
- заключение;
- список использованных источников.

При использовании микропроцессорных контроллеров для контроля, регулирования и оперативного управления технологическим процессом перечень разделов может быть следующим:

- введение;
- описание технологического процесса;
- разработка функциональной схемы автоматизации;
- выбор и обоснование средств автоматизации;
- функциональная и структурная схемы информационных каналов;
- расчет параметров настройки цифрового регулятора АСР;
- заключение;
- список использованных источников.

Во **введении** на основе литературных данных кратко поясняется необходимость широкого внедрения в промышленность автоматизированных систем управления технологическими процессами – АСУ ТП и обосновывается актуальность тематики курсового проекта.

Расчетно-пояснительная записка должна иллюстрироваться рисунками, графиками, включать распечатки с ЭВМ и содержать перечисленные выше основные разделы. Состав и наименование разделов могут быть изменены и дополнены по согласованию с руководителем проектирования.

В **заключении** делаются выводы о проделанной работе, их соответствии заданию на курсовое проектирование.

Список использованных источников должен содержать библиографическое описание использованных источников, его помещают после «**Заключения**». В нем перечисляются в порядке упоминания или в алфавитном порядке использованные в работе пособия учебной, учебно-методической и технической литературы. В перечень включаются только те источники, на которые даются ссылки в тексте пояснительной записки. Рекомендуемая для выполнения курсового проекта литература приведена в конце данного учебного пособия. Кроме нее может быть использована и другая, имеющаяся в библиотеке литература.

2.2 Общие требования к курсовому проекту

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, приложений и графического материала. В пояснительную записку включаются все текстовые документы, рисунки, графики и другие иллюстрации. В приложениях размещаются листинги результатов идентификации объекта управления, моделирования и расчета переходного процесса.

Пояснительная записка брошюруется в мягкий или твердый переплет. На обложке помещается надпись, оформленная в соответствии с *Приложением 1*. Материалы записки комплектуются в следующем порядке: титульный

лист (*Приложение 1*), задание на проектирование (*Приложение 2*), содержание, текст записки, заключение, список использованных источников, приложения.

Пояснительная записка оформляется с соблюдением ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы». Содержание и оформление проекта должно отвечать требованиям Положения о выполнении и защите курсовых работ (проектов) в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листов белой бумаги формата А4 по ГОСТ 2.301-68 (210x297 мм). Листы пояснительной записки должны иметь сквозную нумерацию. Первым считается титульный лист.

Текстовая часть записки начинается с содержания. В него включают наименование всех разделов, подразделов и поименованных пунктов без какой-либо перефразировки с указанием номеров страниц, с которых начинается размещение материала. Над номерами слово «страница» или «стр.» не ставится. Слово «Содержание» записывают симметрично тексту с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают, начиная с прописной буквы. Содержание курсового проекта рекомендуется представлять в объеме 1 – 2 печатных листа.

Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается «Введение». После этого нумеруются все страницы, включая приложения. Листы, на которых размещается содержание, не нумеруются, но включаются в общее количество листов пояснительной записки.

Первый лист текстовой части снабжается ограничительной рамкой и основной надписью для конструкторских документов формы 2 по ГОСТ 2.104-68 (см. рисунок 2.1).

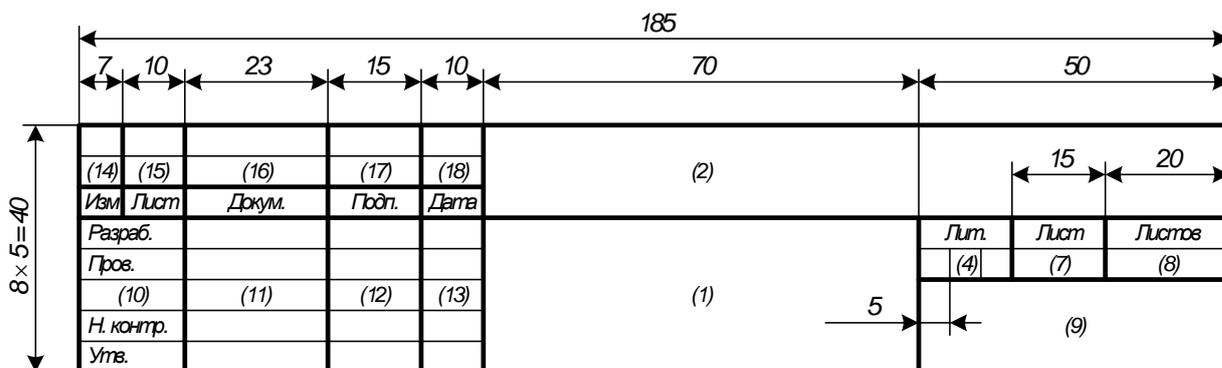


Рисунок 2.1 – Основная надпись для первого (заглавного) листа конструкторских документов (форма 2 по ГОСТ 2.104-68)

Ограничительная рамка должна отстоять от левого края листа на 20 мм, от всех остальных – на 5 мм. В основной надписи указываются следующие данные:

- графа 1 – наименование документа;
- графа 2 – обозначение документа и его тип (курсовому проекту присваивается обозначение, состоящее из ее индекса КП, аббревиатур учебного заведения и кафедры, трех последних цифр номера зачетной книжки студента и двух последних цифр года окончания проектирования, разделяемых тире), например, КП – НТИ СКФУ – ИСЭА – 777 – 13 – ПЗ);
- графа 4 – литера, присвоенная документу по ГОСТ 2.103-68 (для учебных проектов рекомендуется литера У);
- графа 7 – порядковый номер страницы (не заполняется на документах, состоящих из одного листа);
- графа 8 – общее число листов документа (заполняется только на первом листе);
- графа 9 – наименование организации, выпустившей документ (заменяется наименованием института и студенческой группы);
- графа 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ);

- графы 11-13 – фамилии лиц, подписывающих документ, их подписи и даты подписания;
- графы 14-18 – графы таблицы изменения (заполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79).

Последующие листы текстовой части снабжаются рамкой и основной надписью формы 2а по ГОСТ 2.104-68 (см. рисунок 2.2).

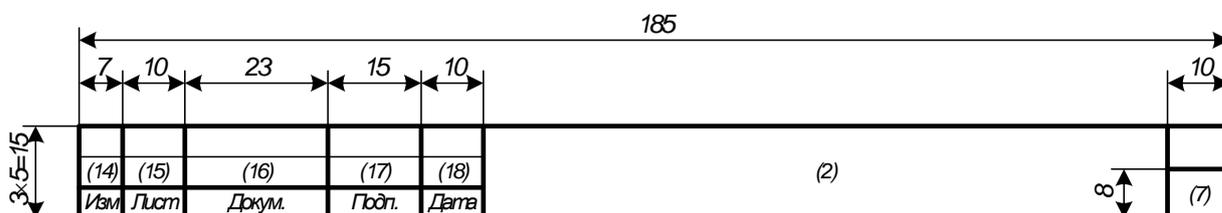


Рисунок 2.2 – Основная надпись для последующих листов конструкторских документов (форма 2а по ГОСТ 2.104-68)

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк должно быть не менее 5 мм. Расстояние от рамки до верхней и нижней строки текста должно быть не менее 10 мм.

Допускается оформление всех листов, кроме первого и заключения, без рамки и основной надписи. В этом случае текст записки оформляется с соблюдением полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм.

Текст записки может быть выполнен машинописным, рукописным или компьютерным способом. Правила рукописного и машинописного оформления приведены в [2]. При компьютерном оформлении пояснительная записка выполняется с помощью текстового редактора MS Word (или его аналога) с соблюдением следующих правил:

- параметры шрифта: Times New Roman, начертание обычное, размер 14, цвет черный, масштаб 100%, интервал обычный, смещения нет; использование эффектов подчеркивания, курсива и цвета не допускается; разрешается вписывать в пояснительную записку отдельные слова, формулы, услов-

ные знаки стандартным шрифтом размером не менее 2,5 по ГОСТ 2 304-81;

- параметры абзаца: выравнивание по ширине, уровень основного текста, отступы слева и справа 0 мм, интервалы до и после абзаца 0 пунктов, отступ первой строки 15 мм, межстрочный интервал полуторный;

- установка переносов слов (кроме заголовков) обязательна.

Разделы пояснительной записки (к ним приравниваются введение, заключение, список использованных источников и приложения) рекомендуется начинать с новых страниц. Каждая страница должна быть заполнена не менее чем на 60%, иначе содержание раздела должно быть сокращено или дополнено. Подразделы, пункты и подпункты размещаются по тексту записки.

Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом. Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, предложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово "Глава" не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1,2,3), после которых ставится точка. Слово "параграф" или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1. и 1.2.). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слова в заголовке.

При изложении текста записки необходимо использовать повествовательную или безличную форму («применяют», «указывают» или «применено», «указано» и т.п.). Изложение от первого лица (с использованием местоимений и оборотов «сделал», «выполнил» и т.п.) не допускается.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен в ГОСТ 2.316-68. Сокращения, не являющиеся общепринятыми, должны применяться лишь при их частом использовании в тексте. Рекомендуется при первом их упоминании писать полное слово (или словосочетание) и в скобках – сокращенное. В дальнейшем сокращенное написание следует применять без скобок. Допускается использование аббревиатур, т.е. сокращение терминов, состоящих из нескольких слов, например: АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическими процессами).

В тексте записки следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417-81. При необходимости использования обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений, например: «шаг квантования τ ».

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин, следует применять словосочетание «должно быть не более (не менее)». Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований, следует применять словосочетание «не должно быть более (менее)». Например, перерегулирование переходного процесса должно быть не более 30 %.

Числовые значения величин в тексте следует указывать с необходимой степенью точности, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой, например: «частота первого сигнала 3,57 Гц, частота второго сигнала 12,10 Гц».

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться арабскими цифрами в пределах каждого раздела (допускается сквозная нумерация в пределах документа). В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1). Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения,

например: «формула (B.1)». Если в документе одна формула, ее обозначают «формула (1)». Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например: «... в формуле (1.1) вычисляется...». Расшифровка используемых символов и числовых коэффициентов производится в тексте документа один раз непосредственно под формулой или до нее. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы выносят на отдельные строки документа и отделяют от текста пустыми строками. Формулы располагают по центру абзаца, после них ставят запятые. Номера в круглых скобках размещают на уровне формул по правому краю. Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой. Перенос формул допускается только на знаках операций соотношения левой и правой части («=», «<», «>» и т. п.) и знаках арифметических операций с обязательным их дублированием в начале следующей строки. Умножение при этом заменяется символом «х», деление – «/».

Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается. Порядок изложения математических уравнений такой же, как и формул.

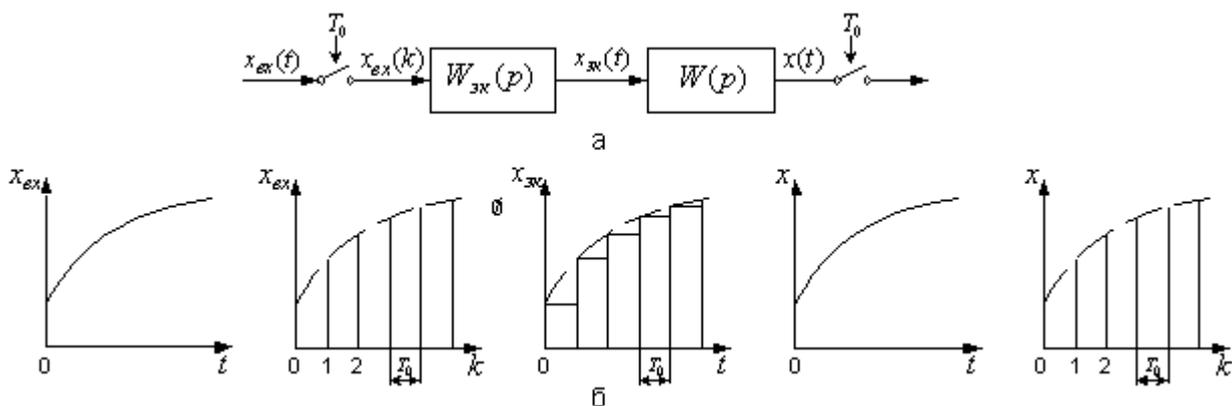
Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации размещают по возможности сразу после ссылки на них в тексте и отделяют пустыми строками. Допускается выносить иллюстрации на отдельные литы, на которых не ставятся номера страниц, или в приложения. В этом случае они могут располагаться так, чтобы их удобно было рассматривать без поворота записки или с ее поворотом по часовой стрелке на 90 градусов.

Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рисунок 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы

(или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: «Рисунок 1 – Схема автоматизации». Точка в конце наименования не ставится.

На рисунке 2.3 показан пример оформления иллюстраций.



а) блок схема; б) переходные процессы в разных точках системы

Рисунок 2.3 – Линейная система с экстраполятором нулевого порядка и импульсным входом и выходом

Таблицы используют для компактного представления числового материала. Таблицы обозначаются словом «Таблица» и нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела (допускается сквозная нумерация в пределах документа). Точка в конце обозначения не ставится. Если в документе одна таблица, она не нумеруется, и слово «Таблица» не пишется. Таблицы могут иметь содержательное и краткое наименование, которое отделяется от слова «Таблица» и номера символом тире. Точка в конце наименования не ставится. Ссылки на таблицы оформляются по типу: «... приведены в таблице 7.3 ...». Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Строка с номерами столбцов (или столбец с номерами строк) не является обязательной и включается в таблицу при необходимости.

Все заголовки указываются в единственном числе без точки в конце. Заголовки граф и строк таблицы записываются с прописной буквы. Заголовки столбцов записываются со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком графы, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

Таблицы размещают по возможности сразу после ссылки на них в тексте и отделяют пустыми строками. Допускается выносить таблицы на отдельные листы или в приложения. В этом случае они могут располагаться так, чтобы их удобно было рассматривать без поворота записки или с ее поворотом по часовой стрелке на 90 градусов.

Если таблица выходит за формат страницы, ее делят на части, которые размещаются одна под другой (или одна рядом с другой). В каждой части таблицы повторяют заголовки столбцов (или строк). Допускается заменять заголовки строкой с номерами столбцов (или столбцом с номерами строк). Слово «Таблица» и обозначение таблицы указывают один раз над ее первой частью. Над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы.

Сведения об информационных источниках необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» [2]. При ссылке в тексте на источник в квадратных или косых скобках проставляют его номер и при необходимости номер страницы, раздела, таблицы и т. п., например: «... приведено в [27, с. 43] ...». Ссылки на неофициальные источники (например, конспекты лекций) не допускаются.

Приложения обозначаются словом «Приложение». Точка в конце обозначения не ставится. В обоснованных случаях приложение может иметь содержательный заголовок. Нумерация страниц документа и приложений должна быть сквозная.

Каждое приложение должно начинаться с нового листа, наверху которого симметрично тексту записывают обозначение приложения. При наличии

заголовка его записывают отдельной строкой симметрично тексту с прописной буквы без точки в конце. Содержание приложения при необходимости может быть разбито на разделы, подразделы и пункты, нумеруемые в пределах каждого приложения.

В содержание включают все приложения с указанием их обозначений и заголовков.

Приложение содержит весь фактический материал экспериментальных исследований (схемы, чертежи, расчетные материалы, рисунки и т.д.).

В курсовом проекте чаще всего вычерчивается два чертежа. На первом изображается функциональная схема автоматизации объекта, на втором – принципиальная электрическая схема, а также схемы и графики к расчету АСР (либо к расчету регулирующего органа или сужающего устройства).

Чертежи выполняются на листах ватмана А1 карандашом. Допускается выполнение чертежей тушью или с использованием ПЭВМ.

Каждый чертеж оформляется рамкой, которая ограничивает его поле сверху, снизу и слева на расстоянии 5 мм от края, а справа на расстоянии 20 мм.

Чертежи вычерчиваются с использованием стандартных условных обозначений и правил технического черчения. Надписи на чертежах выполняются чертежным шрифтом размерами 3,5; 5; 7; 10 мм. Расстояние между строк для указанных размеров шрифтов 5,3; 7,5; 10,5; 15 мм.

Линии основных материальных потоков изображаются толщиной 1,5 мм, а вспомогательных потоков – 1 мм, толщина КИПиА – 0,5 мм, оборудование изображается линиями 1 мм.

РАЗДЕЛ 3. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

3.1 Введение

Во **введении** на основе литературных данных кратко излагаются современные направления развития средств автоматизации и управления и значение автоматизации технологических процессов и производств. Поясняется необходимость широкого внедрения в промышленность автоматизированных систем управления технологическими процессами – АСУ ТП, применение средств вычислительной и микропроцессорной техники, робототехники, оптоволоконных средств передачи информации и других.

3.2 Описание технологического процесса

В разделе «**Описание технологического процесса**» кратко описываются назначение технологического процесса (ТП) как объекта управления, его технологическая схема, машины, механизмы и другая аппаратура, на которой осуществляется технологический процесс. Отражаются особенности технологического объекта управления (ТОУ), влияющие на выбор принципов регулирования и структуры схемы автоматизации и управления. Показываются особенности ТОУ, позволяющие определить структуру автоматической системы управления. Определяются требования к надежности и точности системы управления и регулирования, оцениваются возможности централизованного или распределенного контроля и управления, использование микропроцессорных средств управления. Приводятся значения режимных параметров в различных точках технологического процесса.

Отмечаются факторы, облегчающие или усложняющие автоматизацию объекта управления. К таковым, как правило, относятся непрерывность технологического процесса, протекание технологического процесса в герметичных аппаратах, транспорт жидких и газообразных сред по трубопроводной

системе, осуществляющийся под давлением, создаваемым специализированными средствами (насосами, компрессорами) и другие.

К факторам, затрудняющим автоматизацию объекта управления, относятся, например, пожаро- и взрывоопасность сред, рассредоточенность объекта управления в пространстве, удаленность объектов управления от пунктов сбора информации, периодичность ТП и другие.

3.3 Разработка схемы автоматизации

3.3.1 Общие положения

Функциональная схема предназначается для отображения возлагаемых на систему автоматизации функций, объема контролируемых и регулируемых технологических параметров, технических средств автоматизации и является одним из основных документов проекта на сооружение технологического объекта.

Функциональные схемы используются в процессе проектирования, при монтаже, наладке и эксплуатации технологического оборудования и устройств контроля и автоматики.

Также как и другие документы проекта, функциональная схема выполняется с соблюдением требований системы государственных стандартов на составление и содержание проектной документации для промышленного строительства (СПДС) и действующих в этой части государственных и отраслевых норм и правил строительного проектирования. На функциональной схеме с помощью стандартных или принятых в отрасли обозначений условно изображается технологическое оборудование, машины и механизмы, технологические трубопроводы и все технические средства систем автоматизации, кроме вспомогательной аппаратуры, показываються связи между ними.

Раскрывая функционально-блочную структуру отдельных устройств и систем локального автоматического контроля и регулирования, функциональная схема дает представление об их связях и общих принципах автома-

тизации технологического объекта, отображает объем и конкретные параметры контроля и регулирования, расположение отборных и регулирующих устройств, мест отображения информации.

На (функциональной) схеме следует показать также аппаратуру, поставляемую комплектно с технологическим оборудованием, о чем на схеме делают соответствующие указания. Вспомогательные устройства, фильтры и редукторы для воздуха, соединительные коробки, источники питания, реле, магнитные пускатели, автоматы, предохранители, выключатели в цепи питания и т.д. не показывают.

На технологических коммуникациях изображают основные запорные и регулирующие органы, необходимые для определения расположения отборов импульсов или поясняющие необходимость производства измерений.

Устройства, механически связанные с конструкциями, непосредственно встроенными в коммуникации агрегата, исполнительные устройства, механизмы, связанные с дроссельными органами, изображают на поле чертежа в непосредственной близости к конструкциям, имеющим указанную механическую связь.

При разработке функциональных схем средства автоматизации изображают или непосредственно на технологической схеме установки, или на специально подготовленных чертежах, на которых технологическую схему представляют в сокращенном виде без указания отдельных аппаратов и трубопроводов, коммуникаций вспомогательного назначения, для которых не предусматривается аппаратура автоматизации. Схема такой технологической установки или агрегата в этом случае должна в основном соответствовать схеме, изображенной на технологических чертежах.

В отдельных случаях, когда невозможно получить ясное представление о технологической схеме аппарата, агрегата и т.п. при указанном выше способе изображения выбирают такое условное начертание технологических аппаратов и агрегатов, которое дает ясное представление о принципе их работы.

3.3.2 Условные обозначения технологической аппаратуры и трубопроводов

Элементами схем технологических процессов являются технологические аппараты, насосы, компрессоры, различные машины и механизмы, трубопроводы, запорная и регулирующая арматура и другое оборудование.

Стандартами СПДС условных обозначений для изображения на схемах технологического оборудования не предусмотрено.

Условные графические обозначения наиболее распространенных технологических аппаратов и оборудования приведены в *Приложении 4* [24].

Технологическому оборудованию помимо графического обозначения присваивается буквенно-цифровое обозначение. Оно складывается из прописных букв русского алфавита и арабских цифр и представляет собой, как правило, начальную букву наименования аппарата и его порядковый номер на технологической схеме. Например, печь П-1, колонна К-2.

Наиболее распространенные в практике промышленного проектирования буквенные обозначения аппаратуры приведены в *Приложении 5* [24].

На технологических трубопроводах стрелками представляется направление движения продукта и его наименование. Возможно цифровое обозначение трубопроводов с последующей их расшифровкой в экспликации. Размеры графических и буквенных символов элементов технологической схемы, надписи и их расположение принимаются такими, чтобы обеспечить наглядность и удобство чтения схемы.

3.3.3. Условные обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи

Условные обозначения приборов, средств автоматизации и линии связи на схемах автоматизации технологических процессов, производственных объектов и предприятий отраслей промышленности установлены ГОСТ 21.404 - 85.

Стандартом установлены графические и буквенные обозначения, при

совместном использовании которых на схемах автоматизации могут быть изображены приборы, средства и системы автоматизации различного назначения и любой степени сложности.

3.3.3.1. Графические условные обозначения

Графические условные обозначения, являющиеся основой изображения на схемах приборов, средств и систем автоматизации, должны соответствовать приведенным в *Приложении 6* [24].

Отборные устройства постоянно подключенных приборов изображают на схемах сплошной тонкой линией, соединяющей технологический аппарат или трубопровод с прибором. При необходимости указания конкретного места расположения отборного устройства внутри контура технологического аппарата его обозначают кружком диаметром 2 мм.

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

Графические обозначения на схемах выполняют сплошной линией толщиной 0,5-0,6 мм, а горизонтальную разделительную черту внутри графического обозначения толщиной 0,2-0,3 мм.

Многофункциональные средства и системы автоматизации, такие, например, как агрегатированные комплексы автоматического контроля и регулирования, системы технологической сигнализации, информационно-управляющие электронно-вычислительные комплексы, в практике промышленного проектирования в обоснованных случаях, в случае отклонения от стандарта, изображают на схемах в виде прямоугольников произвольных размеров. В прямоугольники вписывают наименование системы и другие вспомогательные обозначения с расшифровкой их на схеме. Прямоугольники, как и стандартное обозначение, выполняют сплошной основной линией толщиной 0,5-0,6 мм.

Изображение приборов и средств автоматизации помещают в нижней

части схемы под изображением технологического оборудования в двух вытянутых до горизонтали прямоугольниках, расположенных один над другим и выполненных линиями толщиной $0,2 \div 0,3$ мм.

Соединительные линии следует наносить с наименьшим количеством перегибов и пересечений между собой и агрегатами. Условные обозначения приборов пересекать ими нельзя.

Условные обозначения местных однотипных приборов можно совмещать в одно с указанием в спецификации их числа. Соединительные линии при этом необходимо проводить от каждой точки измерения, объединяя их в одну линию перед прибором.

В сложных случаях в функциональных схемах допускаются обрывы соединительных линий, при этом для удобства чтения чертежа каждый конец соединительной линии нумеруют одной и той же арабской цифрой. Концы соединительных линий, идущие от местных приборов, аппаратуры контроля, регулирования, управления и сигнализации, установленной на щитах, к технологическому оборудованию, исполнительным устройствам, нумеруют цифрами в возрастающем порядке слева направо.

3.3.3.2. Условные буквенные обозначения

Условные буквенные обозначения выполняются прописными буквами латинского алфавита.

Для измеряемых и управляемых величин, а также функциональных признаков приборов и регуляторов применяют буквенные условные обозначения (*Приложение 7 [24]*), которые наносят в верхней части окружности соответствующего графического условного обозначения.

Особенности использования буквенных обозначения по ГОСТ 21.404-85:

а) для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора справа от него необходимо указать наименование или символ этой величины, например, напряжение, сила тока, рН, вид радиоактивности и т.д.;

б) при измерении нескольких разнородных величин подробная их рас-

шифровка должна быть приведена около прибора или на поле чертежа;

в) обозначение величин, не предусмотренных стандартом, осуществляется резервными буквами с представлением на схеме их расшифровки.

Порядок расположения буквенных обозначений слева направо должен быть следующим:

а) обозначение основной измеряемой величины;

б) обозначение, уточняющее, если это необходимо, основную измеряемую величину;

в) обозначение функционального признака прибора.

Пример построения условного обозначения прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давления приведен в *Приложении 8* [24].

Буквами в соответствии со стандартом обозначаются:

- измеряемые величины (таблица *Приложения 9* [24]);
- дополнительные обозначения, уточняющие величины, (таблица *Приложения 9* [24]);
- выполняемые приборами и средствами автоматизации функции (таблица *Приложения 9* [24]).

Буквы В, С, N, O, X, Y, Z являются резервными и могут использоваться для обозначения не предусмотренных стандартом измеряемых величин и функциональных признаков с обязательной расшифровкой их обозначения на поле чертежа. Применение, например буквы, проиллюстрировано в *Приложении 10*, поз. 46 [24].

Некоторые буквы наряду с обозначением измеряемой величины используются для обозначения также дополнительных значений измеряемой величины – буквы D, F, Q, и функциональных признаков – буквы R, S. При этом назначение буквы определяется её местом в условном буквенном обозначении.

Буква А применяется для обозначения функции сигнализации независи-

мо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

Сигнализируемые предельные значения измеряемых величин конкретизируются добавлением буквы Н – верхнее и L – нижнее значения. Эти буквы наносятся вне графического обозначения, справа от него (*Приложение 10*, поз 31, 32 [24]).

Буква Н применяется для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, блокировки и т.д. (*Приложение 10*, поз. 10,17 [24]).

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора следует использовать буквы S, A.

Букву S не следует применять для обозначения функции регулирования, в том числе позиционного.

Для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора, справа от него, необходимо указывать наименование или символ измеряемой величины, например, мощность, конкретный показатель качества вещества, вид радиоактивности α , β , γ , (*Приложение 10*, поз. 35,38,41 [24]).

Буква U может быть использована для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин. Подробная расшифровка измеряемых величин должна быть приведена около прибора или на поле чертежа (*Приложение 10*, поз. 43 [24]).

Стандартом, наряду с обязательными для применения основными буквенными обозначениями, установлены на уровне рекомендуемых дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств (*Приложение 11* [24]).

Буква E применяется для обозначения чувствительных элементов, т.е. устройств, выполняющих первичное преобразование. Примерами первичных преобразований являются чувствительные элементы термоэлектрических

термометров, термометров сопротивления, датчики параметров, сужающие устройства расходомеров и т.д.

Буква Т обозначает промежуточное преобразование – дистанционную передачу сигнала. Букву Т рекомендуется применять для обозначения приборов с дистанционной передачей показаний, например, бесшкальных дифманометров, манометрических термометров с дистанционной передачей и т.п.

Буква К применяется для обозначения приборов, имеющих станцию управления, т.е. переключатель для выбора вида управления (автоматическое, ручное) и устройство для дистанционного управления.

Буква У рекомендуется для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств.

Дополнительные буквенные обозначения по *Приложению 11* [24] применяются при выполнении развёрнутых схем преобразователей сигналов и вычислительных устройств для указания величины сигнала, рода энергии сигнала, вида сигнала, операций, выполняемых вычислительным устройством, и характера связи ЭВМ с объектом управления.

3.3.3.3 Правила построения условных обозначений

Условные обозначения приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.404-85 включают графические, буквенные и цифровые обозначения. Стандартом установлено два способа построения условных обозначений: упрощенный и развернутый.

При упрощенном способе приборы в средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполненные в виде отдельных блоков, изображаются одним условным графическим обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру на схеме не изображают.

При развернутом способе каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств

автоматизации, показывается отдельным условным графическим обозначением. Сложные приборы, выполняющие несколько функций, допускается изображать несколькими окружностями, расположенными слитно друг к другу или отдельно с соединением соединительной линией связи.

В верхней части окружности наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

Первая буква в обозначении прибора всегда определяет наименование измерений величины. Исключение составляют устройства, выполненные в виде отдельных блоков и предназначенные для ручных операций. У них в обозначении на первом месте проставляется буква Н (*Приложение 10*, поз. 51,52,53 [24]).

Надписи, расшифровывающие конкретную измеряемую величину, располагаются либо рядом с прибором, (*Приложение 10*, поз. 32,35,38 [24]), либо в виде таблицы на поле чертежа.

Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков, если их несколько в одном приборе, должен быть следующим: IRCSA.

При построении условных обозначений приборов указываются не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной схеме.

С учётом указанного порядка основная надпись в верхней части условного обозначения прибора вида, например, PDIRC, расшифровывается следующим образом: буква Р указывает, что измеряемой величиной является давление, символ D конкретизирует, что измеряется перепад давления. Буквы IRC соответственно указывают, что осуществляется показание, регистрация и регулирование перепада давления.

Дополнительные обозначения, расшифровывающие вид преобразования или операции, наносятся справа от графического обозначения преобразователя или вычислительного устройства (*Приложение 10*, поз. 48 [24]).

Во избежание неправильного понимания схемы, где это необходимо, допускается вместо условных обозначений приводить полные наименования преобразуемых сигналов, например, «электрический / пневматический».

В нижнюю часть условного графического обозначения прибора вписывается его маркировка – цифровое или цифробуквенное обозначение позиции по заказной спецификации проекта. В отдельных случаях, когда позиционное обозначение прибора не помещается в окружности, допускается нанесение его вне пределов окружности (*Приложение 10*, поз. 53 [24]).

3.3.4 Правила выполнения функциональных схем систем автоматизации

Функциональные схемы систем автоматизации выполняются совмещёнными с технологическими или монтажно-технологическими схемами технологических процессов.

Технологическая схема вычерчивается по ходу технологического процесса с помощью условных обозначений. При ее выполнении соблюдается соразмерность изображаемых на схеме технологических аппаратов. Схема снабжается необходимыми надписями и пояснениями, техническими характеристиками технологической аппаратуры.

Приборы и средства автоматизации изображаются на схеме с помощью стандартных изображений.

В практике промышленного проектирования приборы и системы автоматизации чаще всего размещаются в поле технологической схемы непосредственно около контролируемых и регулируемых параметров, как это показано в *Приложении 12* [24].

При необходимости специально выделить системы автоматизации, в частности в учебной документации, пользуются следующим способом изображения систем автоматизации.

Обозначения элементов автоматических устройств, которые установлены непосредственно на технологических аппаратах и трубопроводах (отбор-

ные устройства, диафрагмы, термопары, исполнительные устройства и др.), наносят на изображениях аппаратов и трубопроводах в местах, соответствующих их действительному расположению.

Обозначение всей остальной аппаратура автоматизации (первичные, вторичные и регулирующие приборы, функциональные блоки, системы сигнализации, вычислительные устройства и др.) сносят в нижнюю часть схемы. Причем вдоль листа вычерчивают два прямоугольника, условно изображающие место расположения аппаратуры автоматизации (по месту, в операторной).

Приборы и устройства систем автоматизации соединяют между собой сплошными линиями связи, позволяющими проследить все соединения приборов.

В случае сложных многоконтурных и многоэлементных схем с протяжёнными пересекающимися соединительными линиями допускается для соединения приборов использовать адресный способ, как показано в примере *Приложения 13, 14, 15* [24]. Адрес соединений определяется цифрами натурального ряда, проставленными начиная слева направо по нижнему обрезу соединительных линий и в соответствующих местах их продолжения.

В нижней части условного изображения прибора проставляется его позиция по спецификации. При упрощенном способе изображения систем автоматизации указывается номер контура, как это показано в *Приложении 12* [24], а при развернутом может указываться и позиция отдельного прибора с выделением контура арабской цифрой, а приборы – буквой русского алфавита, как это показано в *Приложении 13* [24] для контура 5 автоматической системы регулирования давления в колонне К-1. Причем указанные на схеме позиции соответствуют позициям по спецификации и означают для данного контура следующее:

5а – манометр с пневмопередачей (МС-П2), 5б – вторичный прибор со станцией управления (ПВ 10.1Э), 5в – регулирующие устройство (ПР 3.31), 5г – регулирующий клапан.

Высота цифры равна 3,5 мм, высота буквы 2,5 мм. При цифровом позиционном обозначении приборов вместо букв используют цифры: 2-1, 2-2, 2-3 и т.д. (*Приложение 14, 15*).

Например, для контура 2: 2-1 – термopapa, 2-2 – преобразователь нормирующий Ш-705, 2-3 – преобразователь электропневматический ЭПП-1, 2-4 – вторичный прибор со станцией управления (ПВ 10.1Э), 2-5 – регулирующие устройство (ПР 3.31), 2-6 – регулирующий клапан. Не дают позиционных обозначений лишь отборным и приёмным устройствам, поставляемым вместе с прибором. Тип и технологические характеристики для соответствующей позиции производятся в спецификации на приборы и средства автоматизации технологического объекта.

В разделе «**Разработка схемы автоматизации**» курсового проекта приводится описание основных режимных параметров технологического процесса. Определяется показатель эффективности технологического процесса, выбираются параметры объекта, подлежащие автоматизированному контролю, управлению и сигнализации.

Выбирается и обосновывается структура автоматических систем локального контроля и управления с учетом предъявляемых к ним требований. Определяется набор параметров для передачи в АСУ верхнего уровня (технологического объекта или комплекса).

Показывается, что основным видом автоматических систем управления являются автоматические системы регулирования (стабилизации) технологических параметров – АСР.

Обосновывается выбор одно-, двух- или многоконтурных, комбинированных или каскадных АСР. Отмечаются при выборе структуры особенности разных по сложности АСР: простые системы применяются для поддержания на заданном значении регулируемых величин объектов, не требующих высокого качества переходного процесса, а более сложные АСР позволяют улучшить качество регулирования основной переменной в системах, обладающих большим запаздыванием с сохранением качества регулирования вспо-

могательной переменной, сохранять определенные соотношения параметров, необходимые для оптимального управления технологическим процессом.

Обосновывается необходимость и объем централизованного или распределенного контроля технологических параметров, предупредительной и аварийной сигнализации, схем защиты и блокировок для обеспечения безопасного ведения технологического процесса.

Составляется и описывается функциональная схема автоматизации, представляющая собой совмещенную схему технологического процесса объекта управления и его системы автоматизации. На функциональной схеме изображается технологическая аппаратура, механизмы, средства и системы автоматизации в соответствии с требованиями ГОСТ 21. 404-85 «Система проектной документации для строительства. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах».

Функциональная схема системы автоматизации выполняется в развернутом и/или упрощенном изображении средств и систем КиА с размещением обозначений в поле технологической схемы, как это показано в *Приложениях 14, 15* [24], и с использованием средств микропроцессорной (МП) техники по *Приложению 12* [24].

Описание схемы автоматизации приводится кратко по ходу движения сырья и образующихся продуктов, увязывая с технологической схемой. Например, для схемы Приложения 9 [24], описание может иметь следующий вид.

«Колонна К-1 служит для разделения нефти на фракции. Сырье поступает в колонну К-1, предварительно нагретое в печи П-1 до температуры 350 °С с расходом 60 кг/час. Температурный режим в колонне поддерживается автоматическими системами регулирования. Температура верха колонны поддерживается АСР расхода орошения с коррекцией по температуре в верхней части колонны (поз. 9).

Температура кубовой части поддерживается одноконтурной АСР за счет изменения расхода теплоносителя, подаваемого в ребойлер (поз. 2)».

Для схемы Приложения 9 [24] описание может иметь следующий вид.

«Показателем эффективности процесса нагревания является температура t_x'' на выходе из теплообменника, а целью управления – поддержание этой температуры на определенном значении.

Зависимость t_x'' от ряда параметров процесса может быть найдена из уравнения теплового баланса (потери тепла не учитываем):

$$G_x \cdot c_x \cdot (t_x'' - t_x') = G_r \cdot c_r \cdot (t_r' - t_r''); \quad (1.1)$$

$$t_x'' = \frac{G_r \cdot c_r \cdot (t_r' - t_r'')}{G_x \cdot c_x} + t_x', \quad (1.2)$$

где G_r, G_x – расходы горячего и холодного теплоносителей;

c_r, c_x – удельные теплоемкости горячего и холодного теплоносителей;

t_r', t_x' – температуры горячего и холодного теплоносителей на входе;

t_r'', t_x'' – температуры горячего и холодного теплоносителей на выходе.

Кроме того, известно, что количество тепла, передаваемого от одного теплоносителя другому, а, следовательно, и их конечные температуры, зависят от коэффициента теплопередачи и поверхности теплообмена. Коэффициент теплопередачи изменяется незначительно, поэтому условно будем считать его постоянной величиной. Поверхность теплообмена также является постоянной величиной.

Расход G_r можно стабилизировать или использовать для внесения эффективных регулирующих воздействий.

Расход G_x определяется другими технологическими процессами, а не процессом нагревания, поэтому он не может быть ни стабилизирован, ни использован для внесения эффективных регулирующих воздействий. При изменении расхода G_x в теплообменник будут поступать сильные возмущения.

Температуры теплоносителей t_r', t_x' , а также их удельные теплоемкости c_r, c_x определяются технологическими режимами других процессов, а не процессом нагревания, поэтому стабилизировать их или изменять при ведении процесса нагревания нецелесообразно, а иногда и даже невозможно.

Температура t_r является выходным параметром процесса и не может влиять на t_x .

Возмущающими воздействиями могут быть также изменение температуры окружающей среды и свойств теплопередающей стенки вследствие отложения на ней солей, а также из-за явления коррозии.

Анализ объекта управления показал, что большую часть возмущающих воздействий невозможно устранить. В связи с этим в качестве регулируемой величины следует брать температуру t_x , а регулирующее воздействие вносить путем изменения расхода G_r , что осуществляется одноконтурной АСР температуры (поз. 3), включающей в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (поз. 3-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический) (поз. 3-2); регулятор, входящий в состав МПК; преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал пневматический) (поз. 3-3), регулирующий клапан (поз. 3-4).

В качестве контролируемых величин следует брать расходы теплоносителей, их начальные и конечные температуры и давления. Знание текущих значений этих параметров требуется для нормального пуска, наладки и эксплуатации процесса. Кроме того, расход G_x и температуру t_x требуется знать для оперативного управления процессом.

Для контроля расхода горячего теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 1), включающий в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (поз. 1-1); прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 1-2); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический) (поз. 1-3).

Для контроля давления горячего теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 2), который включает в себя прибор для измере-

ния давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 2-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический) (поз. 2-2).

Для контроля расхода холодного теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 5), включающий в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (поз. 5-1); прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 5-2); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал также электрический) (поз. 5-3).

Для контроля давления холодного теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 4), который включает в себя прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 4-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал также электрический) (поз. 4-2).

Для контроля начальных и конечных температур теплоносителей используется комплект средств автоматизации (поз. 6), который включает в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (поз. 6-1, 6-2, 6-3); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал электрический) (поз. 6-4).

Знание текущих значений этих параметров требуется для нормального пуска, наладки и эксплуатации процесса. Кроме того, расход горячего теплоносителя необходимо знать для расчета технико-экономических показателей, а расход холодного теплоносителя и его температуру на выходе – для оперативного управления процессом.

Сигнализации подлежит температура t_x на выходе из теплообменника, а также прекращение подачи теплоносителя. Кроме того, должно быть преду-

смотрено устройство защиты, которое перекроет линию горячего теплоносителя в случае прекращения подачи продукта.

Заканчивается описание функциональной схемы назначением, принятыми способами защиты оборудования, схем сигнализации, блокировок.

3.4 Выбор и обоснование средств автоматизации

В этом разделе пояснительной записки в зависимости от тематики проекта необходимо обосновать следующие вопросы:

1. Выбор параметров процесса, подлежащих контролю, защите и сигнализации.

2. Выбор точек (мест), в которых необходимо контролировать параметры, характеризующие ход технологического процесса.

3. Выбор и обоснование методов контроля и типов приборов и их краткую характеристику.

4. В случае необходимости обосновать разработку новых датчиков.

Необходимо, чтобы предусматривался контроль всех основных параметров, характеризующих ход технологического процесса.

Обязательному контролю подлежат расходы сырья, готовой продукции и ее качество, различных химреагентов, обеспечивающих оптимальный ход технологического процесса; давление, температура и уровень жидких и сыпучих веществ в технологических аппаратах; нагрузка (усилие) на подвижные элементы технологических установок и др.

На основании требований к автоматизации технологического процесса и опыта эксплуатации промышленной установки необходимо обосновать и выбрать с учетом специфики процесса типы регуляторов, приборов, первичных измерительных преобразователей, исполнительных и регулирующих устройств, средств дистанционного управления, сигнализации, защиты.

Выбор технических средств определяется требованиями и особенностями технологического процесса, технико-экономическими характеристиками средств и систем автоматизации и производится по каталогам и справочникам.

При выборе и обосновании средств автоматизации следует учитывать, что для пожаро- и взрывоопасных технологических процессов применяют пневматические технические средства, но при высоких требованиях к быстродействию и значительных расстояниях между источниками и приемниками сигналов информации применяют, как правило, электрические, достоинствами которых являются простота и относительно низкая стоимость.

При выборе следует также стремиться к применению однотипных технических средств, предпочтительно унифицированных комплексов, характеризующихся простотой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки. Использование однотипных средств дает значительные эксплуатационные преимущества как с точки зрения их настройки, так и при техническом обслуживании, ремонте.

В проектируемые системы автоматизации необходимо закладывать технические средства с тем классом точности, который определяется действительными требованиями объекта автоматизации. Как известно, чем выше класс системы измерения, тем выше его стоимость, сложнее эксплуатация.

Количество технических средств и их размещение должно быть ограниченным. Излишек аппаратуры является не менее вредным, чем ее недостаток: усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдений за основными приборами, определяющими ход технологического процесса, удлиняет сроки монтажных работ, увеличивает стоимость автоматизированного объекта.

Конкретные типы средств автоматизации выбирают с учетом особенностей технологического процесса и его параметров. В первую очередь принимают во внимание такие факторы, как пожаро- и взрывоопасность, агрессивность и токсичность среды, число параметров, участвующих в управлении, и их физико-химические свойства, дальность передачи сигналов информации и

управления, требуемые точность и быстродействие. Эти факторы определяют выбор методов измерения технологических параметров, требуемые функциональные возможности регуляторов и приборов (законы регулирования, показание, запись и т.д.), диапазоны измерения, классы точности, вид дистанционной передачи и т.д.

Конкретные приборы и средства автоматизации следует подбирать по справочной литературе [12-19], исходя из следующих соображений:

- для контроля и регулирования одинаковых параметров технологического процесса необходимо применять однотипные средства автоматизации, выпускаемые серийно;
- при большом числе одинаковых параметров рекомендуется применять многоточечные приборы;
- при автоматизации сложных технологических процессов необходимо использовать вычислительные и управляющие машины;
- класс точности приборов должен соответствовать технологическим требованиям;
- для автоматизации технологических аппаратов с агрессивными средами необходимо предусматривать установку специальных приборов, а в случае применения приборов в нормальном исполнении нужно защищать их.

Выбирая датчики и вторичные приборы для совместной работы, следует обращать внимание на согласование выходного сигнала датчика и входного сигнала вторичного прибора.

При выборе датчиков и приборов следует обращать внимание не только на класс точности, но и на диапазон измерения. Следует помнить, что номинальные значения параметра должны находиться в последней трети диапазона измерения датчика или прибора. При невыполнении этого условия относительная погрешность измерения параметра значительно превысит относительную приведенную погрешность датчика или прибора. Таким образом, не следует выбирать диапазон измерения с большим запасом (достаточно иметь

верхний предел измерения, не более чем на 25% превышающий номинальное значение параметра).

Приводится краткая характеристика выбранных технических средств.

К примеру, для схемы Приложения 9 [24] раздел «Выбор и обоснование современных средств автоматизации» будет иметь следующий вид.

"Выбор и обоснование средств измерения расхода"

В химической промышленности для измерения расхода используются расходомеры переменного перепада давления, расходомеры постоянного перепада давления, расходомеры переменного уровня, электромагнитные расходомеры и т.д. На основании пределов измерения (D_y – условный проход, в мм; $D_y = 150$ мм, P_y – условное давление, в кгс/см²; $P_y = 6$ кгс/см²) для измерения расхода на линии подачи холодного и горячего теплоносителей в качестве первичного прибора используется диафрагма камерная ДК6-150 ГОСТ 26969-86 (поз. 1-1, 5-1), предназначенная для измерения расхода жидкостей, газов или паров по методу переменного перепада давления в соответствии с РД 50-213-80 «Измерение расходов жидкостей, газов и паров стандартными диафрагмами и сосудами». Материал корпуса: сталь 20, сталь 35. Материал диска: сталь 12x17, 12x18 Н10Т. Изготовители АОМ, РАОТ, ЧКМ, ТОЗЭ, ПОТ, ИФАОН, ЧЗП, НПКЭ [14]. Измерение расхода по методу переменного перепада давления основано на том, что расход зависит от перепада давления образующегося в сужающем устройстве в результате частичного перехода потенциальной энергии в кинетическую. Выбор данной диафрагмы обусловлен измеряемой средой, условным давлением $P_y = 6$ кгс/см², условным проходом $D_y = 150$ мм.

Сигнал с диафрагмы поступает на преобразователь разности давлений. В последнее время в промышленности получили распространение приборы для измерения давления «Сапфир», в которых в качестве чувствительного элемента служит сапфировая мембрана с напыленными полупроводниковыми сопротивлениями. Воздействие измеряемого параметра, преобразованное в усилие, вызывает изменение напряженного состояния тензорезисторов,

жестко соединенных с чувствительным элементом тензомодуля, который размещен внутри измерительного блока первичного преобразователя. Изменение сопротивления тензорезисторов преобразуется в токовый выходной сигнал.

Поскольку на линии подачи холодного и горячего теплоносителей ΔP (перепад давления на сужающем устройстве) составляет $0,1 \text{ кгс/см}^2 \approx \approx 0,01 \text{ МПа} = 10 \text{ кПа}$, то верхний предел измерения должен быть $12,5 \text{ кПа}$, т.е. в качестве преобразователя разности давлений выбираем Сапфир-22М-ДД ТУ 25-2472.0049-89 модель 2430 с верхним пределом измерения 16 кПа (предельно допускаемое рабочее избыточное давление $16; 25 \text{ МПа}$) (поз. 1-2, 5-2). Преобразователь предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование разности давлений нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал [14].

Блок преобразования сигналов, искрозащиты и питания БПС-90К ТУ 25-7439.0016-90 (поз. 1-3, 5-3) обеспечивает линеаризацию статической характеристики преобразователя при измерении расхода по методу перепада давления на сужающем устройстве. Унифицированные выходные сигналы постоянного тока: $0-5; 0-20; 4-20 \text{ мА}$. Напряжение питания – 200 или 240 В . Изготовитель АОМ [18].

Выбор и обоснование средств измерения давления

На основании параметров технологического процесса (давление на линии подачи холодного и горячего теплоносителей составляет $6 \text{ кгс/см}^2 \approx \approx 0,6 \text{ МПа}$, т.е. верхний предел измерения преобразователя должен быть не более $0,75 \text{ МПа}$) в качестве преобразователя избыточного давления выбираем Сапфир-22М-ДИ ТУ 25-2472.0049-89 модель 2150 42 1281 5487 (поз. 2-1, 4-1) с верхним пределом измерения $1,0 \text{ МПа}$ (предел допускаемой основной погрешности $0,25; 0,5\%$), который предназначен для работы в системах автома-

тического контроля, регулирования и управления техническими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование избыточного давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал. Выходной сигнал: 0-5; 4-20 мА. Питание постоянным током 36 В. Габаритные размеры – 112x245x110 мм. Масса не более 3 кг. Изготовитель НППС, ЧЗП, ЧКМ [18].

Блок преобразования сигналов, искрозащиты и питания БПС-90П ТУ25-7439.0016-90 (поз. 2-2, 4-2) обеспечивает получение линейной зависимости между формируемым выходным унифицированным токовым сигналом и измеряемым параметром (давление, уровень, разность давлений). Унифицированные выходные сигналы постоянного тока: 0-5; 0-20; 4-20 мА. Напряжение питания – 200 или 240 В. Изготовитель АОМ [18].

Выбор и обоснование средств измерения температуры

На основании параметров технологического процесса (температура $t_x = 120^{\circ}\text{C}$) выбираем в качестве средств измерения температуры термометры сопротивления, принцип действия которых основан на свойстве металлов и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры. Для измерения температуры нагретого продукта используется термопреобразователь сопротивления медный ТСМ-0193-01, ТУ 311-00226253.035-93 (поз. 3-1). Он предназначен для измерения температуры газообразных и жидких сред в различных отраслях промышленности. Рабочий диапазон измеряемых температур: от минус 50 до 180°C . Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т или 08Х13. Аналог ТСМ-1088, ТСМ-0879 (ЛЭ). Изготовитель ЧТП, ЧКМ, ПОТ [15].

Исходя из пределов измерения первичного прибора для преобразования сигналов от термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока выбираем нормирующий преобразователь температуры НПТ-2, ТУ 4227-028-10474265-98 42 2710 модель НПТ-2.1 (поз. 3-2). Выходной сигнал постоянного тока:

0-5; 4-20 мА. Диапазон измерения: от минус 50 до 200 °С. Габаритные размеры: 145x61x32 мм. Изготовитель НППА [17].

Для контроля температуры на линиях подачи теплоносителей, равной 20-150 °С, применяется термопреобразователь сопротивления медный ТСМ-0193-01, ТУ 311-00226253.035-93 (поз. 6-1, 6-2, 6-3) [15]. В качестве вторичного прибора используется многоканальный измерительный преобразователь Ш9327, ТУ 4227-005-12296299-95 (поз. 6-4). Он предназначен для многоканального преобразования сигналов датчиков температуры типа ТСП, ТСМ, ТХА, ТХК, ТПП, ТПР, ТВР, ТМК и других датчиков, имеющих унифицированные сигналы постоянного тока или напряжения в цифровой код. Выходной интерфейс 1РПС или RS 232/RS 485. Класс точности – 0,25. Габаритные размеры основного блока: 266x482x323 мм. Изготовитель НППС, ЧКМ (поставка) [17].

Выбор и обоснование преобразователей сигналов

В качестве преобразователя унифицированного токового сигнала в аналоговый пневматический сигнал используется преобразователь типа ЭПП-1 (поз. 3-3). Преобразователь ЭПП-1 предназначен для аналогового преобразования входного электрического сигнала постоянного тока в аналоговый пневматический сигнал. Входной электрический сигнал 0-5 мА. Выходной пневматический сигнал 0,2-1,0 кгс/см². Давление питания 1,4 кгс/см². Основная погрешность – 1 %. Изготовитель ХАОТ [17]. Унифицированный выходной пневматический сигнал поступает на регулирующий клапан 25с48нж (поз. 3-4).

Все выбранные и используемые технические средства включаются в ведомость спецификации по форме приложения 13 [24]. На основе анализа технологической схемы и комплекса технических средств автоматизации, составляются сводные таблицы входных и выходных параметров технологического процесса.

РАЗДЕЛ 5. ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА К ЗАЩИТЕ

Сроки начала и окончания курсового проектирования определены учебным планом и графиком учебного процесса. Работа ведется на основании задания на проектирование (*Приложение 2*), которое выдается руководителем в установленные учебным планом сроки. Задание выдается за подписью руководителя работы, датируется днем выдачи, утверждается заведующим кафедрой и регистрируется в кафедральном журнале.

К первой аттестации должно быть выполнено 30% курсового проекта, ко второй аттестации – 100% проекта.

При подготовке курсового проекта студент руководствуется методическими указаниями, учебной литературой и консультациями с руководителем курсовой работы.

Полностью выполненный курсовой проект, подписанный студентом, в переплетенном виде представляется студентом руководителю в сроки, определенные заданием. Руководитель курсового проекта после просмотра расчетно-пояснительной записки и устранения студентом всех замечаний подписывает его. Если проект удовлетворяет требованиям, предъявляемым к курсовым работам (проектам), он допускается к защите, о чем руководитель делает надпись на титульном листе.

РАЗДЕЛ 6. ПРОЦЕДУРА ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта является обязательной формой проверки выполнения проекта. Защита производится на заседании кафедры, научно-методического семинара кафедры, научной проблемной группы специальной комиссией, утверждаемой директором института, состоящей обычно из 3 преподавателей кафедры, при непосредственном участии руководителя, в присутствии студентов. Результаты наиболее интересных курсовых проектов могут быть доложены на научных конференциях. Публичная защита стимулирует научный интерес, творчество, ответственность студентов.

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите.

В докладе студент кратко излагает основное содержание курсового проекта, принятые решения и результаты расчета. Вопросы задаются по содержанию пояснительной записки практического и теоретического характера. При ответах студент может пользоваться расчетно-пояснительной запиской.

Результаты защиты курсового проекта, согласно действующему Положению о текущем контроле и промежуточной аттестации в СКФУ, оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка курсового проекта заносится в зачетную книжку студента и зачетно-экзаменационную ведомость, составляемую в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре в течение всего срока обучения студента, другой представляется в дирекцию института (филиала) или деканат факультета.

Оценка выставляется комиссией на основании ответа студента, с учетом теоретической и практической подготовки студента, качества принятых технических решений, соответствия оформления курсового проекта заданию, требованиям методических указаний, умения студента правильно излагать сущность решаемых задач, обосновывать и отстаивать принятые решения.

Защита курсовых проектов, предусмотренных учебным планом, в первом полугодии проводится не позднее, чем за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший его по неважной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые проекты, представляющие теоретический и практический интерес, представляются на конкурс, конференции, отмечаются приказом по университету.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освое-
ния дисциплины (модуля)

Перечень основной литературы:

1 Галас, В. П. Автоматизация проектирования систем и средств управле-
ния [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Галас. — Электрон. текстовые
данные. — Владимир : Владимирский государственный университет им. А.Г.
и Н.Г. Столетовых, 2015. — 255 с. — 978-5-9984-0609-6. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/57362.html>

2 Алиев, Т. И. Основы проектирования систем [Электронный ресурс] :
учебное пособие / Т. И. Алиев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. :
Университет ИТМО, 2015. — 120 с. — 2227-8397. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/67499.html>

Перечень дополнительной литературы:

1 Старостин, А. А. Технические средства автоматизации и управления
[Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Старостин, А. В. Лаптева. —
Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург : Уральский федеральный
университет, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — 978-5-7996-1498-0. — Режим до-
ступа: <http://www.iprbookshop.ru/68302.html>

2 Аверченков, В. И. Автоматизация проектирования технологических
процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. И. Авер-
ченков, Ю. М. Казаков. — Электрон. текстовые данные. — Брянск : Брянский
государственный технический университет, 2012. — 228 с. — 5-89838-130-9.
— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6990.html>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обу-
чающихся по дисциплине (модулю)

1 Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисци-
плине "Проектирование систем автоматизации и управления" Направление
подготовки 15.04.04 - Автоматизация технологических процессов и произ-
водств / Сев.-Кав. федер. ун-т. - Невинномысск : СКФУ, 2018. - Неопублико-
ванные издания

2 Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисци-
плине "Проектирование систем автоматизации и управления" Направление

подготовки 15.04.04 - Автоматизация технологических процессов и производств / Сев.-Кав. федер. ун-т. - Невинномысск : СКФУ, 2018. - Неопубликованные издания

3 Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине "Проектирование систем автоматизации и управления" Направление подготовки 15.04.04 - Автоматизация технологических процессов и производств / Сев.-Кав. федер. ун-т. - Невинномысск : СКФУ, 2018. - Неопубликованные издания

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

1 Интернет университет информационных технологий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/>

2 Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru/>

3 Национальная платформа открытого образования [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/>

4 Электронная библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

1. Электронная библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

2. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru/>

Программное обеспечение

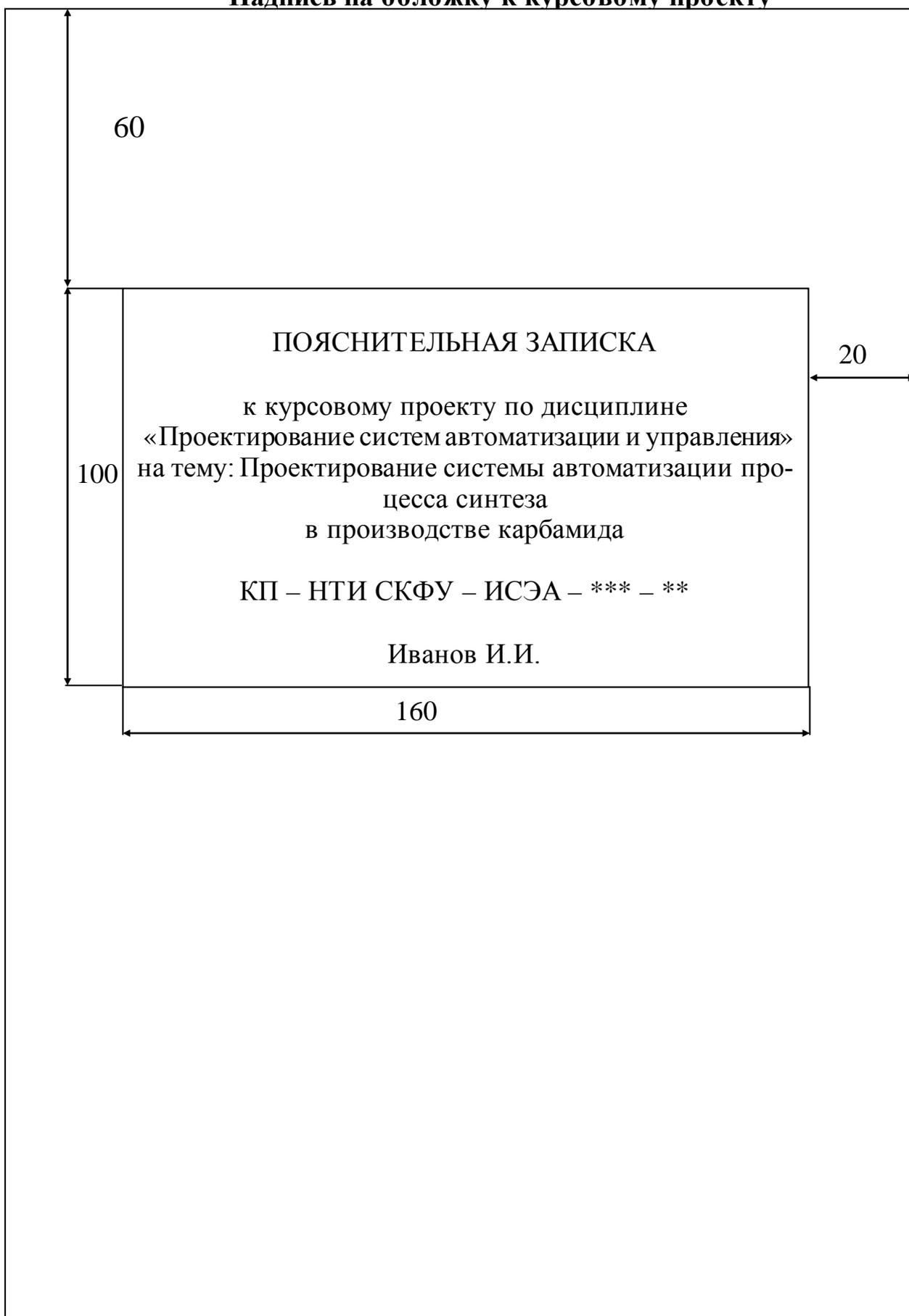
1. MS Windows 7 Лицензия: 61541574 Договор: 01-эа\13 25.02.2013

2. MS Office 2013 Лицензия: №61541869 Договор: 01-эа\13 25.02.2013

3. Mathcad Education – University Edition Лицензия: 464360 Договор: 29-эа\14 28.07.2014

4. MATLAB + Simulink релиз R2013b. Лицензия: №920056 Договор: 130-эа\13 от 28.11.2013

Приложение 1
Надпись на обложку к курсовому проекту



Приложение 2
Титульный лист
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
НЕВИННОМЫССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМЫ, ЭЛЕКТРОПРИВОДА И
АВТОМАТИКИ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

«Проектирование систем автоматизации и управления»

на тему:

«Проектирование системы автоматизации процесса синтеза в производстве карбамида»

Выполнил:

студент 3 курса
группы Н-АТП-мо-13-1
направления подготовки –
15.04.04 – Автоматизация
технологических процессов
и производств
очной формы обучения
Иванов И.И.

_____ (подпись)

Руководитель проекта:

Лубенцов В.Ф., д.т.н.,
профессор кафедры инфор-
мационных систем, элек-
тропривода и автоматики

_____ (ФИО, должность, кафедра)

Проект допущен к защите

_____ (подпись руководителя)

_____ (дата)

Проект выполнен и
защищен с оценкой _____

Дата защиты _____

Члены комиссии:

_____ (должность)

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Ставрополь, 20__ г.

Приложение 3
Задание на проектирование

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
_____ Д.В. Болдырев
« ____ » _____ 2014 г

Невинномысский технологический институт
Кафедра информационных систем, электропривода и автоматики
Направление (специальность) 15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**ЗАДАНИЕ
на курсовой проект**

Студента _____ Иванова Ивана Ивановича
По дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»

1. Тема: Проектирование системы автоматизации процесса синтеза в производстве карбамида

2. Цель: *Курсовой проект по дисциплине " Проектирование систем автоматизации и управления " ставит своей целью разработку студентами схемы автоматизации технологических процессов на базе современных технических средств автоматизации, а также схемы внешних соединений*

3. Задачи: *Главными задачами курсового проекта являются: ознакомление студентов с проектной документацией, со стадиями и этапами проектирования систем автоматизации и управления; приобретение практических навыков организации проектирования*

4 Перечень подлежащих разработке вопросов _____

а) по теоретической части _____

1 . Описание технологического процесса

2. Разработка схемы автоматизации

3. Выбор и обоснование средств автоматизации

3.1 Анализ существующего уровня автоматизации

3.2 Выбор современных технических средств автоматизации

б) по аналитической части _____

4. Выбор и описание общего вида щита управления

5. Разработка схемы внешних соединений

5. Исходные данные:

а) по литературным источникам: технологический регламент

б) по вариантам, разработанным преподавателем

в) иное _____

6. Список рекомендуемой литературы _____

1. *Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учебник. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009.*

2. *Шиммарев В. Ю. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие. – М. : Академия, 2009.*

3. *Основы автоматизации производственных процессов: учебник / М.Ю.Прахова, Э.А.Шаловников, Н.А.Ишинбаев и др.– М. : Академия, 2011.*

7. Контрольные сроки представления отдельных разделов курсового проекта:

25 % – *Описание технологического процесса и анализ существующего уровня автоматизации (30.09.2014)*

50 % – *Разработка схемы автоматизации и выбор современных технических средств автоматизации (25.10. 2014)*

75 % – *Выбор и расчет регулирующего органа для регулирования расхода (10.11.2014)*

100 % – *Расчет АСР (01.12.2014)*

8. Срок защиты студентом курсового проекта «29» января 2014 г.

Дата выдачи задания «06» июня 2013 г.

Руководитель проекта:

д.т.н., профессор
(ученая степень, звание)

(подпись)

В.Ф. Лубенцов
(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению студент очной формы обучения 1 курса группы Н-АТП-мо-13-1

(подпись, дата)

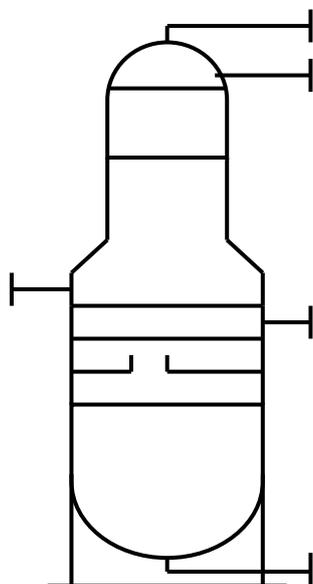
Иванов И.И.
(инициалы, фамилия)

Приложение 4

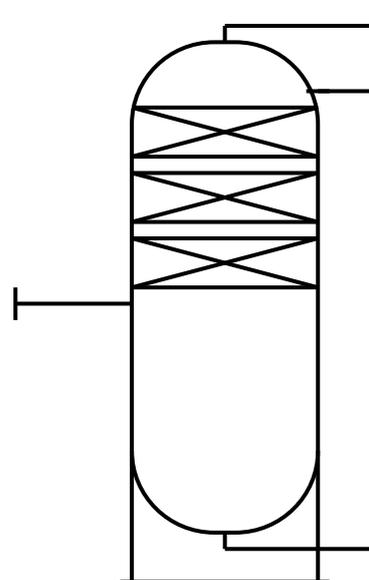
Технологическая аппаратура и оборудование

Колонны (К-)

тарельчатые



насадочные

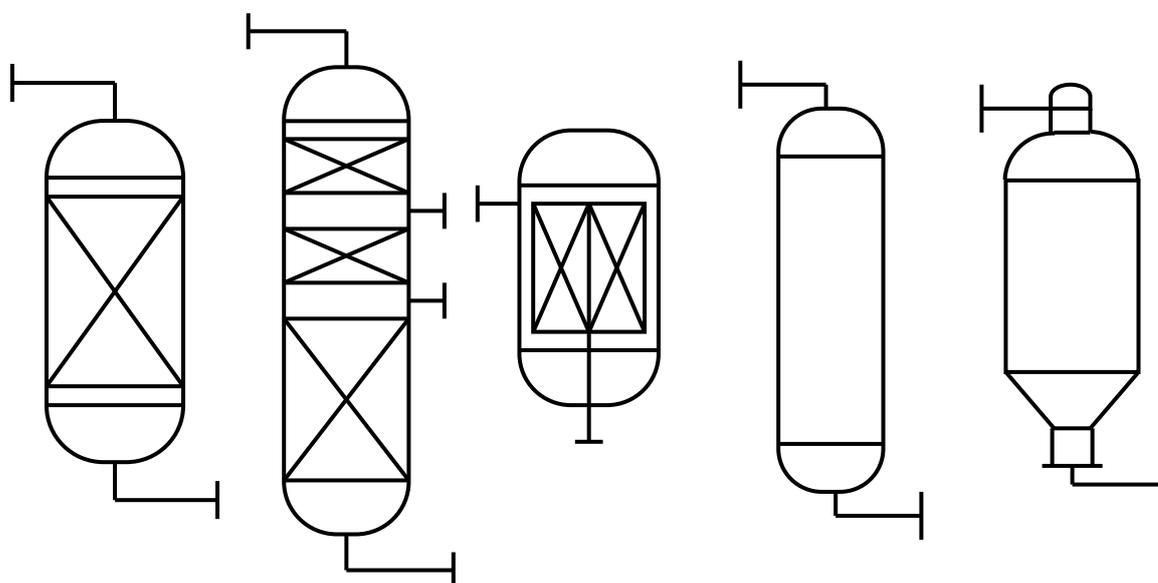


тарелки и насадки допускается не изображать

Реакторы (Р-)

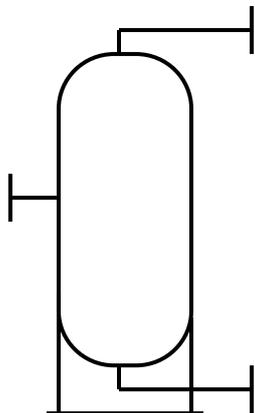
со стационарным катализатором

с движущимся и кипящим слоем катализатора.

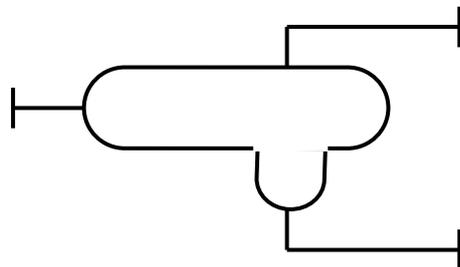


Емкости (Е-)

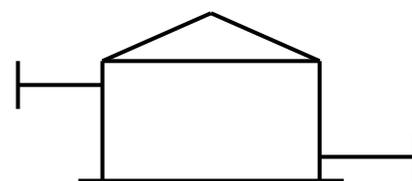
вертикальные



горизонтальные

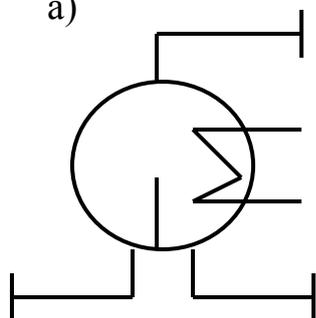


типа резервуаров

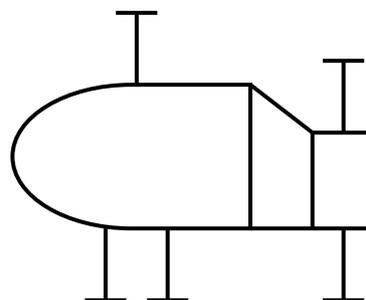


Рибойлеры (Т-)

а)

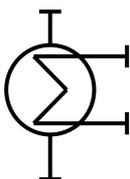
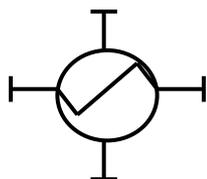


б)

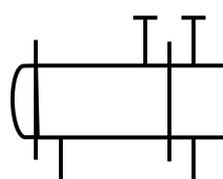


Теплообменники (Т-)

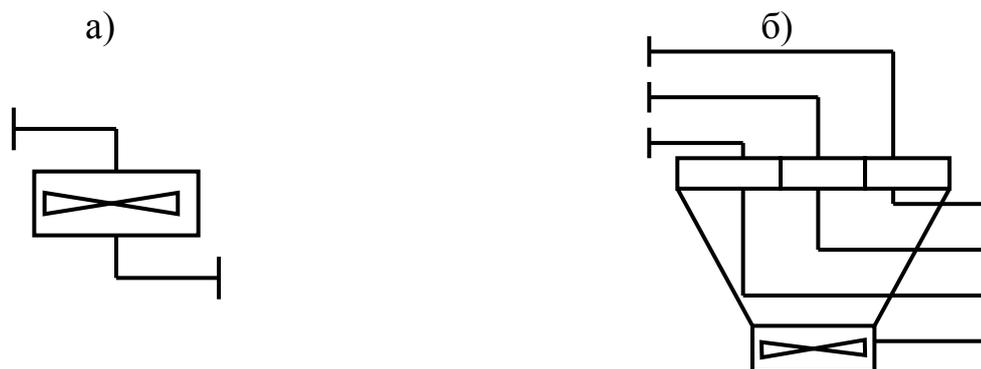
а)



б)



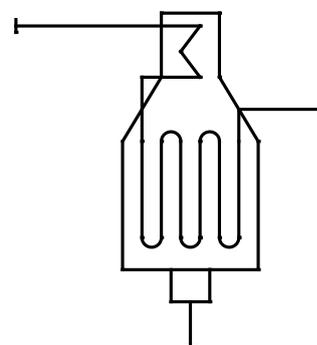
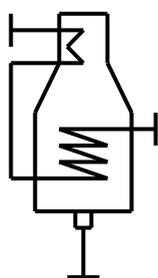
Аппараты воздушного охлаждения (Хв-)



Трубчатые печи (П-)

а) с горизонтальными трубами

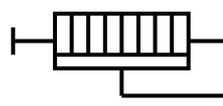
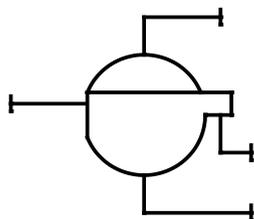
б) с вертикальными радиантными трубами



Фильтры (Ф-)

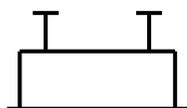
вакуумные и под давлением

рамные и фильтры – насосы

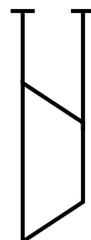


Компрессоры и газодувки (ЦК и ПК-)

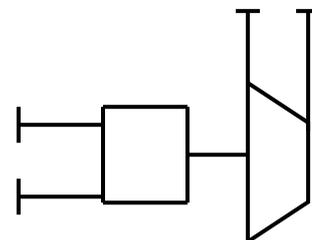
поршневой



центробежный компрессор,
газодувка с электроприво-
дом

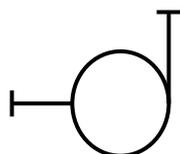


центробежный компрессор,
газодувка с турбоприводом

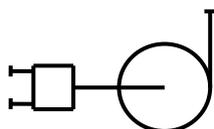


Насосы (Н-)

центробежный с
электроприводом



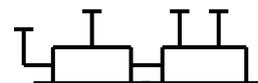
центробежный с
турбоприводом



поршневой с
электроприводом



поршневой с тур-
боприводом



Приложение 5

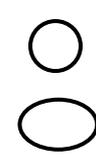
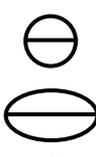
Буквенные обозначения для групп аппаратов и оборудования

№ п/п	Наименование аппаратов и оборудования	Обозначение
1	Реакторы, коксовые камеры, регенераторы, контакторы и т.п.	Р
2	Трубчатые печи, топки под давлением и т.п.	П
3	Котлы-утилизаторы	КУ
4	Ректификационные колонны, стабилизаторы, абсорберы, десорберы и т.п.	К
5	Адсорберы, очистные башни с глиной, перколяторы, песчаные фильтры и т.п.	Ад
6	Экстракторы, аппараты для выщелачивания и т.п.	Эк
7	Электродегидраторы, электроразделители и т.п.	Эо
8	Сушилки	См
9	Мешалки и смесители	М
10	Емкости буферные, рефлюксные, газгольдеры, эвапораторы, водоотделители, отстойники и т.п.	Е
11	Кристаллизаторы	Кр
12	Теплообенники, кипятильники (рибойлеры), воздухоподогреватели, калориферы, теплообменники смешения и т.п.	Т
13	Электроподогреватели, электрокипятильники и т.п.	Эт
14	Холодильники, конденсаторы кожухотрубчатые, барометрические и смешения	Х
15	Аппараты воздушного охлаждения, конденсаторы, холодильники	Хв
16	Фильтры дисковые и барабанные, фильтр-прессы, рамные гидроциклоны, временные фильтры, маслоотделители	Ф
17	Циклоны, магнитные сепараторы, скрубберы, мокрые пылеуловители и т.п.	П
18	Электрофильтры	Эф
19	Грохота, ситы	Гр
20	Дробилки, мельницы, бегуны, размольные машины и т.п.	Др
21	Грануляторы, экструдеры, валковые смесители и т.п.	Г
22	Транспортеры, элеваторы, шнеки и т.п.	Тр
23	Эжекторы	Эж
24	Инжекторы	Иж
25	Центрифуги, центробежные сепараторы и т.п.	Цф

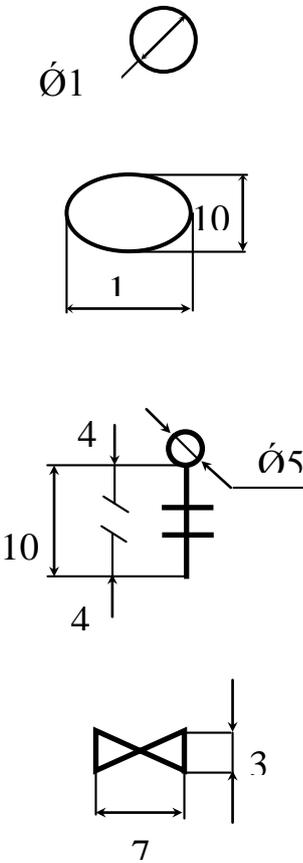
Продолжение приложения 5

№ п/ п	Наименование аппаратов и оборудования	Обозначение
26	Факельное устройство	Фу
27	Воздуходувки, вентиляторы, дымососы	В
28	Насосы поршневые, центробежные, вакуумные и т. п.	Н
29	Компрессоры центробежные. Газодувки	ЦК
30	Компрессоры поршневые	ПК

Приложение 6
Графические условные обозначения по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
1. Первичный измерительный преобразователь, датчик, прибор, устанавливаемый по месту а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
3. Исполнительный механизм, общее назначение	
4. Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
5. Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
6. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении.	
7. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
8. Регулирующий орган	
9. Линия связи	
10. Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
11. Пересечение линий связи с соединением между собой	

Размеры графических условных обозначений по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
<p>Первичный измерительный преобразователь датчик, прибор контролирующий, регулирующий</p> <p>а) базовое обозначение</p> <p>б) допустимое обозначение</p> <p>Исполнительный механизм</p> <p>Регулирующий орган</p>	 <p>The table contains four technical drawings of symbols for a primary measuring converter. The first drawing is a circle with a diagonal line through it, labeled with a diameter symbol and the number 1 (Ø1). The second drawing is an oval shape with a horizontal dimension line labeled '1' and a vertical dimension line labeled '10'. The third drawing is a square symbol with a circle on top, labeled with a diameter symbol and the number 5 (Ø5). The square has a vertical dimension line on the left labeled '10' and horizontal dimension lines on the top and bottom labeled '4'. The fourth drawing is a trapezoidal shape with a vertical dimension line on the right labeled '3' and a horizontal dimension line at the bottom labeled '7'.</p>

Приложение 7
Буквенные условные обозначения по ГОСТ 21.404-85

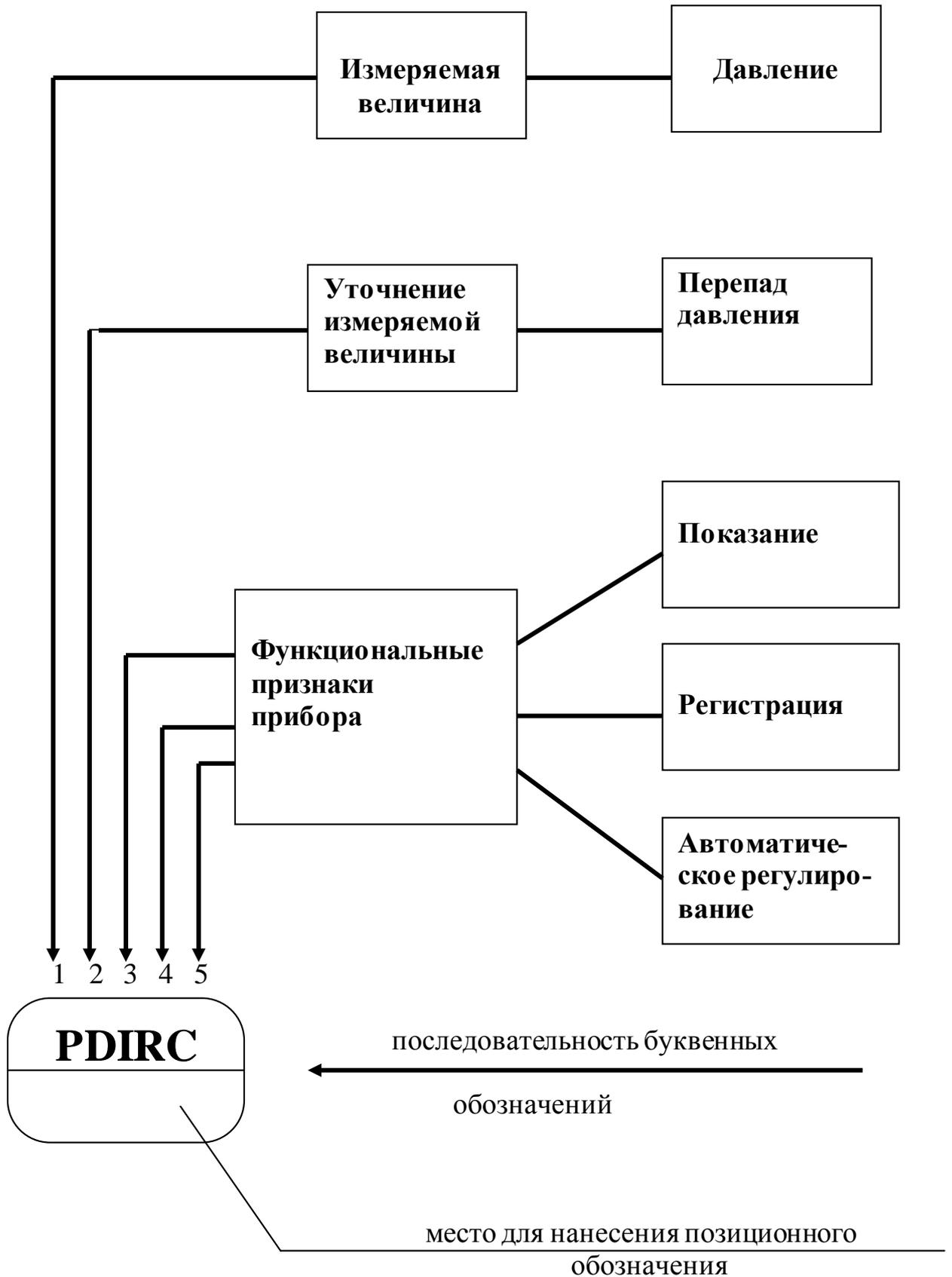
Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
A	+	-	Сигнализация	-	-
B	+	-	-	-	-
C	+	-	-	Регулирование, управление	-
D	Плотность	Разность, перепад	-	-	-
E	Любая электрическая величина	-	+	-	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	Размер, положение, перемещение	-	+	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний перепад измеряемой величины
I	+	-	Показание	-	-
J	+	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	+	-
L	Уровень	-	-	-	-
M	Влажность	-	-	-	-
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
Q	Величина характеризующая качество, состав и т.д.	Интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
R	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение, блокировка, переключение	-
T	Температура	-	-	+	-
U	Несколько разнородных измеряемых величин	-	-	-	-
V	Вязкость	-	+	-	-
W	Масса	-	-	-	-
X	Не рекомендуемая резервная буква	-	-	-	-
Y	+	-	-	+	-
Z	-	-	-	+	-

Примечание: Буквенные обозначения отмеченные знаком «+», являются резервными, а отмеченные знаком «-» не используются.

Приложение 8

Пример построения условного обозначения прибора по ГОСТ 21.404-85



Приложение 9

Основные буквенные обозначения измеряемых величин

Обозначение	Измеряемая величина	Обозначение	Измеряемая величина
D	Плотность	P	Давление, вакуум
E	Любая электрическая величина	Q	Состав, концентрация
F	Расход	R	Радиоактивность
G	Размер, положение, перемещение	S	Скорость, частота
H	Ручное воздействие	T	Температура
K	Время, временная диаграмма	U	Несколько разнородных величин
L	Уровень	V	Вязкость
M	Влажность	W	Масса

Основные буквенные обозначения, уточняющие измеряемые величины

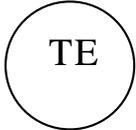
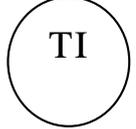
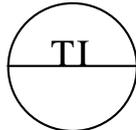
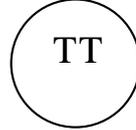
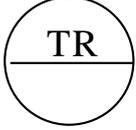
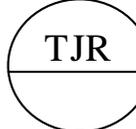
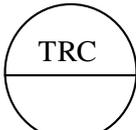
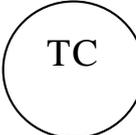
Обозначение	Измеряемая величина	Обозначение	Измеряемая величина
D	Разность, перепад	J	Автоматическое переключение, обегание
F	Соотношение, доля, дробь	Q	Интегрирование, суммирование во времени

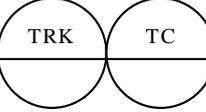
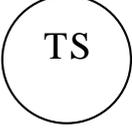
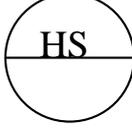
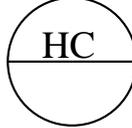
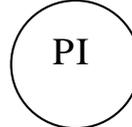
Основные буквенные обозначения выполняемых прибором функций

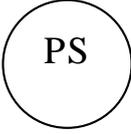
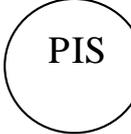
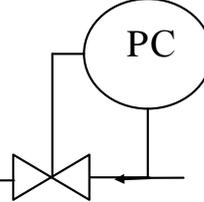
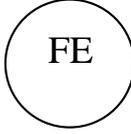
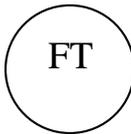
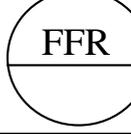
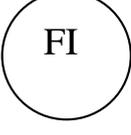
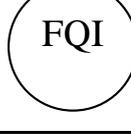
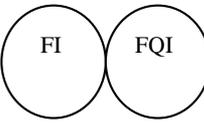
Обозначение	Измеряемая величина	Обозначение	Измеряемая величина
A	Сигнализация	C	Регулирование, управление
I	Показание	S	Включение, отключение, переключение
R	Регистрация		

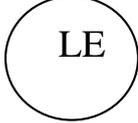
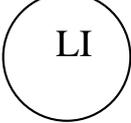
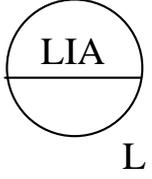
Приложение 10

Примеры построения условных обозначений по ГОСТ 21.404-85

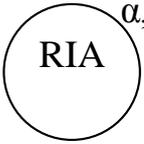
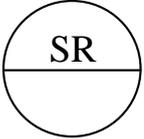
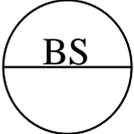
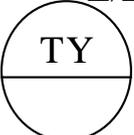
<p>1. Первичный измерительный преобразователь, чувствительный элемент для измерения температуры, установленный по месту (термометр сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.).</p>	
<p>2. Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.д.</p>	
<p>3. Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите (милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.).</p>	
<p>4. Прибор для измерения температуры бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (термометр манометрический бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>5. Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите (милливольтметр, мост автоматический и т.п.).</p>	
<p>6. Прибор для измерения температуры с автоматическим обегаяющим устройством, регулирующий, установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т.д.</p>	
<p>7. Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.).</p>	
<p>8. Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту (например, dilatометрический регулятор температуры).</p>	

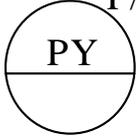
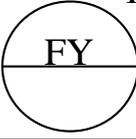
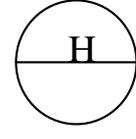
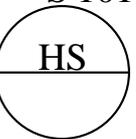
<p>9. Комплект для измерения температуры, регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленной на щите (например, вторичный прибор и регулирующий блок системы «Старт»).</p>	
<p>10. Прибор для измерения температуры бесшкальный, с контактным устройством, установленный по месту (например, реле температурное).</p>	
<p>11. Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите.</p>	
<p>12. Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите.</p>	
<p>13. Прибор для измерения давления разрежения бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, манометр, дифманометр, бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>14. Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий.</p>	
<p>15. Прибор для измерения давления разрежения бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, манометр, дифманометр, бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>16. Прибор для измерения давления разрежения регистрирующий, установленный на щите (например, самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления).</p>	

<p>17. Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту (например, реле давления).</p>	
<p>18. Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.).</p>	
<p>19. Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия «до себя»).</p>	
<p>20. Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: диафрагма, сопло, труба Вентуры, датчик индукционного расходомера и т.п.</p>	
<p>21. Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, бесшкальный дифманометр или ротаметр с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>22. Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите (любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов).</p>	
<p>23. Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту, например, дифманометр или ротаметр показывающий.</p>	
<p>24. Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегралом.</p>	
<p>25. Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту. Например: показывающий дифманометр с интегратором.</p>	

<p>26. Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту (например, счетчик-дозатор).</p>	
<p>27. Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту (например, датчик электрического или емкостного уровнемера).</p>	
<p>28. Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту (например, манометр или дифманометр, используемый для измерения уровня).</p>	
<p>29. Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня.</p>	
<p>30. Прибор для измерения уровня бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>31. Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующийся, с контактным устройством, установленный по месту (например, электрический регулятор - сигнализатор уровня). Буква Н в данном примере означает блокировку по верхнему уровню.</p>	
<p>32. Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите (например, вторичный показывающий прибор сигнальным устройством). Буквы Н и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней.</p>	

33. Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, датчик плотномера с пневмо- или электропередачей).	DT
34. Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту.	GI
35. Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: напряжение.	EI
36. Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите (например, командный электропневматический прибор КЭП, многоцепное реле времени и т.п.).	KS
37. Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный прибор влагомера).	MR
38. Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту (например, датчик рН-метра).	QE ^{pH}
39. Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту (например, газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах).	QI ^{O₂}
40. Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе).	QRC ^{O₄}

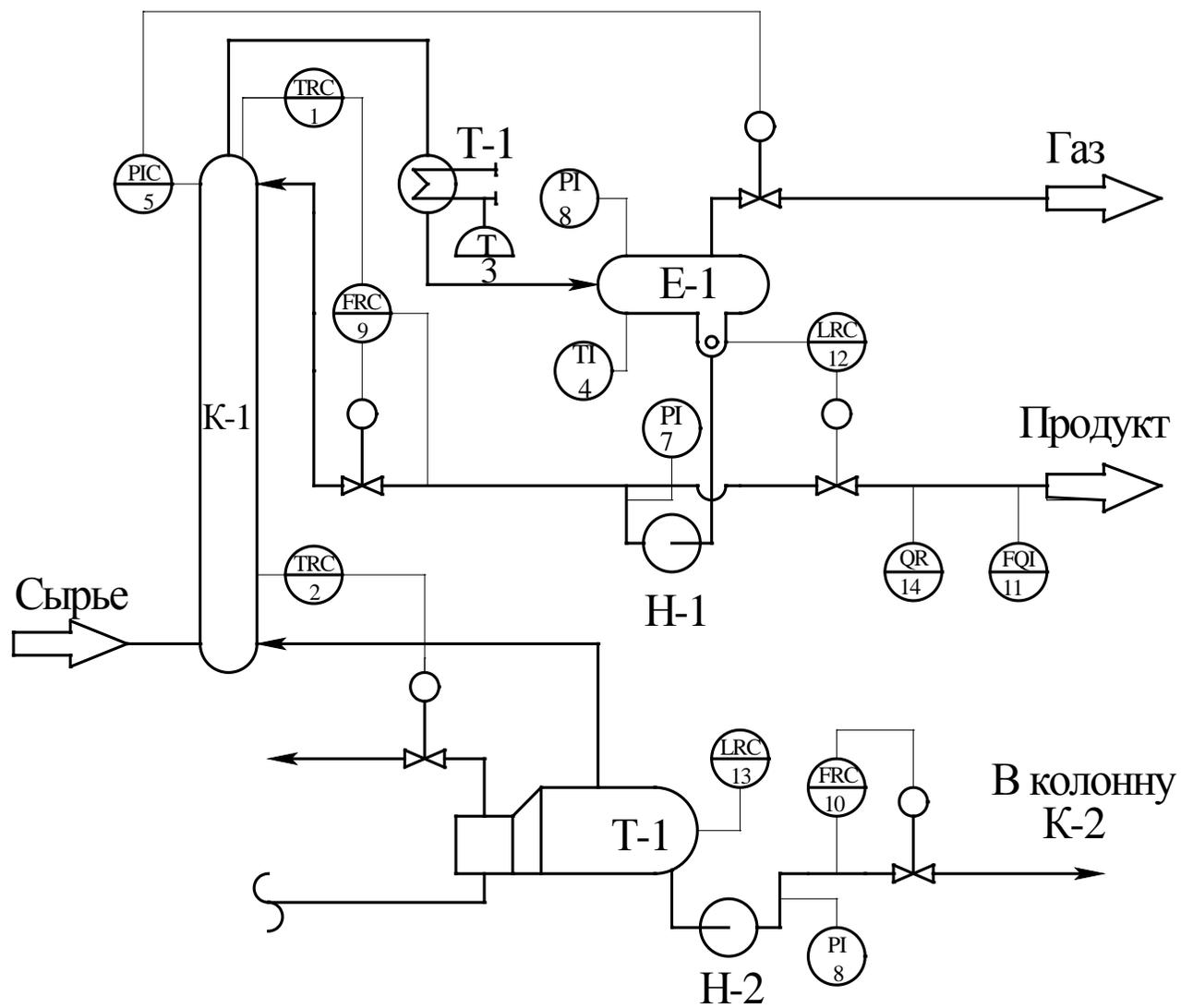
41. Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, прибор для показаний и сигнализации предельно допустимых концентраций α - и β - лучей).	
42. Прибор для измерения частоты вращения привода регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный прибор тахогенератора).	
43. Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту (например, самопишущий дифманометр - расходомер с дополнительной записью давления и температуры пара). Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится либо справа от прибора, либо на поле схемы в примечании.	$U=f(F,P)$ 
44. Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту (например, вискозиметр показывающий).	
45. Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, устройство электронно - тензометрическое или сигнализирующее).	
46. Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный прибор запально-защитного устройства. Применение резервной буквы В должно быть оговорено на поле схемы.	
47. Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический; например, преобразователь измерительный, служащий для преобразования ТЭДС термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока).	E/E 

<p>48. Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал пневматический, выходной – электрический).</p>	<p style="text-align: right;">P/E</p> 
<p>49. Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент К.</p>	<p style="text-align: right;">K</p> 
<p>50. Пусковая аппаратура управления электродвигателем (например, магнитный пускатель, контактор и т.п.). Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы.</p>	
<p>51. Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная на щите (кнопка, ключ управления, задатчик и т.п.).</p>	
<p>52. Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите (кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т.п.).</p>	
<p>53. Ключ управления, предназначенный для выбора управления, установленный на щите (пример приведен для иллюстрации случая, когда позиционное обозначение велико и поэтому выносится вне окружности).</p>	<p style="text-align: right;">S 101-2</p> 

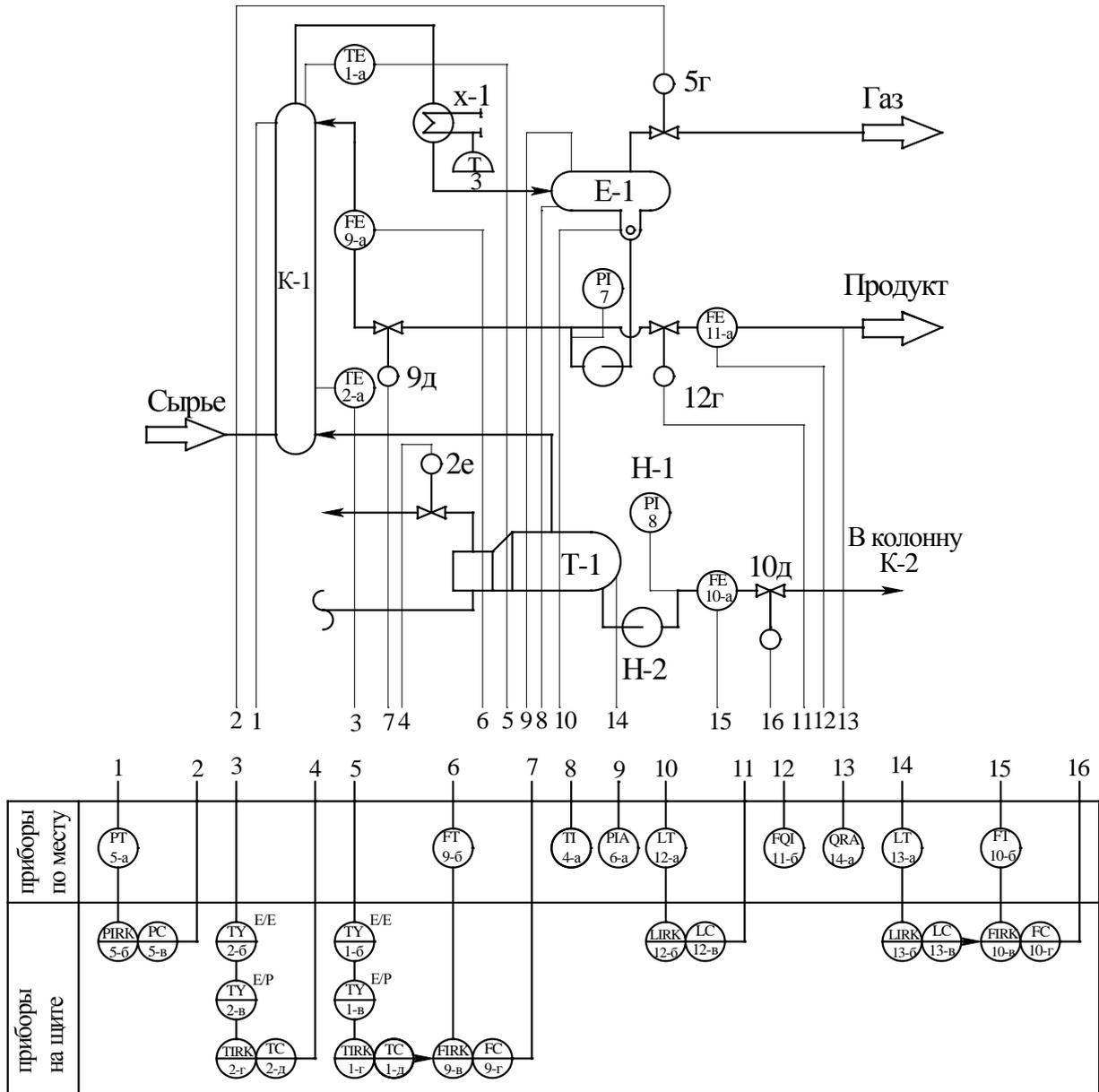
Приложение 11
**Дополнительные буквенные условные обозначения
 функциональных признаков приборов по ГОСТ 21.404-85**

Наименование	Обозначение	
Первичное преобразование. Чувствительный элемент	E	
Промежуточное преобразование. Дистанционная передача	T	
Станция управления	K	
Преобразование, вычислительные функции	Y	
Род энергии сигнала:	электрический	E
	пневматический	P
	гидравлический	G
Виды форм сигнала:	аналоговый	A
	дискретный	D
Операции, выполняемые вычислительным устройством: суммирование; умножение величины сигнала на постоянный коэффициент K; перемножение величин двух и более сигналов; деление величин сигналов друг на друга; возведение величины сигнала f в степень; извлечение из величины сигнала f корня степени n; логарифмирование; дифференцирование; интегрирование; изменение знака сигнала; ограничение верхнего значения сигнала; ограничение нижнего значения сигнала.	Σ	
	K	
	×	
	:	
	f^n	
	$\sqrt[n]{f}$	
	Lg	
	dx / dt	
	∫	
	X(-1)	
	max	
	min	
	Связь с вычислительным комплексом: передача сигнала на ЭВМ; вывод информации с ЭВМ.	B _i
B _o		

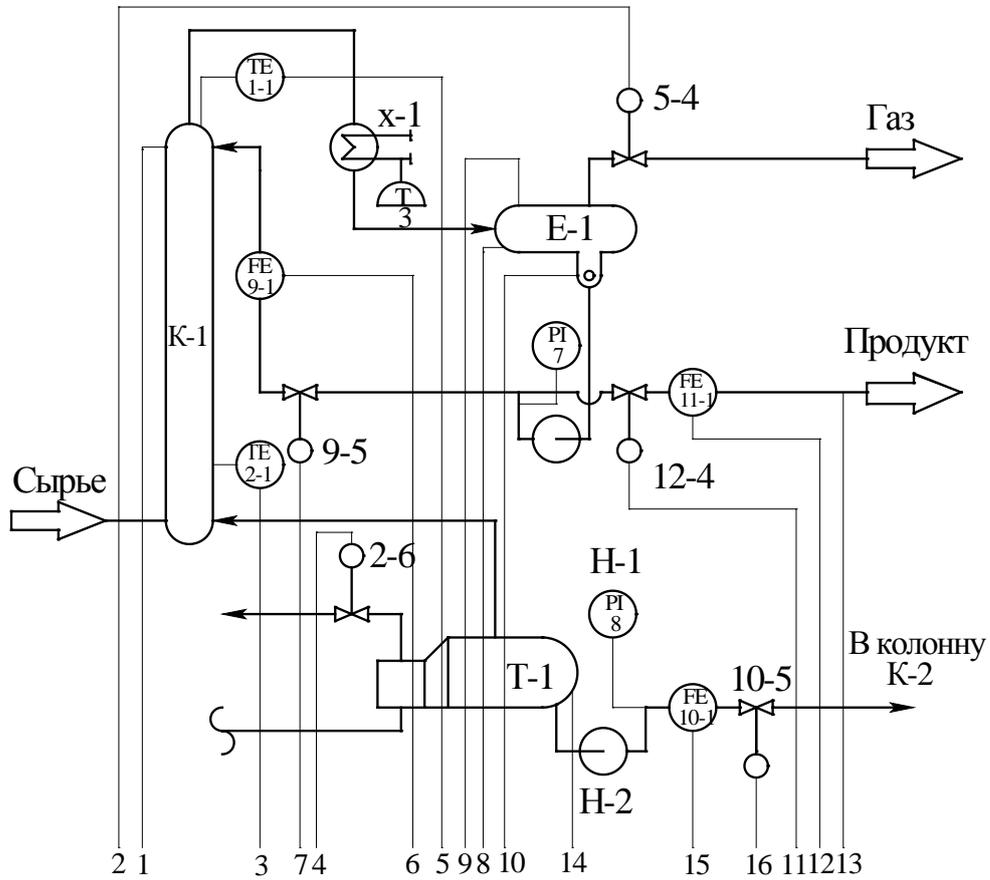
Приложение 12
Схема автоматизации (упрощенная)



Приложение 13
 Схема автоматизации (развернутая)

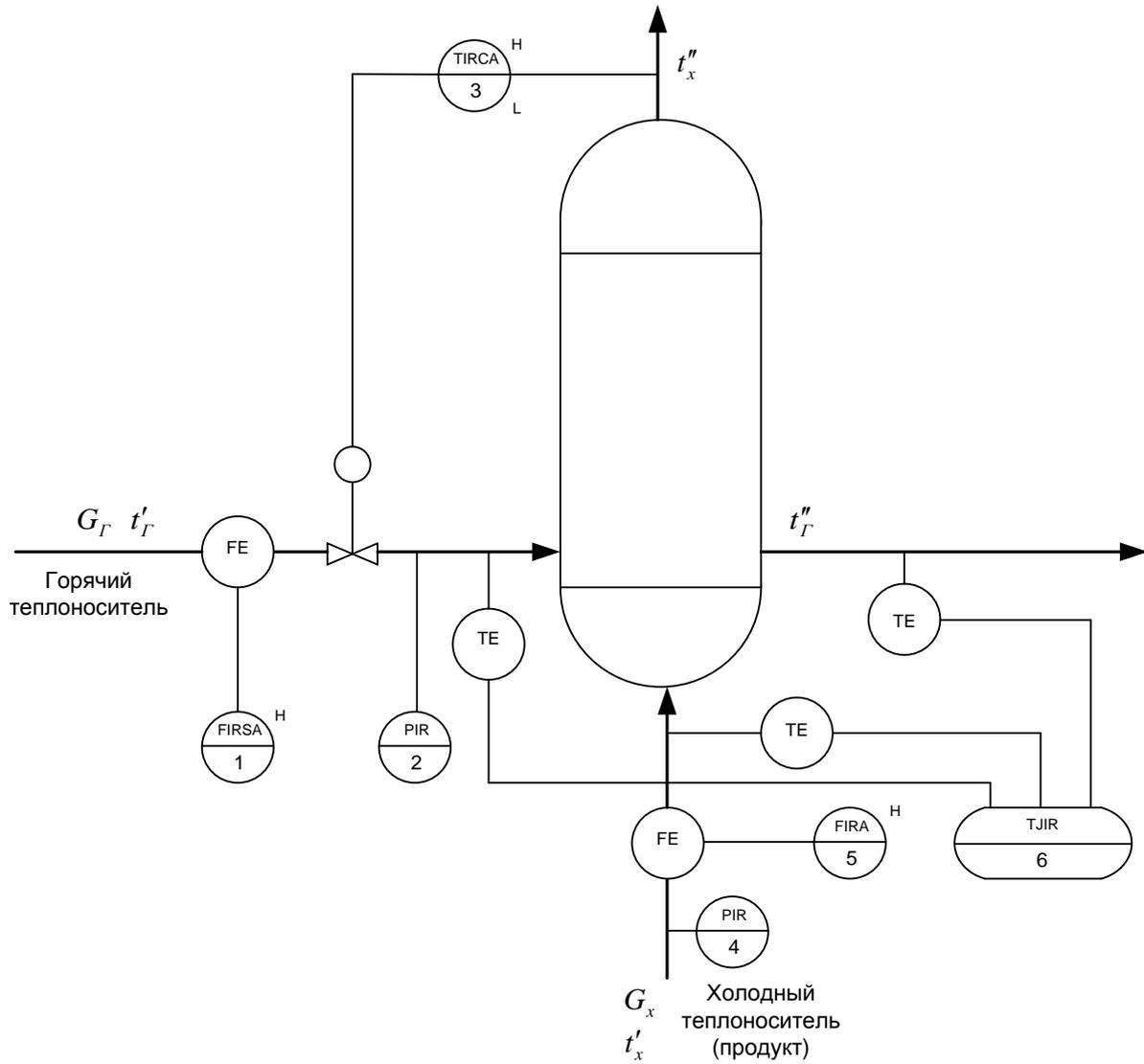


Приложение 14 Схема автоматизации (развернутая)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
приборы по месту	PI 5-1					FT 9-2		TI 4-1	PIA 6-1	LT 12-1		FQI 11-2	QRA 14-1	LT 13-1		FT 10-2
приборы на щите	PIRK 5-2 PC 5-3		TY 2-2 (E/E) TY 2-3 (E/P)		TY 1-2 (E/E) TY 1-3 (E/P)					LIRK 12-2 LC 12-3				LIRK 13-2 LC 13-3	FIRK 10-3 FC 10-4	

Приложение 16
Схема автоматизации (упрощенная)



Приложение 19

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.	
		1-1	ДК6-150 ГОСТ 26969-86	Диафрагма камерная	2		
		5-1					
		1-2	Сапфир-22М-ДД	Преобразователь разности	2		
		5-2	ТУ 25-2472.0049-89	давлений			
			модель 2430				
		1-3	БПС-90К ТУ25-7439.0016-90	Блок преобразования сигналов,	2		
		5-3		искрозащиты и питания			
		2-1	Сапфир-22М-ДИ	Преобразователь избыточного	2		
		4-1	ТУ 25-2472.0049-89	давления			
			модель 2150				
		2-2	БПС-90П ТУ25-7439.0016-90	Блок преобразования сигналов,	2		
		4-2		искрозащиты и питания			
		3-1	ТСМ-0193-01,	Термопреобразователь	1		
			ТУ 311-00226253.035-93	сопротивления медный			
		3-2	НПТ-2, ТУ 4227-028-10474265-98	Преобразователь	1		
			42 2710 модель НПТ-2.1	температуры нормирующий			
		3-3	ЭПП-1	Преобразователь	1		
				электропневматический			
		3-4	25с48нж	Клапан регулирующий	1		
		6-1	ТСМ-0193-01,	Термопреобразователь	3		
		6-2	ТУ 311-00226253.035-93	сопротивления медный			
		6-3					
		6-4	Ш9327, ТУ4227-005-12296299-95	Преобразователь	1		
				температуры нормирующий			
КП – НТИ СКФУ – ИСЭА – *** – 14							
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
Разработ.	Иванов И. И.				Проектирование системы автоматизации процесса синтеза в производстве карбамида	Литера у	
Проверил	Лубенцов В.Ф.						Лист 1
Н. контр.							Листов 1
Утв.	Болдырев Д.В						НТИ СКФУ, гр. Н-АТП-мо-13-1

Приложение 17
Образец штампа к чертежу

					(обозначение, принятое на кафедре)			
					(наименование темы ДП, КП)	Лит.	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
..								
Разраб.								
						Лист		Листов
Н.контр.					(наименование изделия, схемы)	НТИ СКФУ		
Утв.						гр. Н – АТП – мо – 13 – 1		

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Э.Е. Тихонов

Проектирование систем автоматизации и управления

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Печатается в авторской редакции

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. п. л. – .

Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано в ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
357100, Ставропольский край,
г. Ставрополь.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Проектирование систем автоматизации
Лабораторный практикум
Направление подготовки 15.04.04
«Автоматизация технологических процессов и производств»
Направленность (профиль) «Информационно-управляющие системы»
Форма обучения - очно-заочная
Год начала обучения 2022
Реализуется в 3 семестре

Введение

Автоматизированные системы управления нашли широкое применение во всех отраслях экономики. Создано и функционирует несколько тысяч АСУ различного класса и назначения. Создание АСУ связано с анализом объекта управления, выбором критериев управления, определением структуры и функций системы. Параметры функций управления определяются особенностями объекта. Инженерная и управленческая деятельность невозможна без развития у будущего специалиста инженерного профиля способностей к анализу информации, ее обработке и принятию собственных решений.

Каждая лабораторная работа посвящена получению навыков по решению конкретных задач, перечень задач обозначен в цели и содержании лабораторной работы. После внимательного изучения поставленных задач студент, используя справку к данной программе и электронные учебники кафедры, изучает методы решения поставленных задач, после чего приступает к выполнению заданий. После успешного выполнения заданий студены представляют результаты преподавателю в электронном виде. После проверки результатов преподаватель допускает студента к защите, в ходе которой студенту предлагается ответить на контрольные вопросы для проверки и закрепления теоретических знаний и практических навыков по изучаемой теме.

Код	Формулировка
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
ОК-2	Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОК-3	Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3	Способность разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководить их созданием
ОПК-4	Способность руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-1	Способность разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний; новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-2	Способность проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения
ПК-4	Способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты автоматизированных и автоматических производств различного технологического и отраслевого назначения, технических средств и систем автоматизации управления, контроля, диагностики и испытаний, систем управления жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизации проектирования, отечественного и зарубежного опыта разработки конкурентоспособной продукции, проводить технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности проектов, оценивать их инновационный потенциал и риски
ПК-5	Способность разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования
ППК-1	Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию систем и средств автоматизации и управления изготовлением продукции, ее жизненным циклом и качеством

Лабораторная работа №1

Автоматизация инженерных расчетов в среде MATHCAD

Цель работы – изучить возможности программной среды; получить навыки расчетов различной сложности и графического представления данных; изучить принципы работы с единицами измерения и оформления документов; получить навыки по программированию в данной среде.

1 Материальное обеспечение лабораторной работы

1.1 ПЭВМ.

1.2 Программа MATHCAD.

2 Содержание лабораторной работы

2.1 Освоение интерфейса и входного языка программы, определение возможностей и ограничений;

2.2 Создание документов, в которых производится расчеты и визуализация результатов;

2.3 Работа с единицами, измерения, форматирование документа, основные приемы программирования.

3 Общие положения

MathCAD является математическим редактором, позволяющим проводить разнообразные научные и инженерные расчеты, начиная от элементарной арифметики и заканчивая сложными реализациями численных методов. Пользователи MathCAD - это студенты, ученые, инженеры, разнообразные технические специалисты. Благодаря простоте применения, наглядности математических действий, обширной библиотеке встроенных функций и численных методов, возможности символьных вычислений, а также превосходному аппарату представления результатов (графики самых разных типов, мощных средств подготовки печатных документов и Web-страниц), MathCAD стал наиболее популярным математическим приложением. MathCAD 2001, в отличие от большинства других современных математических приложений, построен в соответствии с принципом WYSIWYG ("What You See Is What You Get" - "что Вы видите, то и получите"). Поэтому он очень прост в использовании, в частности, из-за отсутствия необходимости сначала писать программу, реализующую те или иные математические расчеты, а потом запускать ее на исполнение. Вместо этого достаточно просто вводить математические выражения с помощью встроенного редактора формул, причем в виде, максимально приближенном к общепринятому, и тут же получать результат. Кроме того, можно изготовить на принтере печатную копию документа или создать страницу в Интернете именно в том виде, который этот документ имеет на экране компьютера при работе с MathCAD. Создатели MathCAD сделали все возможное, чтобы пользователь, не обладающий специальными знаниями в программировании (а таких большинство среди ученых и инженеров), мог в полной мере приобщиться к достижениям современной вычислительной науки и компьютерных технологий. Для эф-

фективной работы с редактором MathCAD достаточно базовых навыков пользователя. С другой стороны, профессиональные программисты могут извлечь из MathCAD намного больше, создавая различные программные решения, существенно расширяющие возможности, непосредственно заложенные в MathCAD.

В соответствии с проблемами реальной жизни, математикам приходится решать одну или несколько из следующих задач:

- ввод на компьютере разнообразных математических выражений (для дальнейших расчетов или создания документов, презентаций, Web-страниц);
- проведение математических расчетов;
- подготовка графиков с результатами расчетов;
- ввод исходных данных и вывод результатов в текстовые файлы или файлы с базами данных в других форматах;
- подготовка отчетов работы в виде печатных документов;
- подготовка Web-страниц и публикация результатов в Интернете;
- получение различной справочной информации из области математики.

Со всеми этими (а также некоторыми другими) задачами с успехом справляется MathCAD:

- математические выражения и текст вводятся с помощью формульного редактора MathCAD, который по возможностям и простоте использования не уступает, к примеру, редактору формул, встроенному в Microsoft Word;
- математические расчеты производятся немедленно, в соответствии с введенными формулами;
- графики различных типов (по выбору пользователя) с богатыми возможностями форматирования вставляются непосредственно в документы; возможен ввод и вывод данных в файлы различных форматов;
- документы могут быть распечатаны непосредственно в MathCAD в том виде, который пользователь видит на экране компьютера, или сохранены в формате RTF для последующего редактирования в более мощных текстовых редакторах (например, Microsoft Word);
- возможно сохранение документов в формате Web-страницы, причем создание файлов с рисунками происходит автоматически;
- символьные вычисления позволяют мгновенно получить разнообразную справочную математическую информацию, а система помощи, Центр Ресурсов и встроенные электронные книги помогают быстро отыскать нужную справку или пример тех или иных расчетов.

Таким образом, следует хорошо представлять себе, что в состав MathCAD входят несколько интегрированных между собой компонентов:

- мощный текстовый редактор для ввода и редактирования как текста, так и формул,
- вычислительный процессор - для проведения расчетов согласно введенным формулам, и символьный процессор, являющийся, по сути, системой искусственного интеллекта.

Сочетание этих компонентов создает удобную вычислительную среду для разнообразных математических расчетов и одновременно, документирования результатов работы. Более подробно справку о возможностях данной среды можно найти в источниках /1-12/ и электронных учебниках кафедры в лаборатории "Информационных систем".

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Освоение интерфейса и входного языка программы, анализ возможностей и ограничений

1 Запуск программы MathCAD.

Если MathCAD запускается из главного меню Windows (с помощью кнопки **Пуск** в углу экрана), например, **Start / Programs / MathCAD 2001** (Пуск / Программы/ MathCAD 2001), то окно MathCAD появляется с открытым в нем новым пустым безымянным документом, условно называемым **Untitled:1**. Для того чтобы создать новый пустой документ, уже работая в MathCAD, следует выполнить одно из трех эквивалентных действий:

- нажмите одновременно клавиши <Ctrl>+<N>;
- нажмите кнопку **New** (Создать) на панели инструментов;
- выберите в верхнем меню **File / New** (Файл / Создать).

Создание документа можно производить с использованием шаблонов.

Шаблон (template) - это заготовка нового документа с введенными формулами, графиками, текстом, включая разметку, форматирование, выбор по умолчанию режима вычислений и т. д. Обычно новый документ создается на основе пустого шаблона. Для выбора другого шаблона, поставленного вместе с MathCAD или собственного, нажмите в диалоговом окне **New** (Создать) или кнопку **Browse** (Обзор). В появившемся диалоге **Browse** (Обзор) найдите местоположение нужного файла с шаблоном MathCAD. Эти файлы имеют расширение .mct (Math Cad Template). Выберите желаемый шаблон в списке файлов и нажмите кнопку **Открыть** (Open).

2 Сохранение документа

Для того чтобы сохранить документ в формате MathCAD, выберите **File / Save** (Файл / Сохранить) либо нажмите клавиши <Ctrl>+<S> или кнопку **Save** на стандартной панели инструментов. Если созданный документ сохраняется впервые, на экран будет выведено диалоговое окно **Сохранение** (Save), в котором потребуются определить его имя. Чтобы переименовать документ, сохраните его под другим именем с помощью команды **File / Save As** (Файл / Сохранить как) и появляющегося результате диалогового окна **Сохранение** (Save). В этом случае файл со старым названием не изменяется.

3 Ввод математических выражений

Ввести математическое выражение можно в любом пустом месте документа MathCAD. Для этого поместите курсор ввода в желаемое место документа, щелкнув в нем мышью, и просто начинайте вводить формулу, нажимая клавиши на клавиатуре. При этом в документе создается *математическая область*

(math region), которая предназначена для хранения формул, интерпретируемых процессором MathCAD.

1 Введите выражение x^{5+x} , для чего:

1.1 Щелкните мышью, обозначив место ввода.

1.2 Нажмите клавишу <x> - в этом месте вместо курсора ввода появится регион с формулой, содержащей один символ x, причем он будет выделен линиями ввода.

1.3 Введите оператор возведения в степень, нажав клавишу <^>, либо выбрав кнопку возведения в степень на панели инструментов **Calculator** (Калькулятор). В формуле появится местозаполнитель для введения значения степени, а линии ввода выделяют этот местозаполнитель.

1.4 Последовательно введите остальные символы <5>, <+>, <x>. Таким образом, поместить формулу в документ можно, просто начиная вводить символы, числа или операторы, например, + или /. Во всех этих случаях на месте курсора ввода создается математическая область, иначе называемая *регионом*, с формулой, содержащей и линии ввода. В последнем случае, если пользователь начинает ввод формулы с оператора, в зависимости от его типа, автоматически появляются и местозаполнители, без заполнения которых формула не будет восприниматься процессором MathCAD.

4 Перемещение линий ввода внутри формул

Чтобы изменить формулу, щелкните на ней мышью, поместив таким образом в ее область линии ввода, и перейдите к месту, которое хотите исправить. Перемещайте линии ввода в пределах формулы одним из двух способов:

- щелкая в нужном месте мышью;
- нажимая на клавиатуре клавиши - со стрелками, пробел и <Ins>:
- клавиши со стрелками имеют естественное назначение, переводя линии ввода вверх, вниз, влево или вправо;
- клавиша <Ins> переводит вертикальную линию ввода с одного конца горизонтальной линии ввода на противоположный;

пробел предназначен для выделения различных частей формулы.

Осуществить перемещение линий ввода внутри формул всеми способами.

5 Изменение формул

1 Вставка оператора. Операторы могут быть унарными (действующими на один операнд, как, на пример, оператор транспонирования матрицы или смены знака числа), так и бинарными (например + или /, действующими на два операнда). При вставке нового оператора в документ MathCAD определяет, сколько операндов ему требуется. Если в точке вставки оператор один или оба операнда отсутствуют, MathCAD автоматически помещает рядом с оператором один или два местозаполнителя. Для того чтобы вставить оператор не после, а перед частью формулы, выделенной линиями ввода, нажмите перед его вводом клавишу <Ins>, которая передвинет вертикальную линию ввода вперед. Это важно, в частности, для вставки оператора отрицания.

2 Научиться вставке операторов и переменных в любое место математического выражения. Операции: вырезки, копирования и вставки части формул, осуществляются через меню **Правка**.

2 Выполнение расчетов и визуализация результатов

1 Вычисление выражений

Для вычисления выражений используется знак равенства. Порядок вычислений определяется порядком написания формул!

Произвести ввод и вычисление выражений:

$$f1 = x^z - y + \frac{\cos z}{2}; f2 = \frac{x + \sin y}{z^2}; f3 = x^z + \sqrt{+\ln z}; f4 = \frac{|x - \sqrt{y}|}{z^2};$$
$$f5 = \frac{\operatorname{tg} x + \sqrt{y}}{z^2}; f6 = \frac{\sqrt{x + y^3}}{\ln z}; f7 = \frac{\sqrt{e^x + y^2}}{z}; f8 = \left| e^x + \frac{y^2}{z} \right|;$$
$$f9 = \log_3 z + x + 3\sqrt{y}; f10 = \frac{\operatorname{tg} y + \arccos z}{x}; f11 = \left| x - 1,2 \right|; f12 = \frac{\lg x + \pi y}{z - 8,31}.$$

2 Ввод и редактирование текста

MathCAD - это математический редактор. Основное его назначение заключается в редактировании математических формул и расчете по ним. Вместе с тем, наряду с формульным редактором, MathCAD обладает довольно развитыми средствами по оформлению текста. Назначение текстовых областей в документах MathCAD для разных пользователей и разных задач может быть различным. Качественно стоит различать подход к тексту, используемому:

- просто в качестве комментариев;

- как элемент оформления документов для создания качественных отчетов в печатной и электронной формах.

1 Ввод текста. *Текстовую область* (или, по-другому, *регион с текстом* - text region) можно разместить в любом незанятом месте документа MathCAD. Однако, когда пользователь помещает курсор ввода в пустое место документа и просто начинает вводить символы, MathCAD по умолчанию интерпретирует их как начало формулы. Чтобы до начала ввода указать программе, что требуется создать не формульный, а текстовый регион, достаточно, перед тем как ввести первый символ, нажать клавишу <">. В результате на месте курсора ввода появляется новый текстовый регион, который имеет характерное выделение. Курсор принимает при этом вид вертикальной линии красного цвета, которая называется *линией ввода текста* и аналогична по назначению линиям ввода в формулах.

2 Вставить текстовые комментарии о группе и исполнителе.

3 Произвести построение графиков следующих функций:

$$f(x,y)=(x^2 \cdot y^2); f(x)=x^3 - 20 \cdot x + 5; f(x)=x \cdot \cos(x); f(x)=x \cdot \sin(x); f(x)=x \cdot \sin(1/x);$$

$$G(a,b) = \begin{bmatrix} (5 + 2 \cdot \cos(a)) \cdot \cos(b) \\ (5 + 2 \cdot \cos(a)) \cdot \sin(b) \\ 2 \cdot \sin(a) \end{bmatrix}; Z(x,y) = x^2 + y^2 - 30.$$

Построение графиков выполняется при помощи специальной панели инструментов **Графика**.

3 Вычисление выражений с учетом единиц измерения, форматирование документа, основные приемы программирования

1 Размерные переменные.

В MathCAD числовые переменные и функции могут обладать *размерностью*. Сделано это для упрощения инженерных и физических расчетов. В MathCAD встроено большое количество *единиц измерения*, с помощью которых и создаются размерные переменные.

2 Создание размерной переменной. Чтобы создать размерную переменную, определяющую, например, силу тока в 10 А:

- введите выражение, присваивающее переменной i значение ю: $10:=10$ Сразу после ввода ю введите символ умножения "*";
- находясь в области местозаполнителя, выберите команду **Insert / Unit** (Вставка / Единицы), либо нажмите кнопку с изображением мерного стакана на стандартной панели инструментов, либо клавиши <Ctrl>+<U>;
- в списке **Unit** (Единица измерения) диалогового окна **Insert Unit** (вставка единицы измерений) выберите нужную единицу измерения **Ampere (A)**;
- нажмите кнопку ОК.

Если вы затрудняетесь с выбором конкретной единицы измерения, но знаете, какова размерность переменной (в нашем случае это электрический ток), то попробуйте выбрать ее в списке **Dimension** (размерность) диалогового окна **Insert Unit** (вставка единицы измерений). Тогда в списке **Unit** (единица измерения) появятся допустимые для этой величины единицы измерений. Просмотреть вставку единиц измерения можно и без выхода из диалогового окна **Insert Unit**, нажимая вместо кнопки ОК кнопку **Insert** (Вставить). В этом случае вы увидите, что единица измерений появилась в нужном месте документа, и можете поменять ее, оставаясь в диалоге **Insert Unit**.

3 Введите национальные единицы измерения и выполните расчеты выражения:

$$\sigma_{\text{evint}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d1 \text{ vint}}\right)^2 + \left(\frac{M_k}{0.2 \cdot d1 \text{ vint}}\right)^2},$$

где Q- вертикальная нагрузка, Н, M_k - крутящий момент, Нм. d1 – диаметр вин-та, м.

4 Создайте скрытую зону в документе и поместите в нее определение национальных единиц измерения.

5 Произвести форматирование документа. Выровнять математические и текстовые области, привести шрифты к требованиям дипломных и курсовых проектов. Установить поля документа (20, 15, 15, 15мм), вставить номера страниц.

6 Язык программирования MathCAD. Для вставки программного кода в документы в MathCAD имеется специальная панель инструментов **Programming** (программирование), которую можно вызвать на экран нажатием кнопки **Programming Toolbar** на панели Math (математика). Большинство кнопок этой панели выполнено в виде текстового представления операторов программирования, поэтому их смысл легко понятен. Несмотря на принципиальную эквивалентность определения функций и переменных через встроенные функции MathCAD или программные модули, программирование имеет ряд существен-

ных преимуществ, которые в ряде случаев делают документ более простым и читаемым:

- возможность применения циклов и условных операторов;
- простота создания функций и переменных, требующих нескольких простых шагов;
- возможность создания функций, содержащих закрытый для остального документа код, включая преимущества использования локальных переменных и обработку исключительных ситуаций (ошибок).

7 Введите функцию $y = \begin{cases} x^2, & \text{если } x \leq 0 \\ x, & \text{если } x > 0, x \leq 3 \\ -x, & \text{если } x > 3 \end{cases}$

при помощи панели программирования.

8 Сохраните документ.

Контрольные вопросы

- 1 Структура документа, понятие шаблона и их применение.
- 2 Экспорт документов и взаимодействие с другими программами.
- 3 Принципы ввода математических и текстовых выражений.
- 4 Работа с переменными и константами.
- 5 Основные методы редактирования документов, форматирование, стили.
- 6 Колонтитулы документа, формирование документа для печати.
- 7 Вычисление с размерными величинами, установка единиц измерения.
- 8 Зоны в документе, создание, назначение, установка свойств.
- 9 Графические возможности программы, принципы построения графиков.
- 10 Язык программирования MathCAD: назначение, особенности синтаксиса, ограничения.

Лабораторная работа №2

Автоматизация инженерных расчетов в среде MATLAB

Цель работы – изучить возможности программной среды; получить навыки расчетов различной сложности и графического представления данных; получение навыков по программированию в данной среде.

1 Материальное обеспечение лабораторной работы

1.1 ПЭВМ.

1.2 Программа MATLAB.

2 Содержание лабораторной работы

2.1 Освоение интерфейса и входного языка программы, определение возможностей и ограничений.

2.2 Расчеты и визуализация результатов.

2.3 Основные приемы программирования. Создание сценариев и функций.

3 Общие положения

Система MATLAB предлагается разработчиками (фирма Math Works, Inc.) как лидирующий на рынке, в первую очередь, в системе военно-промышленного комплекса, в аэрокосмической отрасли и автомобилестроении, язык программирования *высокого уровня* для технических вычислений с большим числом стандартных пакетов (прикладных программ).

Система MATLAB вобрала в себя не только передовой опыт развития и компьютерной реализации численных методов, накопленный за последние три десятилетия, но и весь опыт становления математики за всю историю человечества. Популярности системы способствует ее мощное расширение Simulink, предоставляющее удобные и простые средства, в том числе визуальное объектно-ориентированное программирование, для моделирования линейных и нелинейных динамических систем, а также множество других пакетов расширения системы.

Система MATLAB выполняет сложные и трудоемкие операции над векторами и матрицами даже в режиме прямых вычислений без какого-либо программирования. Ею можно пользоваться как мощнейшим калькулятором, в котором наряду с обычными арифметическими и алгебраическими действиями могут использоваться такие сложные операции, как инвертирование матрицы, вычисление ее собственных значений и принадлежащих им векторов, решение систем линейных уравнений, вывод графиков двумерных и трехмерных функций и многое другое.

Обычные числа и переменные в MATLAB рассматриваются как матрицы размером 1×1 , что дает единообразные формы и методы проведения операций над обычными числами и массивами. Данная операция обычно называется векторизацией. Векторизация обеспечивает и упрощение записи операций, производимых одновременно над всеми элементами векторов и матриц, и существ-

венное повышение скорости их выполнения. Это также означает, что большинство функций может работать с аргументами в виде векторов и матриц. При необходимости вектора и матрицы преобразуются в массивы, и значения вычисляются для каждого их элемента.

MATLAB – расширяемая система, и ее легко приспособить к решению нужных вам классов задач. Ее огромное достоинство заключается в том, что это расширение достигается естественным путем и реализуется в виде так называемых т-файлов (с расширением .m). Иными словами, расширения системы хранятся на жестком диске компьютера и в нужный момент вызываются для использования точно так же, как встроенные в MATLAB (внутренние) функции и процедуры. Дополнительный уровень системы образуют ее пакеты расширения (toolbox). Они позволяют быстро ориентировать систему на решение задач в той или иной предметной области: в специальных разделах математики, в физике и в астрономии, в области нейтронных сетей и средств телекоммуникаций, в математическом моделировании, проектировании событийно-управляемых систем и т. д. Благодаря этому MATLAB обеспечивает высочайший уровень адаптации к решению задач конечного пользователя. Более подробно справку о возможностях данной среды можно найти в источниках /1-12/ и электронных учебниках кафедры в лаборатории "Информационных систем".

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Освоение интерфейса и входного языка программы

1 Запустить программу MATLAB.

Система MATLAB создана таким образом, что любые (подчас весьма сложные) вычисления можно выполнять в режиме *прямых вычислений*, то есть без подготовки программы.

2 Ознакомиться с основными диалоговыми панелями и меню программы.

3 В окне **Команды** вычислить выражения: $5+80\cdot\pi$; $\sin(5)$; $e^{\sin(45)}+1/\cos(25)$. Особенности вычислений:

- для указания ввода исходных данных используется символ »;
- для блокировки вывода результата вычислений некоторого выражения после него надо установить знак;
- если не указана переменная для значения результата вычислений, то MATLAB назначает такую переменную с именем ans;
- знаком присваивания является привычный математикам знак равенства =, а не комбинированный знак :=, как во многих других языках программирования и математических системах;
- результат вычислений выводится в строках вывода (без знака »);
- встроенные функции (например, sin) записываются строчными буквами, и их аргументы указываются в *круглых скобках*;
- если вводимое математическое выражение длиннее одной строки, то в этом случае часть выражения можно перенести на новую строку с помощью знака многоточия "...".
- символьные (тестовые выражения) записываются в апострофах;

4 Ввести два вектора $v1=[1\ 3\ 5\ 8]$ и $v2=[5\ 67\ 44\ 45]$. Произвести произведение и деление векторов.

Формирование упорядоченных числовых последовательностей. Такие последовательности нужны для создания векторов или значений абсциссы при построении графиков. Для этого в MATLAB используется оператор:

<Начальное значение>: <Шаг>: <Конечное значение>.

5 Сформировать вектор $V3$ от 0 до 50 с шагом 3.

6 Сформировать таблицу $M=[1\ 2\ 3: 4\ 5\ 6; 7\ 8\ 9]$.

Возможен ввод элементов матриц и векторов в виде арифметических выражений, содержащих любые доступные системе функции.

7 Ввести вектор $V=[2+2/(3+4)\ \exp(5)\ \sqrt{10}]$.

4.2 Расчеты и визуализация результатов

1 Произвести вычисление выражений:

$$f1 = x^z - y + \frac{\cos z}{2}; f2 = \frac{x + \sin y}{z^2}; f3 = x^z + \sqrt{y + \ln z}; f4 = \frac{|x - \sqrt{y}|}{z^2};$$
$$f5 = \frac{\operatorname{tg} x + \sqrt{y}}{z^3}; f6 = \frac{\sqrt{x + y^3}}{\ln z}; f7 = \frac{\sqrt{e^x + y^2}}{z}; f8 = \left| e^x + \frac{y^2}{z} \right|;$$
$$f9 = \log_3 z + x + \sqrt[3]{y}; f10 = \frac{\operatorname{tg} y + \arccos z}{x}; f11 = \left[x - 1, 2 \right]; f12 = \frac{\lg x + \pi y}{z - 8,31}.$$

2 Выполнить построение двумерных графиков. Для построения используется команда **plot(f(x))**. Аргументы функции и диапазон их изменения должен быть определен заранее. Графики MATLAB строит в отдельных окнах, называемых графическими окнами.

3 Произвести построение графиков следующих функций: $f(x,y)=(x^2 \cdot y^2)$; $f(x)=x^3 - 20 \cdot x + 5$; $f(x)=x \cdot \cos(x)$; $f(x)=x \cdot \sin(x)$; $f(x)=x \cdot \sin(1/x)$

4. Построить несколько графиков в одном графическом окне при помощи команды: **plot(a1,f1,a2,f2,a3,f3)**, где $a1, a2, a3$ – векторы аргументов функций, $f1, f2, f3$ – векторы значений функций, графики которых строятся в одном окне.

5 Построить графики с помощью команды **fplot('f(x)', [xmin xmax])**.

6 Построить столбчатый график функции $e^{-x \cdot x}$ с помощью команды **bar(x,f(x))**;

7 Построить график с указанием погрешности каждой точки:
 $x=-2:0.1:2$; $y=\operatorname{erf}(x)$; $e = \operatorname{rand}(\operatorname{size}(x))/10$; **errorbar(x,y,e)**;

8 Построить график дискретных отсчетов:
 $x = 0:0.1:4$; $y = \sin(x.^2) \cdot \exp(-x)$; **stem(x,y)**.

9 Построить график в полярных координатах:
 $t=0:.01:2 \cdot \pi$; **polar(t,abs(sin(2*t).*cos(2*t)))**.

10 Построить трехмерный график командой **plot(x,y,z)**, где x,y,z – векторы. Ввести: $[x,y] = \operatorname{meshgrid}([-3:0.15:3])$; $z=x.^2+y.^2$; **plot3(x,y,z)**.

11 Постройте функцию $z=x.^2+y.^2$ при помощи команды **mesh(z)**

12 Построить график командой **surf(z)**:
 $z=\operatorname{peaks}(25)$; **surf(z)**; **colormap(jet)**.

13 Построить графики функций:

$$G(a,b) = \frac{\left[(5 + 2 \cdot \cos(a)) \cdot \cos(b) \right]}{(5 + 2 \cdot \cos(a)) \cdot \sin(b)}; Z(x,y) = x^2 + y^2 - 30.$$

4.3 Создание сценариев и функций

Программами в системе MATLAB являются m-файлы текстового формата, содержащие запись программ в виде программных кодов. Язык программирования системы MATLAB имеет следующие средства:

- данные различного типа;
- константы и переменные;
- операторы, включая операторы математических выражений;
- встроенные команды и функции;
- функции пользователя;
- управляющие структуры;
- системные операторы и функции;
- средства расширения языка.

Файл-сценарий, именуемый также Script-файлом, является просто записью серии команд без входных и выходных параметров. Он имеет следующую структуру:

```
%основной комментарий;
%дополнительный комментарий; <тело
файла с любыми выражениями>.
```

Комментарии – любой текст, служащий для пояснения команд, не влияющий на результаты расчетов и начинается всегда знаком %!

Важны следующие свойства файлов-сценариев:

- они не имеют входных и выходных аргументов;
- работают с данными из рабочей области;
- в процессе выполнения не компилируются;
- представляют собой зафиксированную в виде файла последовательность операций, полностью аналогичную той, что используется в сессии.

1 Создайте новый m-файл, через меню файл(File). Введите код построения графика: %Plot with color red

```
%Строит график синусоиды линией красного цвета
%с выведенной масштабной сеткой в интервале [xmin.
xmax] x=xmin:0.1:xmax;
plot(x.sin(x).'r')
grid on.
```

2 Сохраните файл-сценарий с именем на test_skript1. Запустите на выполнение данный файл.

M-файл-функция является типичным объектом языка программирования системы MATLAB. Одновременно он является полноценным модулем с точки зрения структурного программирования, поскольку содержит входные и выходные параметры и использует аппарат локальных переменных. Структура такого модуля с одним выходным параметром выглядит следующим образом:

```
function var=f_name(Список_параметров)
```

```
%Основной комментарий
```

```
%Дополнительный комментарий
```

```
Тело файла с любыми
```

```
выражениями var=выражение.
```

M-файл-функция имеет следующие свойства:

- он начинается с объявления `function`, после которого указывается имя переменной `var` – выходного параметра, имя самой функции и список ее входных параметров;
- функция возвращает свое значение и может использоваться в виде `name(Список_параметров)` в математических выражениях;
- все переменные, имеющиеся в теле файла-функции, являются *локальными*, т. е. действуют только в пределах тела функции;
- файл-функция является самостоятельным программным модулем, который общается с другими модулями через свои входные и выходные параметры;
- правила вывода комментариев те же, что у файлов-сценариев;
- файл-функция служит средством расширения системы MATLAB;
- при обнаружении файла-функции он компилируется и затем исполняется, а созданные машинные коды хранятся в рабочей области системы MATLAB.

Последняя конструкция `var = выражение` вводится, если требуется, чтобы функция возвращала результат вычислений.

3 Создайте новый m-файл, через меню файл(File). Введите код M-файл-функции:

```
function f1=f1()
R=input('Введите одну из цифр:1,2,3');
    if R==1 % A complex plot of f(z) = z^3
        % Three maxima at the cube roots of 1
        z=cplxgrid(20);
        cplxmap(z,z.^3);
    elseif R==2
        % A complex plot of f(z) = (z^4-1)^(1/4)
        % Four zeros at the fourth roots of
        % 1 z=cplxgrid(20); cplxmap(z,(z.^4-
        % 1).^(1/4));
    elseif R==3
        % A complex plot of f(z) = z^(1/3)
        % The Riemann surface for the cube root
        cplxroot(3,15);
    end
end.
```

4 Сохраните M-файл-функцию с именем на `test_function1`. Запустите на выполнение данный файл.

Контрольные вопросы

- 1 Структура интерфейса программы, назначение окон.
- 2 Принципы взаимодействия с другими программами.
- 3 Принципы ввода математических и текстовых выражений.
- 4 Работа с переменными и константами, форматы представления данных.
- 5 Основные приемы вычислений с таблицами и матрицами.
- 6 Графические возможности программы.
- 7 Принципы построения графиков.
- 8 Экспорт графических изображений.
- 9 Язык программирования MATLAB: назначение, особенности синтаксиса, ограничения.
- 10 Файлы, сценарии, функции, назначение, применение, отличительные черты.

Лабораторная работа №3

Проектирование систем управления в среде MATLAB

Часть 1 Создание системы управления светофорного объекта на основе нечеткой логики

Часть 2 Ознакомление с приложениями MATLABа, построенных на пакете расширений Neural Networks Toolbox

Часть 3 Построение аппроксиматора на основе нейросетевой технологии

Цель работы – познакомиться с пакетами расширений Fuzzy Logic Toolbox и Neural Networks Toolbox среды MATLAB; получить навыки построения систем управления на основе методов нечеткой логики; построить аппроксиматоры на основе нейросетей.

1 Материальное обеспечение лабораторной работы

1.1 ПЭВМ.

1.2 Программа MATLAB.

2 Содержание лабораторной работы

2.1 Освоение интерфейса пакета расширений Fuzzy Logic Toolbox, определение возможностей и ограничений.

2.2 Создание системы управления светофорного объекта на основе нечеткой логики.

2.3 Ознакомление с приложениями MATLABа, построенных на пакете расширений Neural Networks Toolbox.

2.4 Построение аппроксиматора на основе нейросетевой технологии.

3 Общие положения

3.1 Теоретические основы применения "нечеткой логикой" (Fuzzy logic)

Решение качественных или смешанных задач в настоящее время является наиболее сложным, т.к. необходимо решать задачи, не поддающиеся полностью или частично формализации для применения стандартной логики. Поэтому качественные задачи пока в основном решаются человеком, но есть уже и опыт решения их нейронными сетями или экспертными системами.

Управление техническими или иными объектами в большинстве своем являются задачами количественными. Аналитически управление объектом сводятся к решению одного ли системы дифференциальных уравнений.

Существуют специальные прикладные программы для моделирования динамических систем таких, как Visimm. При достаточно точном описании процесса системой уравнений ее целесообразно решать аналитическим или численным методом. Эффективно такие вычисления производятся в среде MathCAD, MATLAB.

Однако зачастую аналитическое описание объекта (математическая модель) или недостаточно верно, или решение носит сложный характер. В этих случаях прибегают к методам моделирования, анализа, построенных на основе нейросетей, нечеткой логики, генетических алгоритмах, то есть методах искус-

ственного интеллекта (ИИ).

Нечеткая логика возникла как наиболее удобный способ построения систем управления метрополитенами и сложными технологическими процессами, а также нашла применение в бытовой электронике, диагностических и других экспертных системах. Несмотря на то, что математический аппарат нечеткой логики впервые был разработан в США, активное развитие данного метода началось в Японии, и новая волна вновь достигла США и Европы.

Термин fuzzy (англ. нечеткий, размытый - произносится 'фаззи') является ключевым понятием. Нечеткая логика является многозначной логикой, что позволяет определить промежуточные значения для таких общепринятых оценок, как да|нет, истинно|ложно, черное|белое и т.п. Выражения подобные таким, как "слегка тепло" или "довольно холодно" становится возможно формулировать математически и обрабатывать на компьютерах. Нечеткая логика появилась в 1965 в работах Лотфи А. Задэ (Lotfi A. Zadeh), профессора технических наук Калифорнийского университета в Беркли.

Рассмотрим базовые понятия "нечеткой логики". Самым главным понятием систем, основанных на нечеткой логике, является понятие нечеткого (под)множества.

Нечеткое множество - это такое множество, которое образуется путем введения обобщенного понятия принадлежности, т.е. расширения двухэлементного множества значений функции принадлежности $\{0, 1\}$ до отрезка $[0, 1]$. Это означает, что переход от полной принадлежности объекта множеству к его полной непринадлежности происходит не скачком, как в обычных "четких" множествах, а плавно, постепенно, причем степень принадлежности элемента множеству выражается числом из интервала $[0, 1]$.

Таким образом, нечеткое множество $A = \{(x, \mu_A(x))\}$ определяется математически как совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x множества X и соответствующих им степеней принадлежности $\mu_A(x)$ или непосредственно в виде функции $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$.

Функцией принадлежности (membership function) называется функция, которая позволяет вычислить степень принадлежности произвольного элемента универсального множества к нечеткому множеству. Графическое представление функции принадлежности называется *термом*.

Нечеткое число – это нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющее *нормальную* и *выпуклую* функцию принадлежности, то есть такую, что а) существует такое значение носителя, в котором функция принадлежности равна единице, а также б) при отступлении от своего максимума влево или вправо функция принадлежности убывает.

Понятие нечеткого множества - это попытка математической формализации нечеткой информации для построения математических моделей. В основе этого понятия лежит представление о том, что составляющие данное множество элементы, обладающие общим свойством, могут обладать этим свойством в различной степени и, следовательно, принадлежать к данному множеству с различной степенью.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- 1) нечеткие множества описывают неопределенные понятия (быстрый бегун, горячая вода, жаркая погода);
- 2) нечеткие множества допускают возможность частичной принадлежности к

- ним (пятница - частично выходной день (укороченный), погода скорее жаркая);
- 3) степень принадлежности объекта к нечеткому множеству определяется соответствующим значением функции принадлежности на интервале $[0,1]$;
 - 4) функция принадлежности ставит в соответствие объекту (или логической переменной) значение степени его принадлежности к нечеткому множеству.

Для наглядности приведем функцию принадлежности (терм) множества молодых людей.

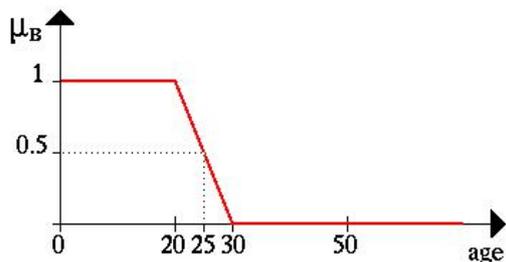


Рисунок 3.1 - Функция принадлежности $\mu_{\hat{A}}$ множества В

Из рисунка 3.1 видно, что 25-летние все еще молоды со степенью принадлежности 0,5.

Определим базовые операции (действия) над нечеткими множествами (числами). Аналогично действиям с обычными множествами нам потребуется определить пересечение, объединение и отрицание нечетких множеств. В своей самой первой работе по нечетким множествам Л. А. Заде предложил оператор минимума для пересечения и оператор максимума для объединения двух нечетких множеств. Легко видеть, что эти операторы совпадают с обычными (четкими) объединением и пересечением, только рассматриваются степени принадлежности 0 и 1. Чтобы пояснить это, приведем несколько примеров. Пусть А – нечеткое число (интервал) от 5 до 8 и В – нечеткое число около 4, как показано на рисунке.

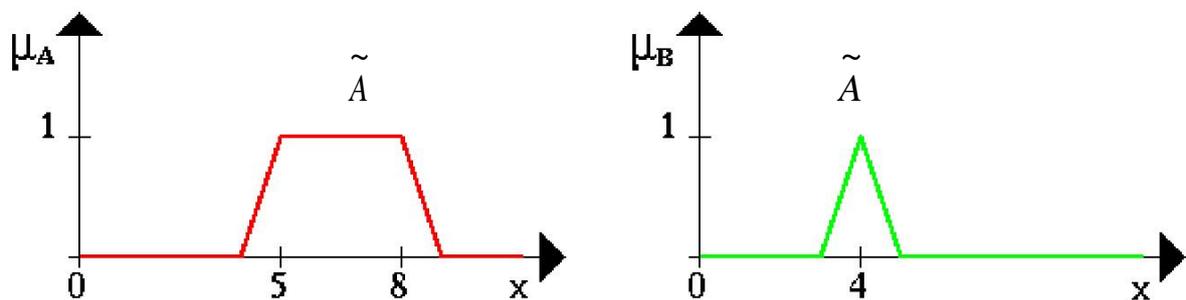


Рисунок 3.2 - Графическое представление двух нечетких чисел А и В

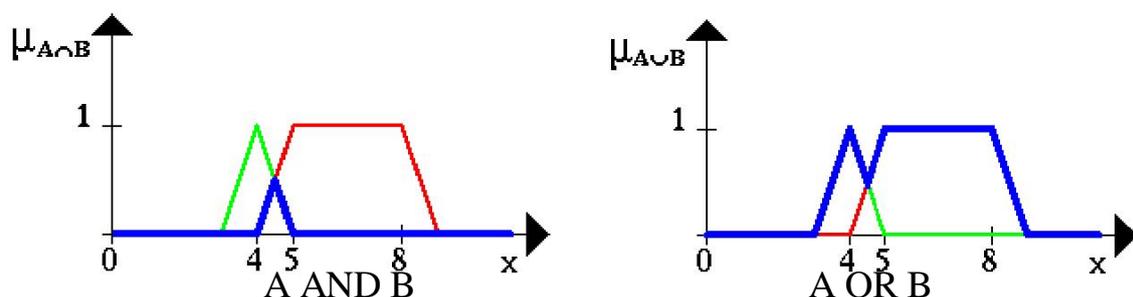


Рисунок 3.3 – Логические операции (AND, OR) с нечеткими числами А и В

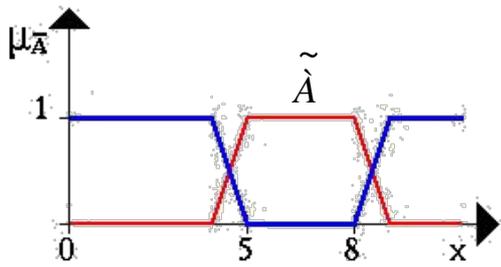


Рисунок 3.4 – Логическое отрицание (NOT) нечеткого числа A

Фаззификацией (fuzzification) называется процедура преобразование "четкой" точки $\bar{O} = (\tilde{o}_1, \dots, \tilde{o}_n) \in \tilde{O}$ в нечеткое множество числа \tilde{A} из X. Другими словами нахождение значений функции принадлежности нечеткого числа в заданной точке. На этом этапе происходит установление соответствия между численным значением входной переменной и значением функции принадлежности соответствующего ей термина входной лингвистической переменной. Так, *фаззификация* числа 25 (рисунок 3.1) дает нам значение 0,5.

Дефаззификацией (defuzzification) называется процедура преобразования нечеткого множества в четкое число.

В теории нечетких множеств процедура дефаззификации аналогична нахождению характеристик положения (математического ожидания, моды, медианы) случайных величин в теории вероятности. Простейшим способом выполнения процедуры дефаззификации является выбор четкого числа, соответствующего максимуму функции принадлежности. Однако пригодность этого способа ограничивается лишь одноэкстремальными функциями принадлежности. Для многоэкстремальных функций принадлежности в Fuzzy Logic Toolbox запрограммированы такие методы дефаззификации:

- Centroid - центр тяжести;
- Bisector - медиана;
- LOM (Largest Of Maximums) - наибольший из максимумов;
- SOM (Smallest Of Maximums) - наименьший из максимумов;
- Mom (Mean Of Maximums) - центр максимумов.

Нечеткой базой знаний (fuzzy knowledge base) о влиянии факторов $X = x_1 \dots x_n$ на значение параметра Y называется совокупность логических высказываний типа:

ЕСЛИ $(x_1 = \mu_1)$ И $(x_2 = \mu_2), \dots$ И $(x_n = \mu_n)$ ИЛИ $(x_1 = \mu_1)$, ИЛИ $(x_2 = \mu_2), \dots$, ИЛИ $(x_k = \mu_k)$,

ТО $y_i = \mu_j$,

где $\mu_1 \dots \mu_n$ - нечеткий терм, которым оцениваются входные переменные $x_1 \dots x_n$;

μ_j - нечеткий терм, которым оцениваются выходные переменные $y_1 \dots y_n$.

Графически систему на основе нечеткой логики можно представить в виде блоков (рисунок 3.5).

Рассмотрим разработку подобных систем в среде MATLAB.

MATLAB – матричная лаборатория – наиболее развитая система программирования для научно-технических расчетов, дополненная к настоящему времени несколькими десятками более частных приложений, относящихся к

вычислительной математике, обработке информации, конструированию электронных приборов, экономике и ряду других разделов прикладной науки.

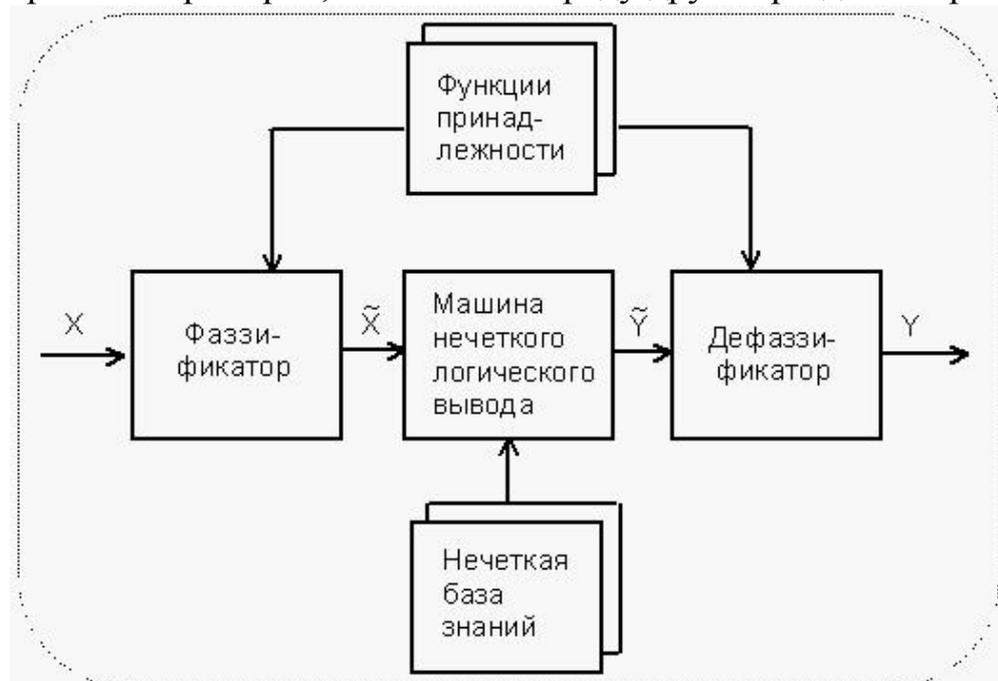


Рисунок 3.5 - Структурная схема системы, использующей "нечеткую логику"

X - входной четкий вектор; \tilde{X} - вектор нечетких множеств, соответствующий входному вектору X ; \tilde{Y} - результат логического вывода в виде вектора нечетких множеств; Y - выходной четкий вектор.

MATLAB – система программирования высокого уровня, работающая как интерпретатор и включающая большой набор инструкций (команд) для выполнения самых разнообразных вычислений, задания структур данных и графического представления информации. Команды эти разбиты на тематические группы, расположенные в различных директориях системы.

Fuzzy Logic Toolbox - это пакет прикладных программ, входящих в состав среды MATLAB. Он позволяет создавать системы нечеткого логического вывода и нечеткой классификации в рамках среды MATLAB, с возможностью их интегрирования в Simulink.

Базовым понятием Fuzzy Logic Toolbox является FIS-структура - система нечеткого вывода (Fuzzy Inference System). FIS-структура содержит все необходимые данные для реализации функционального отображения “входы-выходы” на основе нечеткого логического вывода согласно схеме, приведенной на рисунке 3.5.

Fuzzy Logic Toolbox содержит следующие категории программных инструментов:

- функции;
- интерактивные модули с графическим пользовательским интерфейсом (с GUI);
- блоки для пакета Simulink;
- демонстрационные примеры.

Модуль fuzzy позволяет строить нечеткие системы двух типов - Мамдани и Сугэно. В системах типа Мамдани база знаний состоит из правил вида “Если

x_1 =низкий и x_2 =средний, то y =высокий”. В системах типа Сугэно база знаний состоит из правил вида “Если x_1 =низкий и x_2 =средний, то $y=a_0+a_1x_1+a_2x_2$ ”. Таким образом, основное отличие между системами Мамдани и Сугэно заключается в разных способах задания значений выходной переменной в правилах, образующих базу знаний. В системах типа Мамдани значения выходной переменной задаются нечеткими термами, в системах типа Сугэно - как линейная комбинация входных переменных.

3.2 Теоретические основы нейросетевых технологий

Искусственные нейронные сети индуцированы биологией, так как они состоят из элементов, функциональные возможности которых аналогичны большинству элементарных функций биологического нейрона. Эти элементы затем организуются по способу, который может соответствовать (или не соответствовать) анатомии мозга. Несмотря на такое поверхностное сходство, искусственные нейронные сети демонстрируют удивительное число свойств, присущих мозгу. Например, они обучаются на основе опыта, обобщают знание и извлекают существенные свойства из поступающей информации.

Искусственные нейронные сети могут менять свое поведение в зависимости от внешней среды. Этот фактор в большей степени, чем любой другой, ответствен за тот интерес, который они вызывают. После предъявления входных сигналов (возможно, вместе с требуемыми выходами) они самонастраиваются, чтобы обеспечивать требуемую реакцию.

Искусственный нейрон имитирует в первом приближении свойства биологического нейрона. На вход искусственного нейрона поступает некоторое множество сигналов, каждый из которых является выходом другого нейрона. Каждый вход умножается на соответствующий вес, аналогичный синаптической силе, и все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона. На рисунке 3.6 представлена модель, реализующая эту идею. Хотя сетевые парадигмы весьма разнообразны, в основе почти всех их лежит эта конфигурация. Здесь множество входных сигналов, обозначенных x_1, x_2, \dots, x_n , поступает на искусственный нейрон. Эти входные сигналы, в совокупности обозначаемые вектором \mathbf{X} , соответствуют сигналам, приходящим в синапсы биологического нейрона. Каждый сигнал умножается на соответствующий вес w_1, w_2, \dots, w_n , и поступает на суммирующий блок, обозначенный Σ . Каждый вес соответствует «силе» одной биологической синаптической связи, (множество весов в совокупности обозначается вектором \mathbf{W}). Суммирующий блок, соответствующий телу биологического элемента, складывает взвешенные входы алгебраически, создавая выход, который мы будем называть NET. В векторных обозначениях это может быть компактно записано следующим образом:

$$\text{NET} = \mathbf{XW}.$$

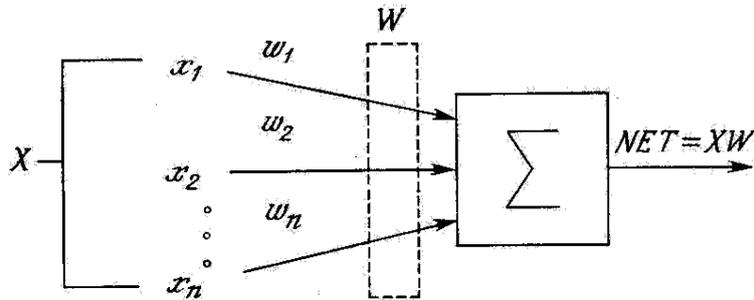


Рисунок 3.6 - Искусственный нейрон

Сигнал NET далее, как правило, преобразуется активационной функцией F и дает выходной нейронный сигнал OUT. Активационная функция может быть обычной линейной функцией

$$OUT = K(NET),$$

где K – постоянная, пороговой функции;

$$OUT = 1, \text{ если } NET > T,$$

$$OUT = 0 \text{ в остальных случаях,}$$

где T – некоторая постоянная пороговая величина, или же функцией, более точно моделирующей нелинейную передаточную характеристику биологического нейрона и представляющей нейронной сети большие возможности.

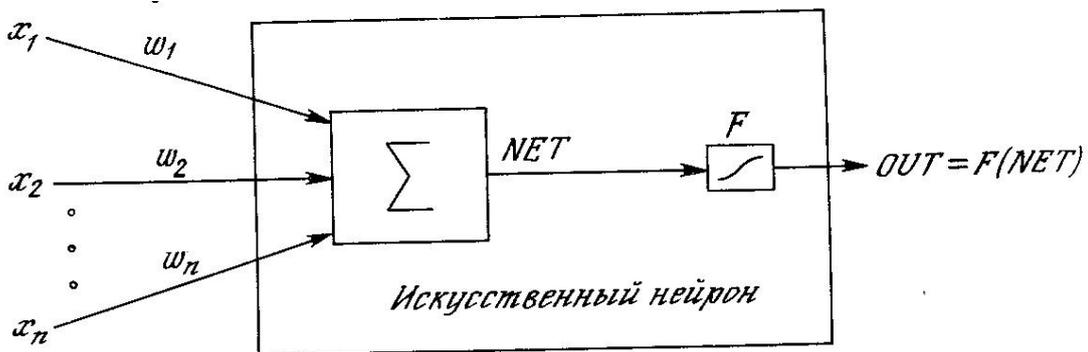


Рисунок 3.7- Искусственный нейрон с активационной функцией

На рисунке 3.7 блок, обозначенный F , принимает сигнал NET и выдает сигнал OUT. Если блок F сужает диапазон изменения величины NET так, что при любых значениях NET значения OUT принадлежат некоторому конечному интервалу, то F называется «сжимающей» функцией. В качестве «сжимающей» функции часто используется логистическая или «сигмоидальная» (S-образная) функция. Эта функция математически выражается как $F(x) = 1/(1 + e^{-x})$. Таким образом,

$$OUT = \frac{1}{1 + e^{-NET}}.$$

По аналогии с электронными системами активационную функцию можно считать нелинейной усилительной характеристикой искусственного нейрона. Коэффициент усиления вычисляется как отношение приращения величины OUT к вызвавшему его небольшому приращению величины NET.

Признаки, при наличии которых задачу целесообразно решать с применением нейросетевых технологий:

- отсутствие алгоритма и математической модели решения задачи;
- имеются данные экспериментальных исследований;

- проблема характеризуется большими объемами входной информации, причем данные носят вероятностный или нечеткий характер, зашумлены, искажены или противоречивы.

Любая нейронная сеть может быть представлена в виде схемы, (рисунок 3.8).

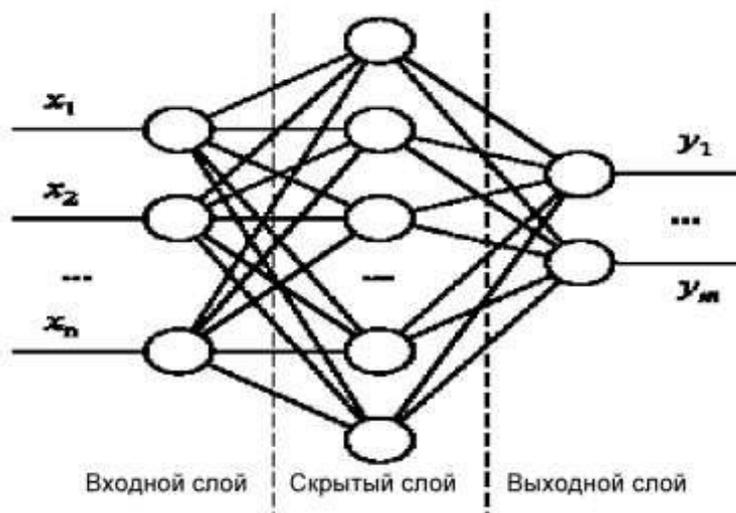


Рисунок 3.8 – Структура трехслойной нейронной сети После построения сети требуется ее обучение. Схема обучения представлена на рисунке 3.9.

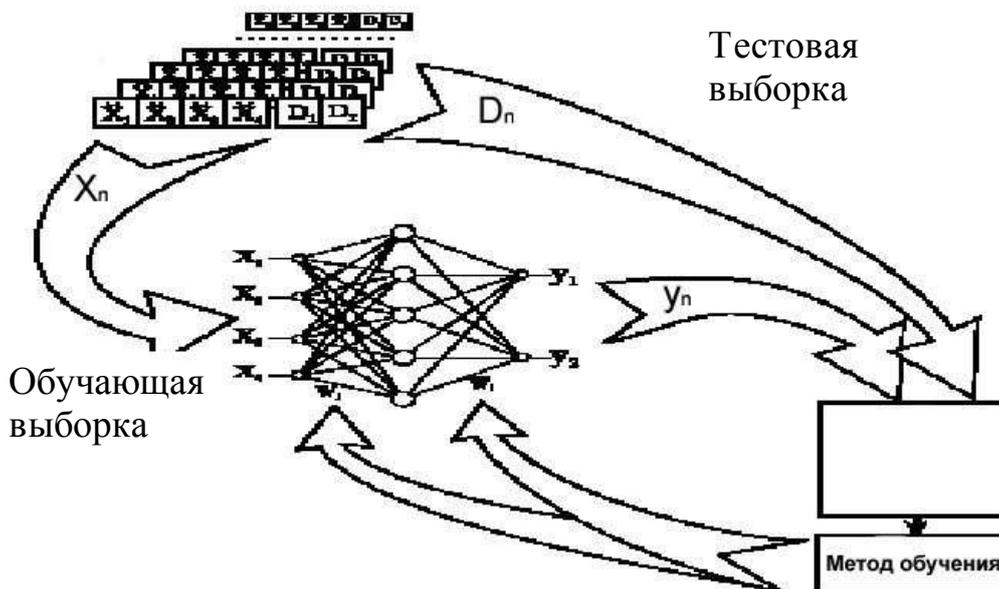


Рисунок 3.9 – Структура обучения нейронной сети Методы (алгоритмы) обучения НС делятся на два класса:

- **обучение с учителем** - сети предъявляются значения как входных, так и желательных выходных сигналов, и она по некоторому внутреннему алгоритму подстраивает веса своих синаптических связей.
- **обучение без учителя** - выходы НС формируются самостоятельно, а веса изменяются по алгоритму, учитывающему только входные и производные от них сигналы.

После обучения сеть готова к работе, то есть решения задач классификации, аппроксимации и др.

4 Выполнение лабораторной работы

4.1. Создания системы управления светофорного объекта. Обычно для таких задач выбирают систему типа Мамдани.

Постановка задачи. Система управления должна регулировать время работы светофора в режиме зеленого света в зависимости от количества подъезжающих к перекрестку машин, (рисунок 3.10).

Решение задачи. Для работы нечеткого светофора на перекрестке улиц Север-Юг (СЮ) и Запад-Восток (ЗВ) необходимо установить 8 датчиков (рисунок 3.10), которые считают проехавшие мимо них машины.

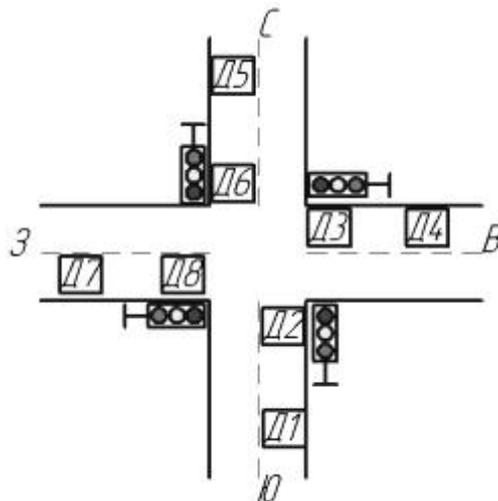


Рисунок 3.10 - Расположение датчиков на перекрестке Светофор использует разности показаний четырех пар датчиков: (Д1-Д2), (Д3-Д4), (Д5-Д6) и (Д7-Д8). Таким образом, если для улицы СЮ горит зеленый свет, машины проезжают перекресток и показания двух пар датчиков равны: $Д1=Д2$, $Д5=Д6$, а, следовательно, их разность равна нулю. В это же время на улице ЗВ перед светофором останавливаются машины, которые успели проехать только Д4 и Д7. В результате можно рассчитать суммарное количество автомобилей на этой улице следующим образом: $(Д4-Д3)+(Д7-Д8)=(Д4-0)+(Д7-0)=Д4+Д7$.

Поскольку работа светофора зависит от числа машин на обеих улицах и текущего времени зеленого света, для нашей системы предлагается использовать 3 входа:

- число машин на улице СЮ по окончании очередного цикла (интенсивность СЮ);
- число машин на улице ЗВ по окончании цикла (интенсивность ЗВ);
- время зеленого света нечеткого светофора, сек. (фаза светофора).

Шаг 1. Для загрузки основного fis-редактора напечатаем слова fuzzy в командной строке MATLAB. После этого откроется нового графическое окно, показанное на рисунке 3.11.

Шаг 2. Добавим вторую и третью входную переменную. Для этого в меню Edit выбираем команду Add input.

Шаг 3. Переименуем первую входную переменную. Для этого сделаем один щелчок левой кнопкой мыши на блоке input1, введем новое обозначение **фаза-**

светофора в поле редактирования имени текущей переменной и нажмем Enter>.

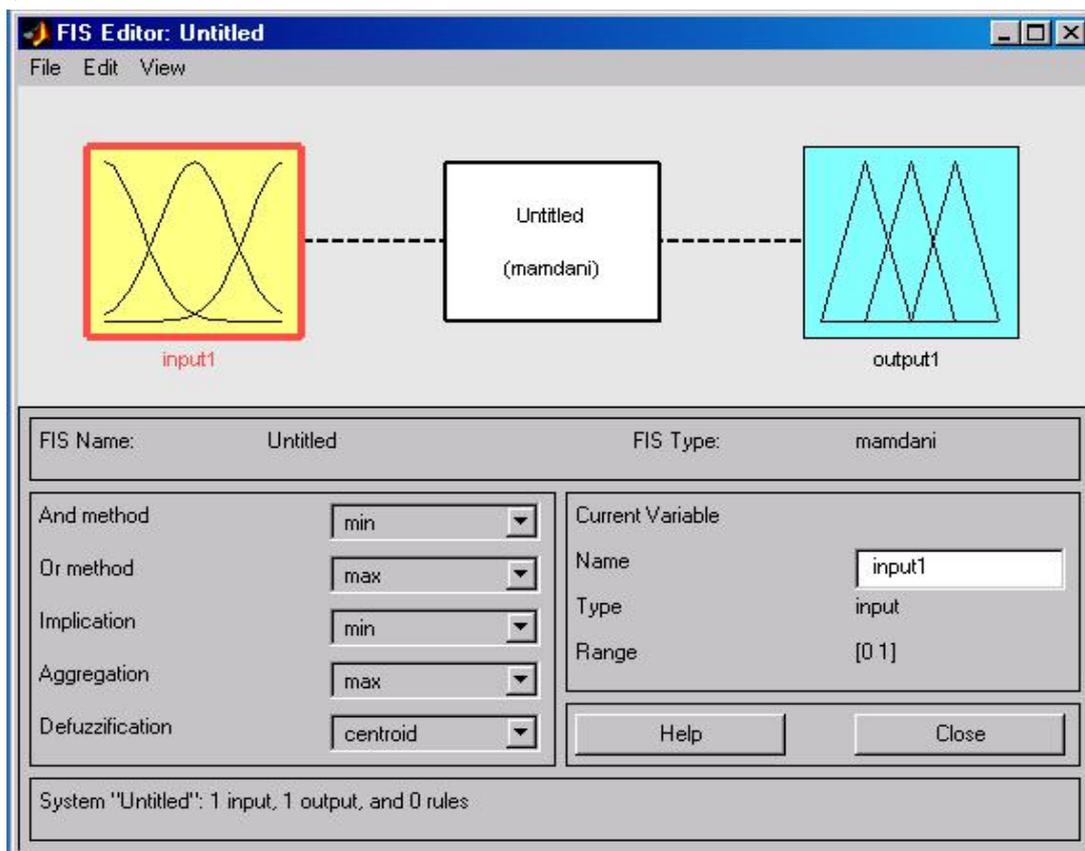


Рисунок 3.11 - Окно редактора FIS-Editor

Шаг 4. Переименуем остальные входные переменные. Для этого сделаем один щелчок левой кнопкой мыши на блоке input2, введем новое обозначение **интенсивностьСЮ** в поле редактирования имени текущей переменной и нажмем <Enter>. Аналогично переименовываем третью переменную.

Шаг 5. Переименуем выходную переменную. Для этого сделаем один щелчок левой кнопкой мыши на блоке output1, введем новое обозначение **изменить-фазу** в поле редактирования имени текущей переменной и нажмем <Enter>.

Шаг 6. Зададим имя системы. Для этого в меню File выбираем в подменю Export команду To disk и вводим имя файла, например, svetofor.

Шаг 7. Перейдем в редактор функций принадлежности. Для этого сделаем двойной щелчок левой кнопкой мыши на блоке **фаза-светофора**.

Шаг 8. Зададим диапазон изменения переменной **фаза-светофора**. Для этого напечатаем 0 50 в поле Range (рисунок 3.12) и нажмем <Enter>.

Шаг 9. Зададим функции принадлежности переменной **фаза-светофора**. Для лингвистической оценки этой переменной будем использовать 3 термина с трапецидальными функциями принадлежности. Для этого в меню Edit выберем команду Add MFs... В результате появится диалоговое окно выбора типа и количества функций принадлежности. По умолчанию, это 3 термина с треугольными функциями принадлежности. Поэтому просто нажимаем <Enter>.

Шаг 10. Зададим наименования термов переменной **фаза-светофора**. Для этого делаем один щелчок левой кнопкой мыши по графику первой функции принадлежности (рисунок 3.12). Затем вводим наименование термина, например,

малое, в поле Name и нажмем <Enter>. Затем делаем один щелчок левой кнопкой мыши по графику второй функции принадлежности и вводим наименование термина, например, Среднее, в поле Name и нажмем <Enter>. Еще раз делаем один щелчок левой кнопкой мыши по графику третьей функции принадлежности и вводим наименование термина, например, Высокое, в поле Name и нажмем <Enter>. В результате получим графическое окно, изображенное на рисунке 3.12.

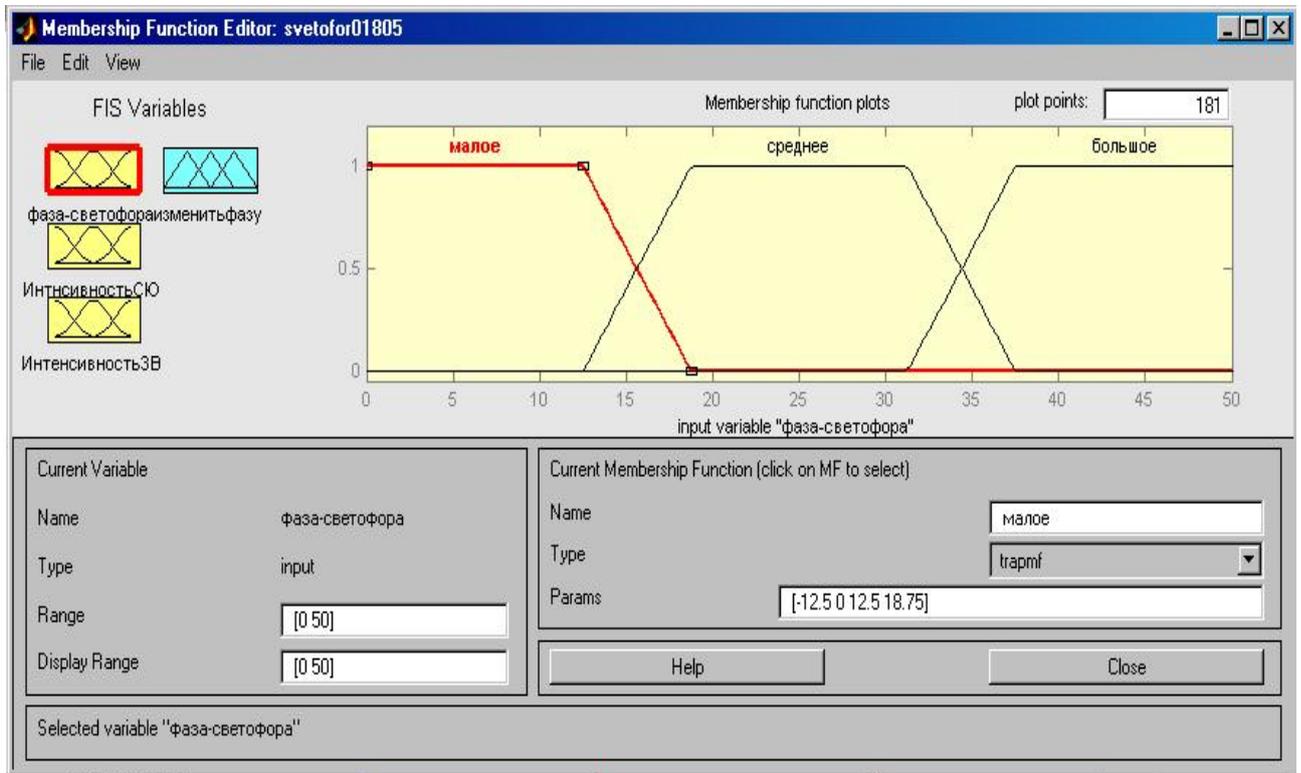


Рисунок 3.12 - Функция принадлежности фазы зеленого сигнала светофора *Шаг*

11. Зададим функции принадлежности переменной **интенсивность-СЮ**. Для лингвистической оценки этой переменной будем использовать 5 термов с трапециидальными функциями принадлежности. Для этого активизируем переменную **интенсивностьСЮ** с помощью щелчка левой кнопки мыши на блоке **интенсивностьСЮ**. Зададим диапазон изменения переменной **интенсивностьСЮ**. Для этого напечатаем 0 90 в поле Range (рисунок 3.13) и нажмем <Enter>. Затем в меню Edit выберем команду Add MFs... В появившемся диалоговом окне выбираем тип функции принадлежности trapmf в поле MF type и 5 термов в поле Number of MFs. После этого нажимаем <Enter>.

Шаг 12. По аналогии с шагом 10 зададим следующие наименования термов переменной **интенсивностьВЗ**: Очень малое, малое, среднее, большое, очень большое.

Шаг 13. Зададим функции принадлежности переменной **изменить-фазу**. Для лингвистической оценки этой переменной будем использовать 3 термина с гауссовкой функциями принадлежности. Для этого активизируем переменную **изменить-фазу** с помощью щелчка левой кнопки мыши на блоке **изменить-фазу**. Зададим диапазон изменения переменной **изменить-фазу**. Для этого напечатаем -20 20 в поле Range (см. рисунке 3.14) и нажмем <Enter>. Затем в меню Edit выберем команду Add MFs... В появившемся диалоговом окне выбираем 3 термина в поле Number of MFs. После этого нажимаем <Enter>.

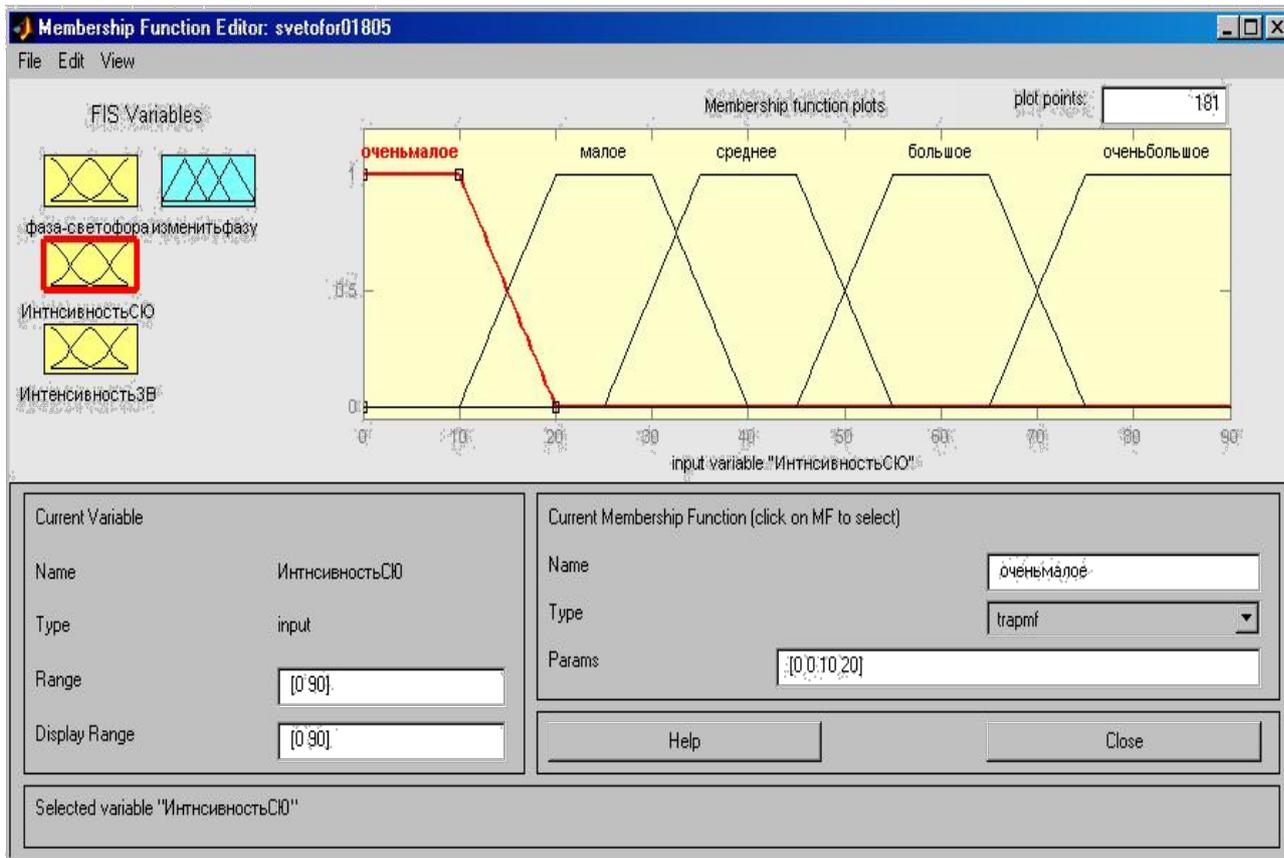


Рисунок 3.13 - Функция принадлежности интенсивности движения по направлению СЮ

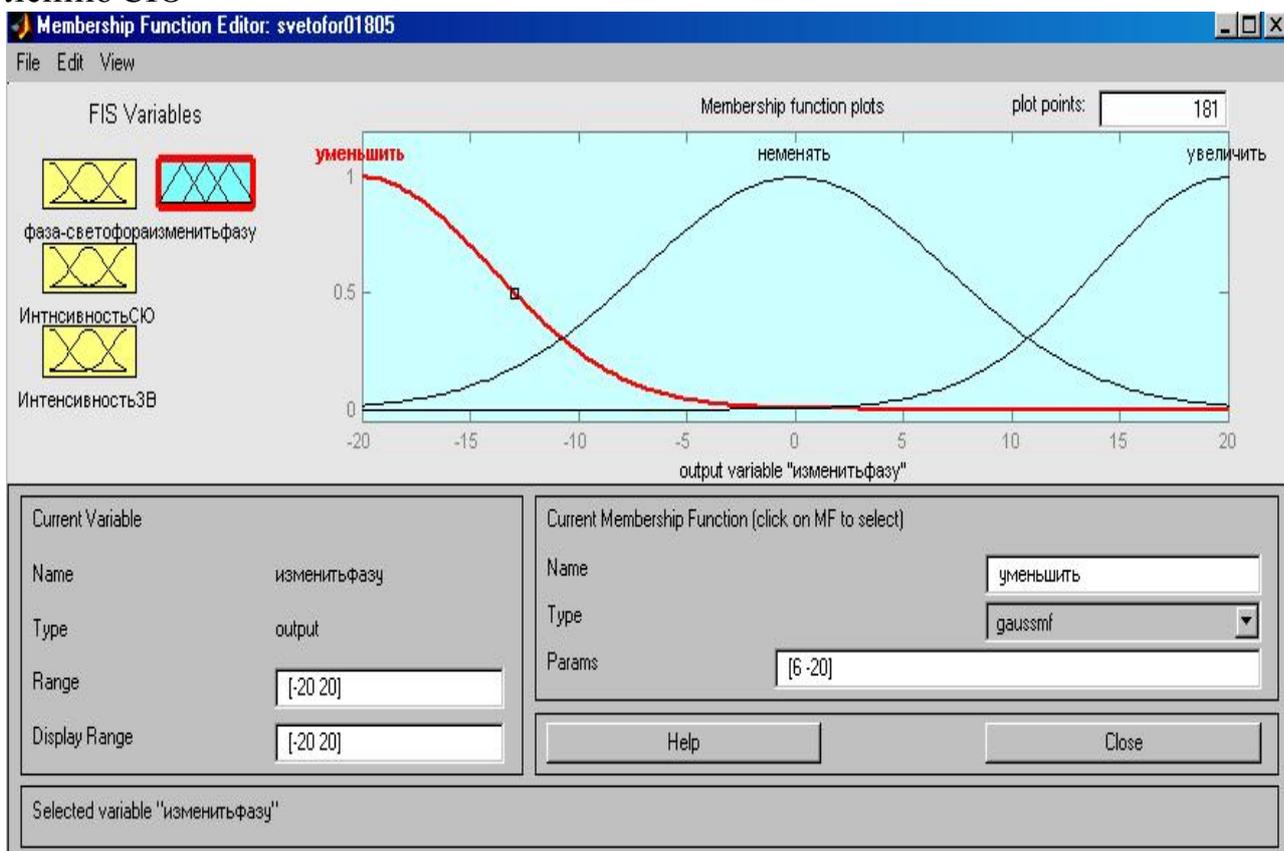


Рисунок 3.14 - Функция принадлежности выхода системы (изменение фазы зеленого сигнала светофора, сек.)

Шаг 14. По аналогии с шагом 10 зададим следующие наименования термов переменной у: уменьшить, не менять, Увеличить. В результате получим графическое окно, изображенное на рисунок 3. 14.

Шаг 15. Перейдем в редактор базы знаний RuleEditor. Для этого выберем в меню Edit, команду Edit rules....

Шаг 16. На основе теоретических и экспериментальных данных о работе светофорных объектов сформулируем правила работы системы:

Если время зеленого света на улице СЮ=большое, & число машин на улице СЮ=малое, & число машин на улице ЗВ=большое, То время зеленого света = уменьшить.

Аналогично формулируем остальные правила. Число правил должно быть достаточным для эффективной работы системы в заданных условиях. Для нашей задачи это количество составляет 50 правил рисунок 3. 15.

Для ввода правила необходимо выбрать в меню соответствующую комбинацию термов и нажать кнопку Add rule. На рис. 3. 15. изображено окно редактора базы знаний после ввода всех девяти правил. Число, приведенное в скобках в конце каждого правила представляет собой весовым коэффициент соответствующего правила.

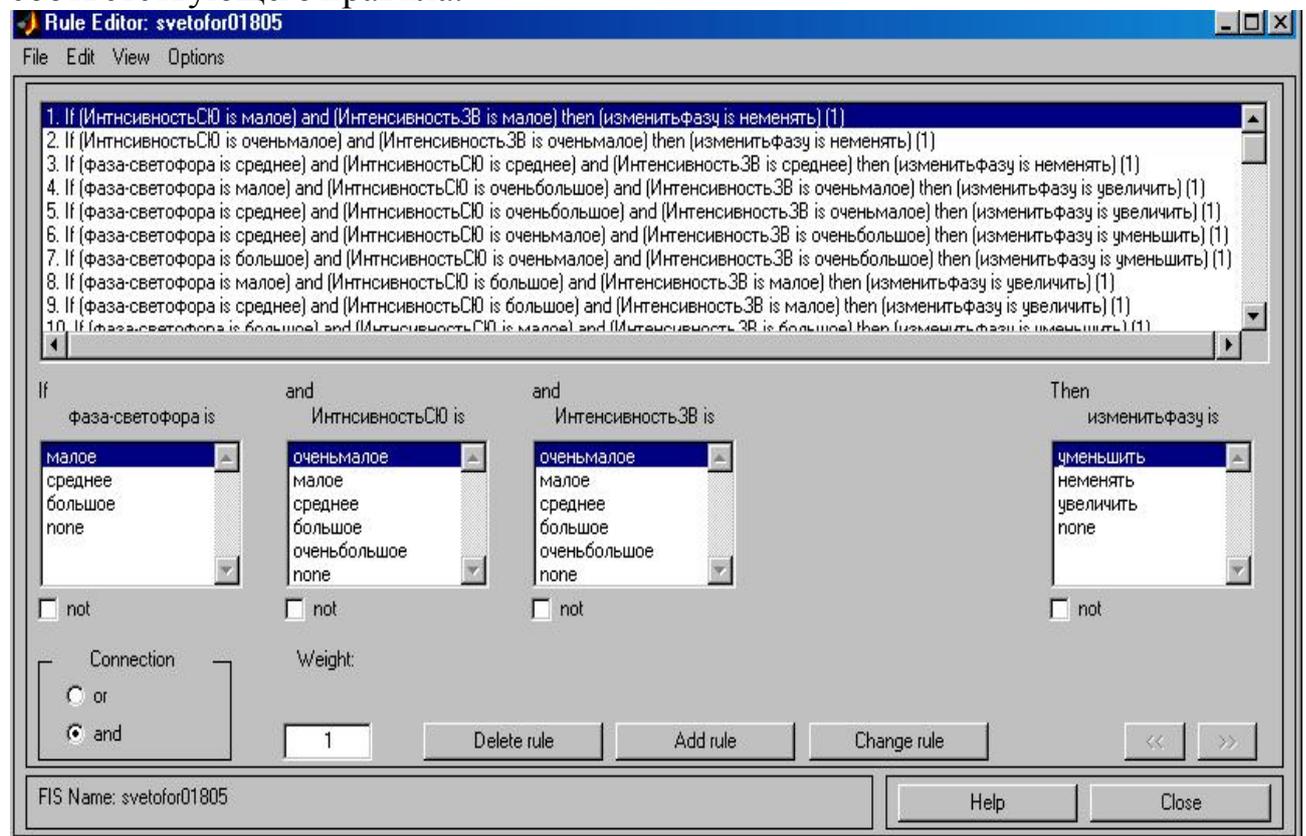


Рисунок 3. 15 – Редактор базы логических правил

Шаг 17. Сохраним созданную систему. Для этого в меню File выбираем в подменю Export команду To disk.

На рисунке 3. 16 приведено окно визуализации нечеткого логического вывода. Это окно активизируется командой View rules... меню View. В поле Input указываются значения входных переменных, для которых выполняется логический вывод.

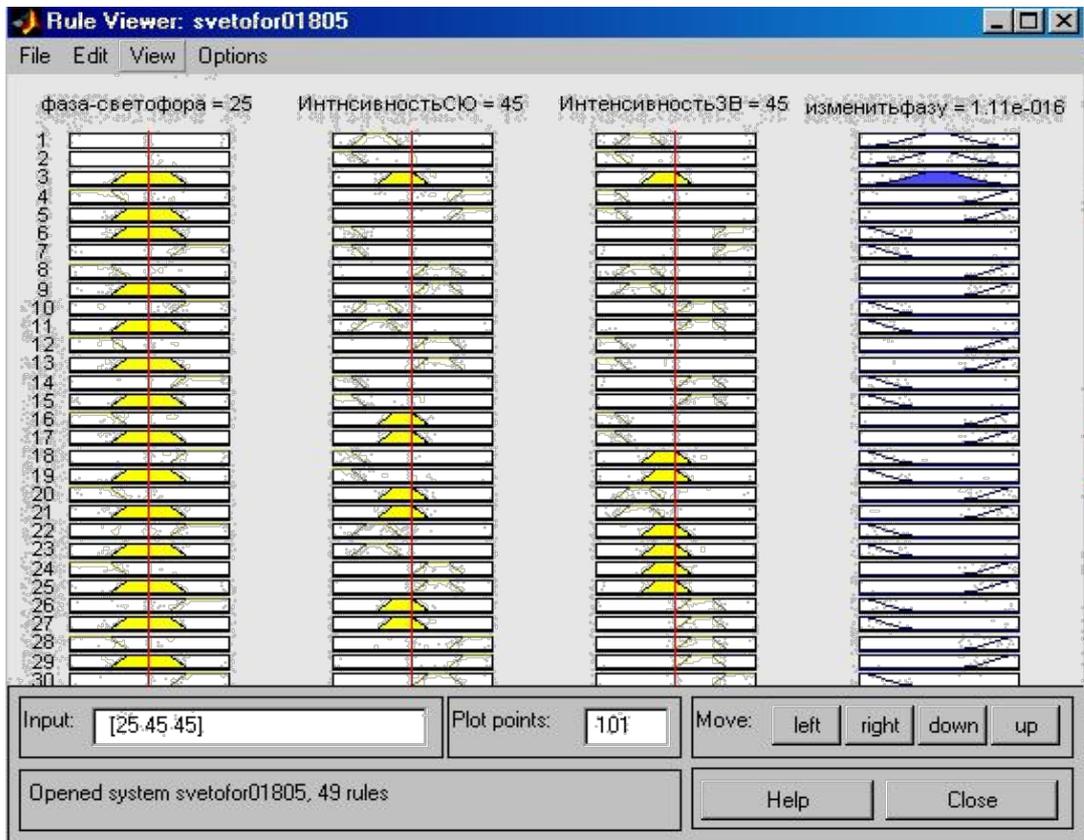


Рисунок 3.16 – Просмотр логических правил в браузере FIS редакторе

На рисунке 3.17 приведена поверхность “входы-выход”, соответствующая синтезированной нечеткой системе. Для вывода этого окна необходимо использовать команду View surface... меню View.

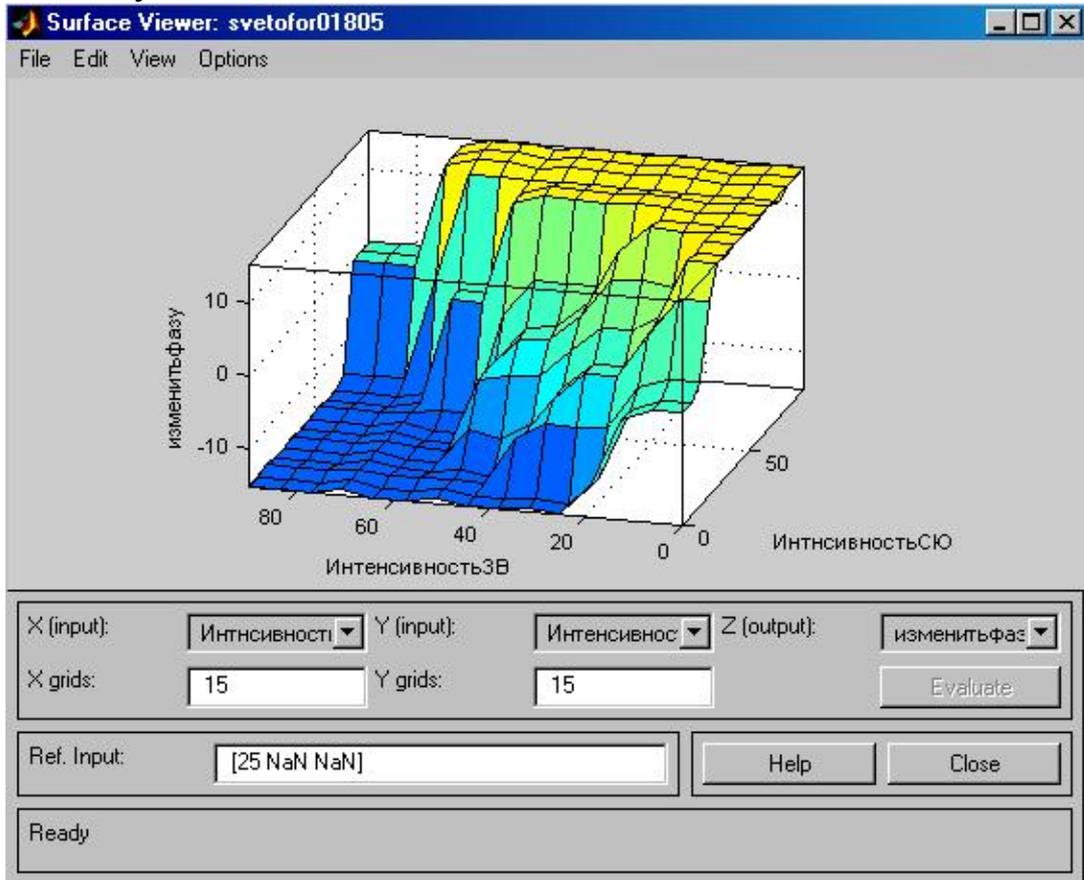


Рисунок 3.17 – Характеристика нечеткого регулятора по параметрам интенсив-ность движения по направлениям СЮ - ВЗ

4.2 Ознакомление с приложениями MATLABa построенных на пакете расширений Neural Networks Toolbox

Ознакомьтесь с демонстрационными примерами использования пакета Neural Networks Toolbox. В окне Редактор(Editor) выберите в списке демонстрации, затем инструменты (instrument), далее Neural Networks Toolbox.

4.3 Построение нейросетевого аппроксиматора

1 Создайте новый m-файл, через меню файл(File). Введите код нейросети по аппроксимации функции:

```
%определение функций
time = 1:0.01:2.5;
X = sin(sin(time).*time*10);
P = con2seq(X);
T = con2seq(2*[0 X(1:(end-1))] + X);
%графическое представление исходных
сигналов plot(time,cat(2,P{:}),time,cat(2,T{:}),'-');
title('Input and Target Signals');
xlabel('Time');
legend({'Input','Target'});
%создание нейросети
net = newlin([-3 3],1,[0 1],0.1);
%обучение сети и вывод результата
[net, Y,E,Pf]=adapt(net,P,T);
plot(time,cat(2,Y{:}),'b', ...
      time,cat(2,T{:}),'r', ...
      time,cat(2,E{:}),'g',[1 2.5],[00],'k');
legend({'Output','Target','Error'});
%обучение сети и вывод результата
[net, Y,E,Pf]=adapt(net,P,T);
plot(time,cat(2,Y{:}),'b', ...
      time,cat(2,T{:}),'r', ...
      time,cat(2,E{:}),'g',[1 2.5],[00],'k');
legend({'Output','Target','Error'});
```

2 Сохраните файл-сценарий с именем на test_NN1. Запустите на выполнение данный файл.

Контрольные вопросы

- 1 Структура интерфейса пакета Fuzzy Logic Toolbox.
- 2 Принципы построения систем моделирования и экспертных систем на основе нечеткой логики в пакете Fuzzy Logic Toolbox.
- 3 Этапы построения нечетких регуляторов.
- 4 Принципы построения базы правил нечетких систем.
- 5 Принципы построения систем на базе нейросетей.
- 6 Структура, виды нейросетей, сферы назначения.
- 7 Порядок построения нейросетевого аппроксиматора.

Лабораторная работа №4

Проектирование систем управления на основе гибридных нейро-нечетких систем в среде MATLAB

Цель работы – познакомиться с пакетами расширений Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System ANFIS (адаптивная нейро-нечеткая система) среды MATLAB; получить навыки построения систем прогнозирования на основе нейро-нечетких систем.

1 Материальное обеспечение лабораторной работы

1.1 ПЭВМ.

1.2 Программа MATLAB.

2 Содержание лабораторной работы

2.1 Освоение интерфейса пакета расширений ANFIS, определение возможностей и ограничений.

2.2 Ознакомление с приложениями MATLAB, построенными в пакете расширений ANFIS.

2.3 Создание системы прогнозирования на основе ANFIS.

3 Общие положения

Основным компонентом рассмотренных ранее средств системы MATLAB в рамках пакета Fuzzy Logic Toolbox является нечеткая база (знаний) правил, которая занимает центральное место в процедурах нечеткого вывода. В то же время существуют целые классы прикладных задач, в которых выявление и построение правил невозможно или связано с серьезными трудностями концептуального характера. К таким задачам относятся задачи распознавания образов, экстраполяции и интерполяции функциональных зависимостей, классификации и прогнозирования, нелинейного и ситуационного управления, а также интеллектуального анализа данных (Data Mining).

Общей особенностью подобных задач является существование некоторой зависимости или отношения, связывающего входные и выходные переменные модели системы, представляемой в форме так называемого "черного ящика". При этом выявление и определение данной зависимости в явном теоретико-множественном или аналитическом виде не представляется возможным либо по причине недостатка информации о моделируемой проблемной области, либо сложности учета многообразия факторов, оказывающих влияние на характер данной взаимосвязи.

Для конструктивного решения подобных задач разработан специальный математический аппарат, получивший название нейронных сетей. Достоинством моделей, построенных на основе нейронных сетей, является возможность получения новой информации о проблемной области в форме некоторого прогноза. При этом построение и настройка нейронных сетей осуществляется посредством их обучения на основе имеющейся и доступной информации.

Недостатком нейронных сетей является представление знаний о проблемной области в специальном виде, которое может существенно отличаться

от возможной содержательной интерпретации существующих взаимосвязей и отношений.

Нечеткие нейронные сети или гибридные сети по замыслу их разработчиков призваны объединить в себе достоинства нейронных сетей и систем нечеткого вывода. С одной стороны, они позволяют разрабатывать и представлять модели систем в форме правил нечетких продукций, которые обладают наглядностью и простотой содержательной интерпретации. С другой стороны, для построения правил нечетких продукций используются методы нейронных сетей, что является более удобным и менее трудоемким процессом для системных аналитиков. В последнее время аппарат гибридных сетей повсеместно признается специалистами как один из наиболее перспективных для решения слабо или плохо структурированных задач прикладного системного анализа.

Система MATLAB имеет в своем составе ANFIS-редактор. ANFIS является аббревиатурой Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System – (адаптивная нейро-нечеткая система). ANFIS-редактор позволяет автоматически синтезировать из экспериментальных данных нейро-нечеткие сети. Нейро-нечеткую сеть можно рассматривать как одну из разновидностей систем нечеткого логического вывода типа Сугэно. При этом функции принадлежности синтезированных систем настроены (обучены) так, чтобы минимизировать отклонения между результатами нечеткого моделирования и экспериментальными данными. Применяя эту систему можно эффективно разрабатывать системы прогнозирования.

Внешний вид ANFIS-редактора представлен на рисунок 4.1.

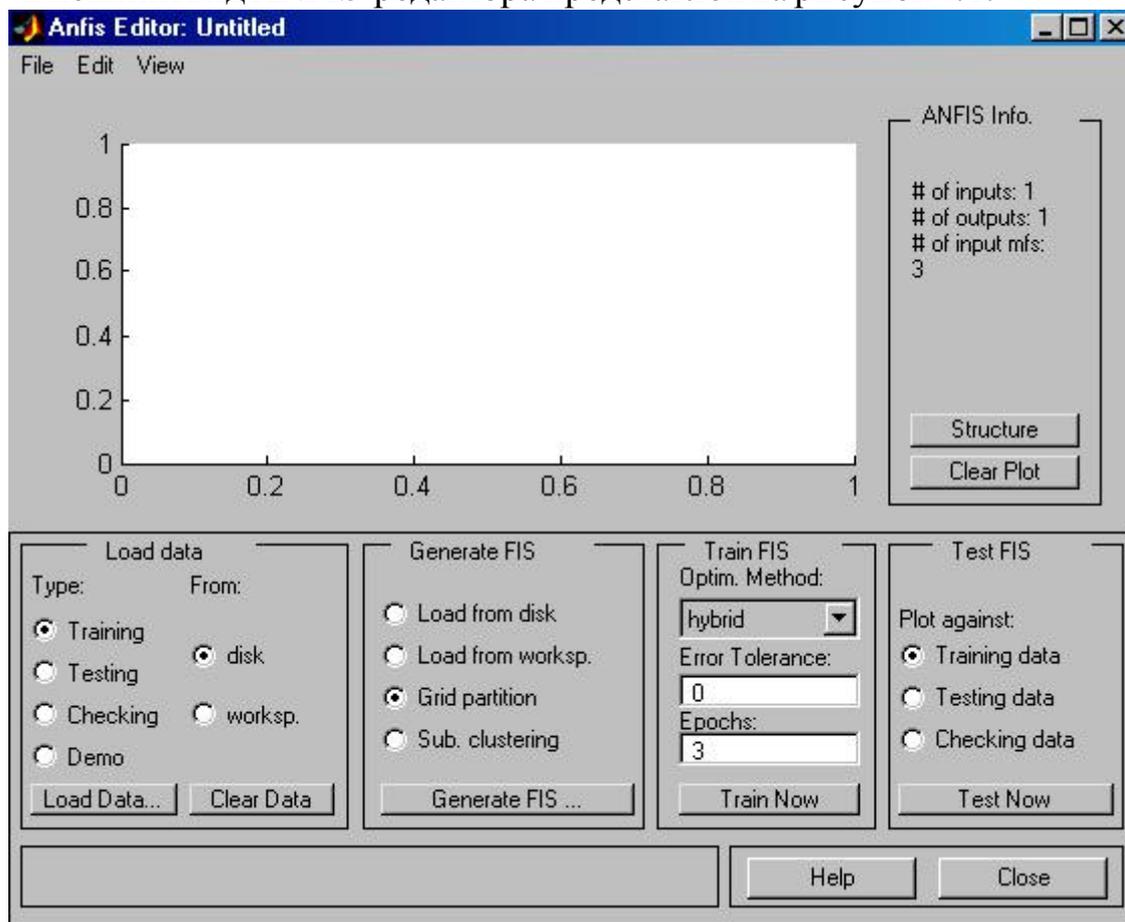


Рисунок 4.1 - ANFIS-редактор в среде MATLAB

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Освоение интерфейса ANFIS-редактора.

1 Запустить MATLAB.

2 Загрузить ANFIS-редактор с помощью команды **anfisedit**.

В результате выполнения этой команды появится графическое окно, изображенное на рисунке 4.1.

3 Изучить меню и области интерфейса редактора ANFIS.

4.2 Ознакомление с демонстрационными примерами MATLAB, построенными в пакете расширений Fuzzy Logic

1. Ознакомьтесь с демонстрационными примерами использования пакета **Fuzzy Logic**. В окне **Редактор (Editor)** выберите в списке **демонстрации**, затем **инструменты (instrument)**, далее **Fuzzy Logic**.

4.3 Проектирование с системы прогнозирования

1. Загрузить ANFIS-редактор с помощью команды **anfisedit**. Проектирование систем прогнозирования производится в несколько этапов:

- загрузка данных с диска (обучающая выборка);
- генерирование структуры нечеткой системы (FIS);
- обучение нейросети системы;
- тестирование и дообучение системы прогнозирования.

2 Загрузить обучающую выборку через область **загрузка данных (Load data)**, файл `anfisl.dat`.

3 Сохранить созданную систему. Для этого в меню File выбираем в подменю Export команду To disk.

4 Произвести генерирование нечеткой (FIS) системы через область **генерация нечеткой структуры (Generate FIS)**. Необходимо выбрать число термов входных переменных, их вид, а также тип выходной переменной.

5 Произвести обучение нейросети гибридной системы, при этом нужно выбрать метод обучения, ошибку обучения и количество эпох при обучении. Первые два параметра подбираются по результатам обучения сети, а количество эпох должно быть достаточными для обучения сети с заданными параметрами. Следует начинать с 50 эпох. В дальнейшем увеличивают количество эпох до величины, при которой ошибка обучения не изменяется.

6 Просмотреть построенную структуру системы, используя область **свойств системы (ANFIS info)**.

7. Изучить правила нечеткой системы прогнозирования и кривую прогноза через меню (**edit** и **view**).

8. Произвести анализ полученной системы и сделать выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Гибридные нейро-нечеткие системы, назначение, сферы применения.
- 2 Структура интерфейса Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, Fuzzy Logic Toolbox.
- 3 Принципы построения систем прогнозирования в пакете Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, Fuzzy Logic Toolbox.
- 4 Этапы построения гибридных систем и их тестирование.

Лабораторная работа №6. Часть 1 Построение линейной регрессионной модели

Для определения порядка модели (линейная модель или модель более высокого порядка), необходимо на первом этапе использовать исходную матрицу планирования (таблица 1)

Таблица 1 - Исходная матрица

N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Y _{оп}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y ₁
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y ₂
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y ₃
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y ₄
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y ₅
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y ₆
7	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y ₇
8	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y ₈
Σ	0y	1y	2y	3y	12y	13y	23y	123y	0y

Суммы 0y, 1y и другие получаются путем умножения вектора-столбца y_{оп} на каждый вектор-столбец X_i, X_{ij}, X_{ijk}.

Расчет коэффициентов линейной модели выполняется по общей формуле (1)

$$b_i = \frac{\sum iy}{N}, \quad (1)$$

где $\sum iy$ - сумма для каждого из взаимодействий таблицы 1;

N - количество опытов в исходной матрице планирования.

$$b_0 = \frac{0y}{N}; \quad b_1 = \frac{1y}{N}; \quad \dots \quad b_{123} = \frac{123y}{N}.$$

Для дальнейшего анализа модели необходимо определить критические значения коэффициентов модели по формуле (2)

$$b_{i\text{кр}} = t \cdot S_{\{b_i\}}, \quad (2)$$

где t - численное значение критерия Стьюдента, определяется по таблице (приложение 1)

для заданного уровня значимости α ($\alpha = 0,05$);

S₀ - среднеквадратическая ошибка эксперимента;

N - количество опытов в исходной матрице;

$$S_{\{b_i\}} = S_{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{N}} - \text{ошибка определения коэффициентов } b_i.$$

Коэффициент уравнения регрессии считается значимым, если выполняется условие

$$|b_i| \geq b_{i\text{кр}}.$$

Определение значимости коэффициентов модели сводится в таблицу 2.

Таблица 2 — Определение значимости коэффициентов b_i

Параметры	Коэффициенты							
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
b_i								
$b_{i\text{кр}}$								
Значимые b_i								

В результате получаем окончательный вид уравнения регрессии, включающего значимые коэффициенты:

$$y_{\text{теор}} = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3.$$

Для определения адекватности полученного уравнения находим дисперсию неадекватности ($S_{\text{на}}^2$) по формуле:

$$S_{\text{на}}^2 = \frac{\sum (y_{\text{оп}} - y_{\text{теор}})^2}{N - K},$$

где N - число опытов в матрице;

K - количество значимых коэффициентов;

$f_{\text{на}} = N - K$ - число степеней свободы при определении дисперсии неадекватности.

Расчет дисперсии неадекватности сводим в таблицу 3.

Модель считается адекватной, если выполняется условие:

$$F_{\text{оп}} \leq F_{\text{теор}}$$

где $F_{\text{оп}} = \frac{S_{\text{на}}^2}{S_{\sigma}^2}$ - опытное значение критерия Фишера;

$S_{\text{на}}^2$ - дисперсия неадекватности;

S_{σ}^2 - дисперсия эксперимента;

$F_{\text{теор}}$ - теоретическое значение критерия Фишера, определяется по статистическим таблицам (приложение Б).

Таблица 3 – Расчет дисперсии неадекватности

N	$y_{\text{оп}}$	$y_{\text{теор}}$	$(y_{\text{оп}} - y_{\text{теор}})^2$	% ошибки
1	y_1	y'_1	$(y_1 - y'_1)^2$	
2	y_2	y'_2	$(y_2 - y'_2)^2$	
3	y_3	y'_3	$(y_3 - y'_3)^2$	
4	y_4	y'_4	$(y_4 - y'_4)^2$	
5	y_5	y'_5	$(y_5 - y'_5)^2$	
6	y_6	y'_6	$(y_6 - y'_6)^2$	
7	y_7	y'_7	$(y_7 - y'_7)^2$	
8	y_8	y'_8	$(y_8 - y'_8)^2$	
Σ				

Процент ошибки вычисляется по формуле:

$$\frac{y_{\text{оп}} - y_{\text{теор}}}{y_{\text{оп}}} \cdot 100\%$$

Для определения $F_{\text{теор}}$ необходимо иметь три параметра:

- 1) $f_1 = N - K$ - число степеней свободы при определении дисперсии неадекватности;
- 2) $f_2 = n - 1 = f_3$ - число степеней свободы при определении дисперсии эксперимента S_3^2 ;

n - число опытов при определении дисперсии эксперимента.

- 3) $\alpha = 0,05$ - уровень значимости.

Если линейная модель неадекватна, т.е. $F_{\text{оп}} > F_{\text{теор}}$, необходимо ее достроить до квадратичной модели и продолжить анализ и интерпретацию полученных результатов.

Если модель адекватна, т.е. $F_{\text{оп}} \leq F_{\text{теор}}$, необходимо проанализировать % ошибки (см. табл. 3). В случае, если % хотя бы в одном из опытов превышает 5%, то использовать данную модель для дальнейшего анализа выходной функции и на практике нельзя. В этом случае так же необходимо произвести расчет модели в квадратичной области, либо уточнить исходные данные, путем повтора отдельных опытов.

Лабораторная работа №7 Часть 2 Построение квадратичной регрессионной модели

Предварительные расчеты необходимых сумм сводятся в таблицу 4.

Для расчета коэффициентов квадратичной модели в матрицу планирования добавлен блок из 6 опытов (№ 9-14), а также три новых взаимодействия при квадратах X_i^2 .

Таблица 4 - Расширенная матрица планирования

№	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	$Y_{оп}$
1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	Y_1
2	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	Y_2
3	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	Y_3
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y_4
5	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	Y_5
6	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	Y_6
7	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	Y_7
8	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	Y_8
9	+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	Y_9
10	+1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	Y_{10}
11	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	Y_{11}
12	+1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0	Y_{12}
13	+1	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	Y_{13}
14	+1	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0	Y_{14}
Σ	0y	1y	2y	3y	11y	22y	33y	12y	13y	23y	123y	0y

При расчете коэффициентов квадратичной модели используются дополнительные данные (T_i) из ковариационно-дисперсионной матрицы, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 - Значения вспомогательных коэффициентов T_i

К	T_i									
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
3	0,40625	-0,1563	0,1	0,5	-0,0937	0,125	0,63742		0,63742	0,35355
2	0,3461	-0,1923	0,1	0,5	-0,1154	0,125	0,62016	0,31623	0,62016	
1	0,25	-0,25	0,1	0,5	-0,15	0,125	0,59161		0,59161	

Примечание: К - число значимых в модели коэффициентов при квадратах.

Формулы для расчета значений коэффициентов и ошибок их определения:

Расчет свободного члена уравнения

$$b_0 = T_1 \cdot (0y) + T_2 \cdot \sum_{i=1}^k (iiy);$$

$$S_{\{b_0\}} = \sqrt{T_1} \cdot S_3,$$

где $\sum_{i=1}^k (iiy)$ - сумма значимых эффектов при квадратах;

$S_{\{b_0\}}$ - ошибка определения коэффициента.

Расчет коэффициентов при линейных взаимодействиях

$$b_i = T_3 \cdot (iy);$$

$$S_{\{b_i\}} = \sqrt{T_3} \cdot S_3.$$

Расчет коэффициентов при смешанных взаимодействиях

$$b_{ij} = b_{ijk} = T_6 (ijy);$$

$$S_{\{ij\}} = S_{\{ijk\}} = T_{10} \cdot S_3.$$

Расчет коэффициентов при квадратах

$$b_{ii} = T_4 \cdot (iiy) + T_5 \cdot \sum_{i=1}^k (iiy) + T_2 \cdot (0y);$$

$$S_{\{b_{ii}\}} = T_9 \cdot S_3.$$

Определение значений критических коэффициентов для всех типов взаимодействий проводится аналогично как для линейной модели (формула (2)), расчетные данные сводятся в таблицу 6.

Таблица 6 - Определение значимости коэффициентов квадратичной модели

Параметры	Коэффициенты										
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
Расчетные значения коэффициентов b_i	12,875	0,48	1,49	1,27	6,826	-1,424	-10,624	4,388	0,888	0,188	1,838
Критические значения коэффициентов b_i	2,45	1,218			2,45			1,36			
Значимые коэффициенты модели	12,875		1,49	1,27	6,826		-10,624	4,388			1,838

Повторный расчет коэффициентов b_0 и b_{ii} модели необходим в том случае, если хотя бы один коэффициент при квадратах оказался незначимым. Например, b_{22} оказался незначимым, тогда используя таблицу 5 для $K=2$ (два значимых квадрата), дополнительные коэффициенты T_i будут равны:

$$T_1 = 0,3461; \quad T_2 = -0,1923; \quad T_4 = 0,5;$$

$$T_5 = -0,1154; \quad T_9 = 0,6202.$$

Расчет нового значения b_0 , b_{11} и b_{33} , производим по формулам:

$$b_0 = 0,3461 \cdot (0y) - 0,1923 \cdot (11y + 33y);$$

$$b_{11} = 0,5 \cdot (11y) - 0,1154 \cdot (11y + 33y) - 0,1923 \cdot (0y);$$

$$b_{33} = 0,5 \cdot (33y) - 0,1154 \cdot (11y + 33y) - 0,1923(0y).$$

Изменяется так же критическое значение для b_{ii}

$$b_{ii}^{кр} = t \cdot S_{\{b_{ii}\}} = t \cdot T_9 \cdot S_9 = t \cdot 0,6202 \cdot S_9$$

После отсева незначимых коэффициентов из модели записывается окончательное уравнение регрессии, для которого надо провести проверку на адекватность.

$$y_{\text{теор}} = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{i=1}^3 b_{ii} x_i^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3.$$

Таблица 7 — Расчетные данные для определения адекватности квадратичной модели

№ опыта	$Y_{\text{оп}}$	$Y_{\text{теор}}$	$(Y_{\text{оп}} - Y_{\text{теор}})^2$	% ошибки
1	2	3	4	5
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
Σ				

В графу 2 вписываются исходные данные. Данные графы 3 рассчитываются при подстановке кодированных значений x_1, x_2 и x_3 в окончательное уравнение регрессии $Y_{\text{теор}} = f(x_1, x_2, x_3)$.

Используя данные графы 4 рассчитываем дисперсию неадекватности

$$S_{\text{на}}^2 = \frac{\sum (Y_{\text{оп}} - Y_{\text{теор}})^2}{N - K},$$

затем опытные значения критерия Фишера

$$F_{\text{оп}} = \frac{S_{\text{на}}^2}{S_3^2}.$$

Табличное значение критерия Фишера находим из таблицы (см. приложение Б)

$$F_{\text{теор}}\{f_{\text{на}}, f_3, \alpha\},$$

где $f_{\text{на}} = f_1, f_3 = f_2, \alpha = 0,05$.

Проверяя условие $F_{\text{оп}} \leq F_{\text{теор}}$, определяем адекватна или неадекватна полученная квадратичная регрессионная модель.

Лабораторная работа №8 Часть 3 Анализ и интерпретация модели

3.1 Определение максимального и минимального значения исследуемой функции

Для поиска экстремальных x_i необходимо использовать таблицу в приложении В.

Алгоритм определения y_{\max} рассмотрим на следующем примере. Допустим, что в результате расчетов было получено квадратичное уравнение вида

$$y = 12,875 + 1,49x_2 + 1,27x_3 + 6,487x_1^2 - 10,962x_3^2 + 4,388x_1x_2 + 1,838x_1x_2x_3 \quad (3.1)$$

Распишем данное уравнение на систему квазиоднофакторных моделей

$$y = 12,875 + 6,487x_1^2 + 4,388x_1x_2 + 1,838x_1x_2x_3 + \quad (3.2)$$

$$+ 1,49x_2 + \quad (3.3)$$

$$+ 1,27x_3 - 10,962x_3^2. \quad (3.4)$$

Из системы квазиоднофакторных моделей (3.2, 3.3, 3.4) выбираются все модели, для которых $b_{ii} \geq 0$.

В нашем случае это модели (3.2) и (3.3). Для этих моделей экстремальное значение может достигаться только на границах эксперимента, т.е. $x_i = \pm 1$, однозначное значение x_i может быть получено, если выполняется условие

$$|b_i| \geq \sum |b_{ij}|. \quad (3.5)$$

При этом знак x_i определяет знак b_i .

Проверим условие (3.5) для модели (3.2)

$$|0| > (|4,388| + |1,838|),$$

условие не выполняется, следовательно возможны два конкурирующих решения $x_1 = +1$ и $x_1 = -1$.

Принимаем $x_1 = +1$, подставляем его в основное уравнение (3.1), приводим подобные и заново расписываем в виде системы моделей

$$y = 19,362 + 5,878x_2 + 1,838x_2x_3 \quad (3.6)$$

$$+ 1,27x_3 - 10,962x_3^2. \quad (3.7)$$

Для модели (3.6) $b_{22} = 0$, проверяем условие (3.5) $|5,878| > |1,838|$, условие выполнилось, следовательно, $x_2^{\text{ext}} = +1$, т.к. коэффициент (+5.878) при x_2 положительный.

$$\text{Приведем подобные } y = 25,24 + 3,108x_3 - 10,962x_3^2$$

Для моделей, где $b_{ii} < 0$ положение x_i^{ext} находится внутри области эксперимента $-1 \leq x_i \leq +1$, если выполняется условие

$$(|b_i| + \sum |b_{ij}|) \leq 2 \cdot |b_{ii}| \quad (3.8)$$

В нашем случае для модели (3.7) $b_{ii} < 0$,

$$(|3,108| + 0) < 2 \cdot |-10,962|.$$

Так как условие (3.8) выполнилось, x_3^{ext} определим по зависимости (3.9)

$$x_i^{ext} = -0,5 \cdot b_{ii}^{-1} (b_i + \sum b_{ij}) \quad (3.9)$$

$$x_3^{ext} = -0,5 \cdot \frac{1}{-10,962} (3,108 + 0) = 0,142.$$

В результате отработки одной ветви дерева поиска u_{max} получили один из альтернативных max.

$$u_{max} = 25,46 \text{ при } x_1 = +1, x_2 = +1, x_3 = 0,142.$$

Рассмотрим вторую ветвь дерева поиска:

принимаяем $x_1 = -1$

приведем подобные

$$y = 19,362 - 2,898x_2 - 1,838x_2x_3 \quad (3.10)$$

$$+ 1,27x_3 - 10,962x_3^2 \quad (3.11)$$

Для модели (3.10) $b_{22} = 0$, проверяем условие (3.5) $|-2,898| > |1,838|$, условие выполнилось, следовательно, $x_3^{ext} = -1$, т.к. коэффициент (-2,898) при x_2 отрицательный.

Приводим подобные:

$$y = 25,24 + 3,108x_3 - 10,962x_3^2$$

аналогично расчету приводимому в первой ветви $x_3^{ext} = 0,142$

$$u_{max} = 22,48 \text{ при } x_1 = -1, x_2 = -1, x_3 = 0,142.$$

Из двух альтернативных решений выбираем глобальный максимум исследуемой функции:

$$u_{max} = 25,46\{+1; +1; 0,142\}.$$

Для определения минимального значения смотри колонку $\min Y$ в приложении 3

3.2 Построение двумерных сечений поверхности отклика

Двумерные сечения поверхности отклика строятся для двух факторов $y = f(x_i, x_j)$, при этом остальные факторы необходимо зафиксировать на постоянном уровне. Значение этого уровня зависит от постановки задачи, условий анализа изучаемой функции и т.д. При принятых постоянных значениях остальных факторов, не участвующих в построении графика, их значения подставляются в полученное уравнение регрессии, уравнение сокращается на порядок $(n-1)$ и получается зависимость от двух анализируемых факторов x_i и x_j .

Для построения графика функции $y = f(x_i, x_j)$ необходимо иметь следующие параметры: u_{max}, u_{min} для преобразованных функций, шаг изменения

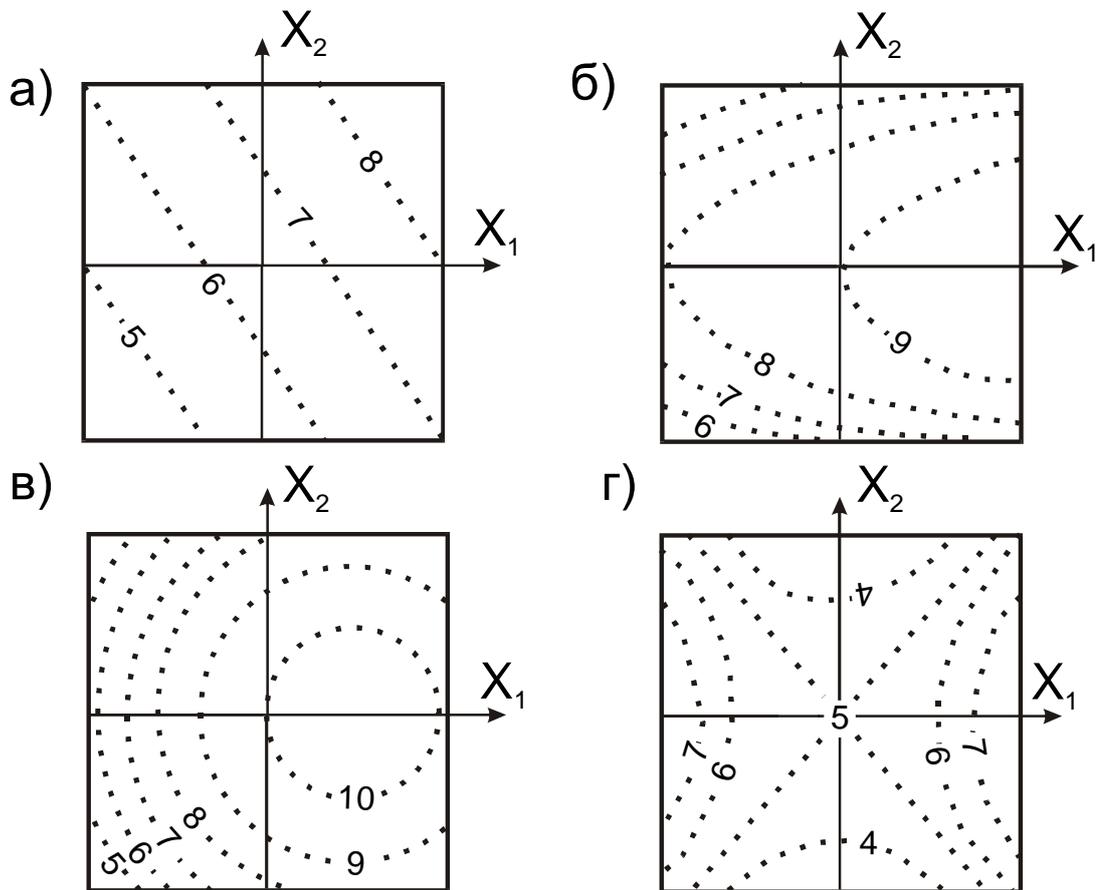
функции Δy , а также просчитанные значения функции в четырех краевых точках графика $y_1(++)$, $y_2(+-)$, $y_3(-+)$, $y_4(--)$. Значения функции в краевых точках позволяют определиться с диапазоном изменения функции для данного уравнения $y = f(x_i, x_j)$.

Шаг изменения функции при построении определяется из выражения

$$\Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{n - 1},$$

где n – количество сечений.

Двухфакторная модель второго порядка в зависимости от значений коэффициентов b_i , b_{ii} и b_{ij} может представлять собой одну из поверхностей второго порядка, представленных на рисунке 1.



- а - плоскость ($b_{11} = b_{22} = b_{12} = 0$);
- б - параболический цилиндр ($b_{11} = b_{12} = 0$);
- в - эллиптический параболоид ($b_{11} > 0, b_{22} > 0$);
- г - гиперболический параболоид ($b_{11} < 0, b_{22} < 0$).

Рисунок 1 - Примеры двумерных сечений поверхности отклика

На рисунке 2 приведен пример построения двумерного сечения поверхности отклика для

$$y = 14,365 + 1,27x_3 + 6,487x_1^2 - 10,962x_3^2 + 4,388x_1 + 1,838x_1x_3$$

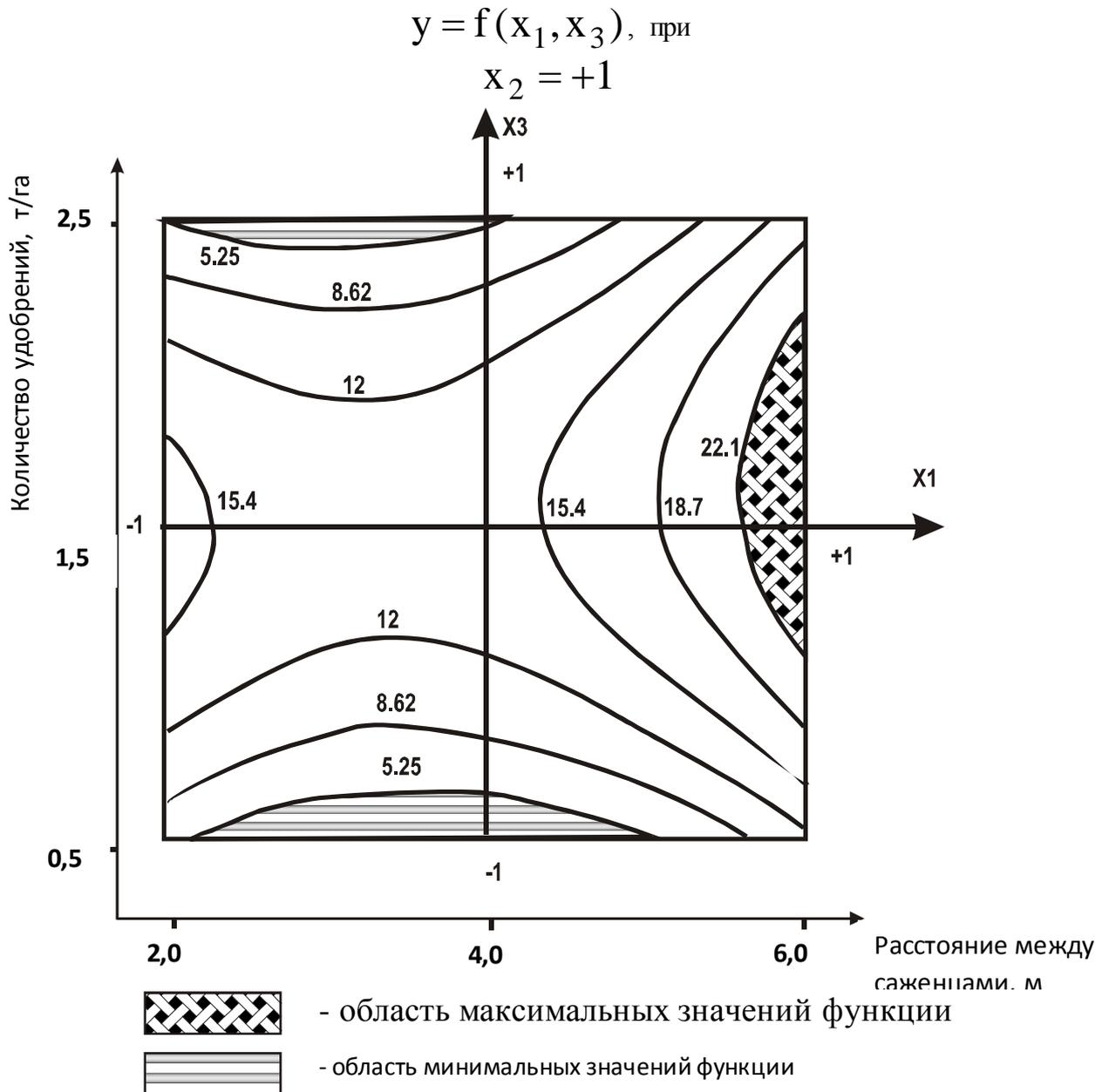


Рисунок 2 - Пример двумерного сечения поверхности отклика

Анализ двумерных сечений поверхностей отклика позволяет как качественно, так и количественно оценить поведение функции в пределах выбранного сечения факторного пространства. Для информативности помимо шкалы кодированных значений факторов, на рисунке 2 приведены диапазоны изменения факторов в натуральных единицах измерения. Это позволяет без перекодировки полученного уравнения регрессии, оперативно, без потери общности, проанализировать изучаемый процесс.

3.3 Анализ поведения функции в зоне максимума, минимума и в центре факторного пространства

Данный подход позволяет оценить степень влияния факторов на изучаемую функцию и провести их ранжирование в каждой из рассматриваемых зон.

Рассмотрим квадратичное уравнение

$$y = 12,875 + 1,49x_2 + 1,27x_3 + 6,487x_1^2 - 10,962x_3^2 + 4,388x_1x_2 + 1,838x_1x_2x_3.$$

Однофакторные модели $\tilde{y} = f_i\{x_i\}$ при различных уровнях стабилизации остальных факторов сводим в таблицу 8.

Таблица 8 - Однофакторные модели $\tilde{y} = f_i\{x_i\}$

$f_i\{x_i\}$	В зоне min $\tilde{y}_{\min} = \begin{cases} x_1 = 0,197 \\ x_2 = -1 \\ x_3 = -1 \end{cases}$	В зоне max $\tilde{y}_{\max} = \begin{cases} x_1 = +1 \\ x_2 = +1 \\ x_3 = 0,142 \end{cases}$	В центре факторного пространства $x_1 = 0; x_2 = 0; x_3 = 0$
x_1	$6,487x_1^2 - 2,55x_1 - 0,847$	$14,324 + 6,487x_1 + 4,649x_1$	$12,875 + 6,487x_1^2$
x_2	$0,895 + 1,992x_2$	$19,321 + 6,139x_2$	$12,875 + 1,49x_2$
x_3	$10,773 + 0,908x_3 - 10,962x_3^2$	$25,24 + 3,108x_3 - 10,962x_3^2$	$12,875 + 1,27x_3 - 10,962x_3^2$

Данные таблицы 8 являются основанием для настройки однофакторных зависимостей. График этих зависимостей в зоне max, min и в центре факторного пространства показаны на рисунке 3.

На графиках указаны числовые значения Δy (перепад значений) для всех трех зон.

Ранжирование в зоне минимума дает ряд

$$13,972 > 9,288 > 3,985,$$

т.е. $\Delta\tilde{y}_{\{x_3\}} > \Delta\tilde{y}_{\{x_1\}} > \Delta\tilde{y}_{\{x_2\}}$.

Ранжирование факторов в зоне максимума дает ряд

$$14,29 > 12,278 > 11,136,$$

т.е. $\Delta\tilde{y}_{\{x_3\}} > \Delta\tilde{y}_{\{x_2\}} > \Delta\tilde{y}_{\{x_1\}}$.

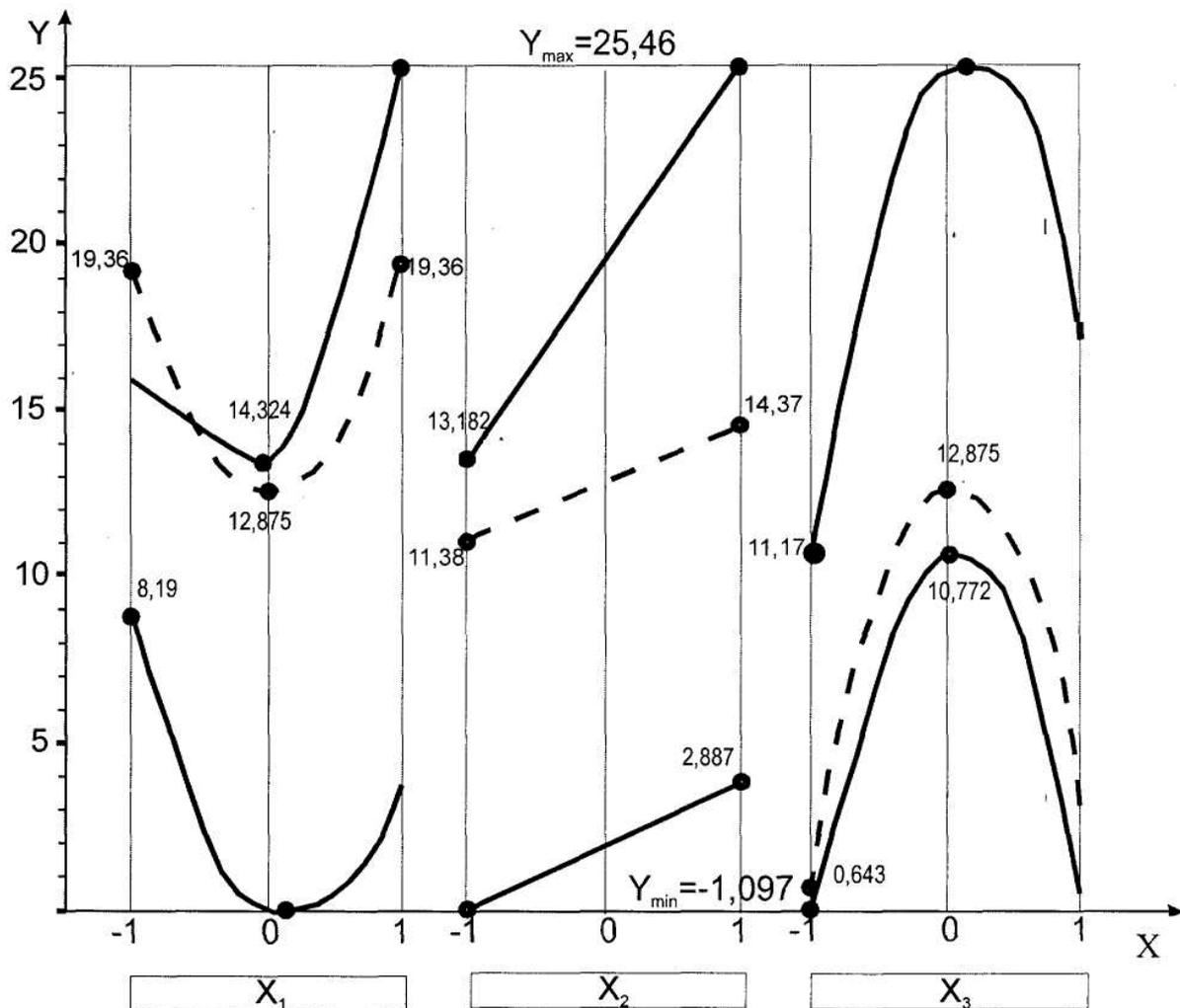


Рисунок 3 - Однофакторные зависимости

Ранжирование в центре факторного пространства дает ряд

$$12,232 > 6,487 > 2,98,$$

т.е.

$$\Delta \tilde{y}_{\{X_3\}} > \Delta \tilde{y}_{\{X_1\}} > \Delta \tilde{y}_{\{X_2\}}.$$

- в зоне минимума наиболее сильно влияет X_3 , существенно влияет X_1 , наименьшее влияние оказывает фактор X_2 ;
- в зоне максимума наиболее сильно влияет X_3 , существенно влияет X_2 , наименьшее влияние оказывает фактор X_1 ;
- в центре факторного пространства наиболее сильно влияет X_3 , существенно влияет X_1 , наименьшее влияние оказывает фактор X_2 ;

3.4 Оценка значимости коэффициентов модели при нарастающей степени риска

При данном анализе значимость коэффициентов регрессии проверяется многократно от $\alpha = 0,001$ до $\alpha = 0,2$ (таблица 9)

Таблица 9 - Критические значения коэффициентов модели (при $k = 3$)

α	0,001	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
t	31,599	14,089	9,925	6,965	4,303	2,92	1,886
$b_{i\text{кр}}$	8,942	3,987	2,809	1,97	1,218	0,826	0,533
$b_{ij\text{кр}}$	9,98	4,453	3,136	2,20	1,360	1,051	0,596
$b_{ii\text{кр}}$	18,005	8,027	5,655	3,966	2,450	1,663	1,075

$$b_{i\text{кк}} = t \cdot S_{\{b_i\}},$$

где t - численное значение критерия Стьюдента;

$S_{\{b_i\}}$ - среднеквадратическая ошибка в определении коэффициента регрессии.

Заполнение таблицы 9 осуществляется следующим образом:

- для каждого α из приложения 1 выписываются значения t;
- для каждой из групп взаимодействий определяется критическое значение ($b_{i\text{кр}}$, $b_{ij\text{кр}}$ и $b_{ii\text{кр}}$).

В таблицу 10 запишем все рассчитанные коэффициенты (в нашем примере это уравнение регрессии от 3-х факторов), определенные до исключения незначимых коэффициентов.

Таблица 10 - Начальные коэффициенты квадратичной модели

b_1	b_2	b_3	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
0,48	1,49	1,27	6,826	-1,424	-10,624	4,388	0,888	0,188	1,838

Используя таблицу 9 и таблицу 10 для каждого уровня значимости α строим графы связи (рисунок 4).

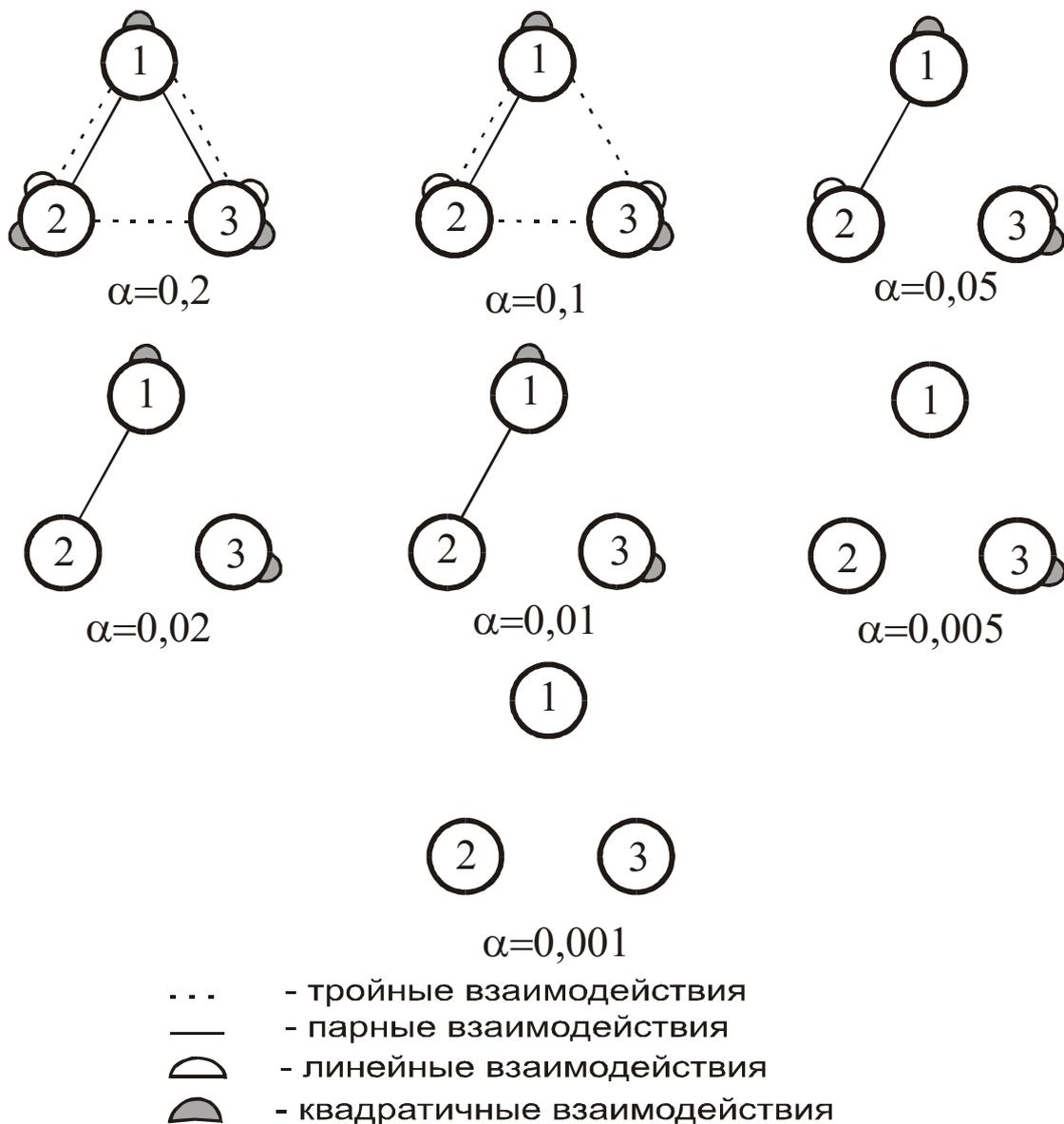


Рисунок 4 - Изменение графов связи между 3-мя факторами

Анализ графов связи показывает, что с уменьшением вероятности появления ошибки, для приведенной модели наиболее сильным взаимодействием является X_3^2 , которое имеет место при $\alpha = 0,005$, т.е. достаточно высокой статистической надежности (99,5 %).

Приложение А

Абсолютные значения t , вероятность превышения которых равна α (двусторонний уровень)

α f	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,001
1	0,325	0,727	1,000	1,376	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	127,32	636,62
2	0,289	0,617	0,816	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	14,089	31,599
3	0,277	0,584	0,765	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	7,453	12,924

4	0,271	0,569	0,741	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	5,598	8,610
5	0,267	0,559	0,727	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	4,773	6,869
6	0,265	0,553	0,718	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	4,717	5,959
7	0,263	0,549	0,711	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,029	5,408
8	0,262	0,546	0,706	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	3,833	5,041
9	0,261	0,543	0,703	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	3,690	4,781
10	0,260	0,542	0,700	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	3,581	4,587
11	0,260	0,540	0,697	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	3,500	4,437
12	0,259	0,539	0,695	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,428	4,318
13	0,259	0,538	0,694	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,372	4,221
14	0,258	0,537	0,692	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,326	4,140
15	0,258	0,536	0,691	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,286	4,073
16	0,258	0,535	0,690	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,252	4,015
17	0,257	0,534	0,689	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,222	3,965
18	0,257	0,534	0,688	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,197	3,922
19	0,257	0,533	0,688	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,174	3,883
20	0,257	0,533	0,687	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,153	3,850
21	0,257	0,532	0,686	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,135	3,819
22	0,256	0,532	0,686	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,119	3,792
23	0,256	0,532	0,685	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,104	3,767
24	0,256	0,531	0,685	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,090	3,745
25	0,256	0,531	0,684	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,078	3,725
26	0,256	0,531	0,684	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,067	3,707
27	0,256	0,531	0,684	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,056	3,690
28	0,256	0,530	0,683	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,047	3,674
29	0,256	0,530	0,683	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,080	3,659
30	0,256	0,530	0,683	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,030	3,646
60	0,254	0,527	0,679	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	2,915	3,460
∞	0,254	0,526	0,677	0,845	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	2,860	3,374
∞	0,253	0,524	0,674	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	2,807	3,291

Приложение Б

Значения F , вероятность превышения которых $\alpha = 0,05$
(число степеней свободы в числителе f_1)

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	10	20	50	100	∞
1	161	200	216	225	230	234	242	248	252	253	254

2	1851	1900	1916	1925	1930	1933	1940	1941	1947	1949	1950
3	1013	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,79	8,66	8,58	8,56	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	5,96	5,80	5,70	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,74	4,56	4,44	4,40	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,06	3,87	3,75	3,71	3,67
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,35	3,15	3,03	2,98	2,93
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	2,98	2,77	2,64	2,59	2,54
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,54	2,33	2,18	2,12	2,07
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,38	2,12	1,96	1,90	1,84
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,08	1,84	1,66	1,59	1,51
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	1,92	1,68	1,48	1,39	1,28
200	3,89	3,04	2,65	2,41	2,26	2,14	1,87	1,62	1,42	1,32	1,19
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	1,83	1,57	1,35	1,24	1,00

Приложение В

Поиск оптимальных X_i по К - факторной модели

Поиск решения для					Положение X_{iext}		
min Y		max Y		min Y max Y	$ b_i + \sum b_{ij} \leq 2 b_{ii} $	$ b_i + \sum b_{ij} > 2 b_{ii} $	
b_{ii}	b_i	b_{ii}	b_i	$\sum b_{ij} $		$ b_i - \sum b_{ij} \geq 2 b_{ii} $	$ b_i - \sum b_{ij} < 2 b_{ii} $
≤ 0	> 0		< 0	$ b_i \geq \sum b_{ij} $	a) -1		

		≥ 0		$ b_i < \sum b_{ij} $	б) -1 или +1		
	0	≥ 0	0	$b_{ij} = 0$	при $b_{ii} \neq 0$ -1 или +1; при $b_{ii} = 0$ любое		
			0	$ b_i < \sum b_{ij} $	в) -1 или +1		
	< 0	≥ 0	> 0	$ b_i \geq \sum b_{ij} $	г) +1		
			> 0	$ b_i < \sum b_{ij} $	д) -1 или +1		
> 0	> 0	< 0	< 0		е) X_{iext} находится в зоне эксперимента	-1	з) X_{iext} переходит через границы эксперимента
	0		0			-	
	< 0		> 0			ж) +1	

Лабораторная работа № 9. Построение функциональных схем автоматизации технологических процессов

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомление с графическими обозначениями на схемах АСУ ТП. Рассмотрение примеров построения функциональных схем автоматизации различных технологических объектов и аппаратов. Изучение построения функциональных схем автоматизации из элементов с использованием соответствующих буквенных обозначений.

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

В функциональной схеме построение приборов и средств автоматизации осуществляется в виде условных обозначений.

Буквенные обозначения измеряемых величин приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СХЕМАХ АСУ ТП

Обозначение	Наименование
1. Измеряемая величина	
D	Плотность
E	Любая электрическая величина
F	Расход
G	Размер, положение, перемещение
H	Ручное воздействие
K	Время, временная программа
L	Уровень
M	Влажность
P	Давление, вакуум
Q	Качество, состав, концентрация и т.п.
R	Радиоактивность
S	Скорость, частота
T	Температура
U	Несколько разнородных величин, измеряемых одним прибором
	Вязкость
V	Масса
W	Резервная буква разового применения
X	Фоточувствительный элемент
B	Пусковая аппаратура
N	
2. Функциональные признаки прибора	
E	Чувствительный элемент устройств выполняющих преобразование
	Дистанционная передача бесшкальных приборов
T	Преобразование, вычислительные функции для построения
Y	обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств
3. Функции, выполняемые прибором	
A	Сигнализация
C	Регулирование

I	Показание
R	Регистрация
S	Включение, отключение, управление
4. Уточнение значений измеряемой величины	
D	Разность, перепад
H	Верхний предел измеряемой величины
I	Автоматическое переключение, обегание
L	Нижний предел измеряемой величины
Q	Интегрирование, суммирование по времени
5. Дополнительные буквенные обозначения	
E	Электрический род энергии сигнала
P	Пневматический род энергии сигналов
G	Гидравлический род энергии сигналов
M	Электродвигатель

Функциональные схемы автоматизации технологических процессов выполняются на чертеже **формата А1** (840×594 мм).

Рамка чертежа схемы автоматизации оформляется в соответствии с рисунком 1.1.

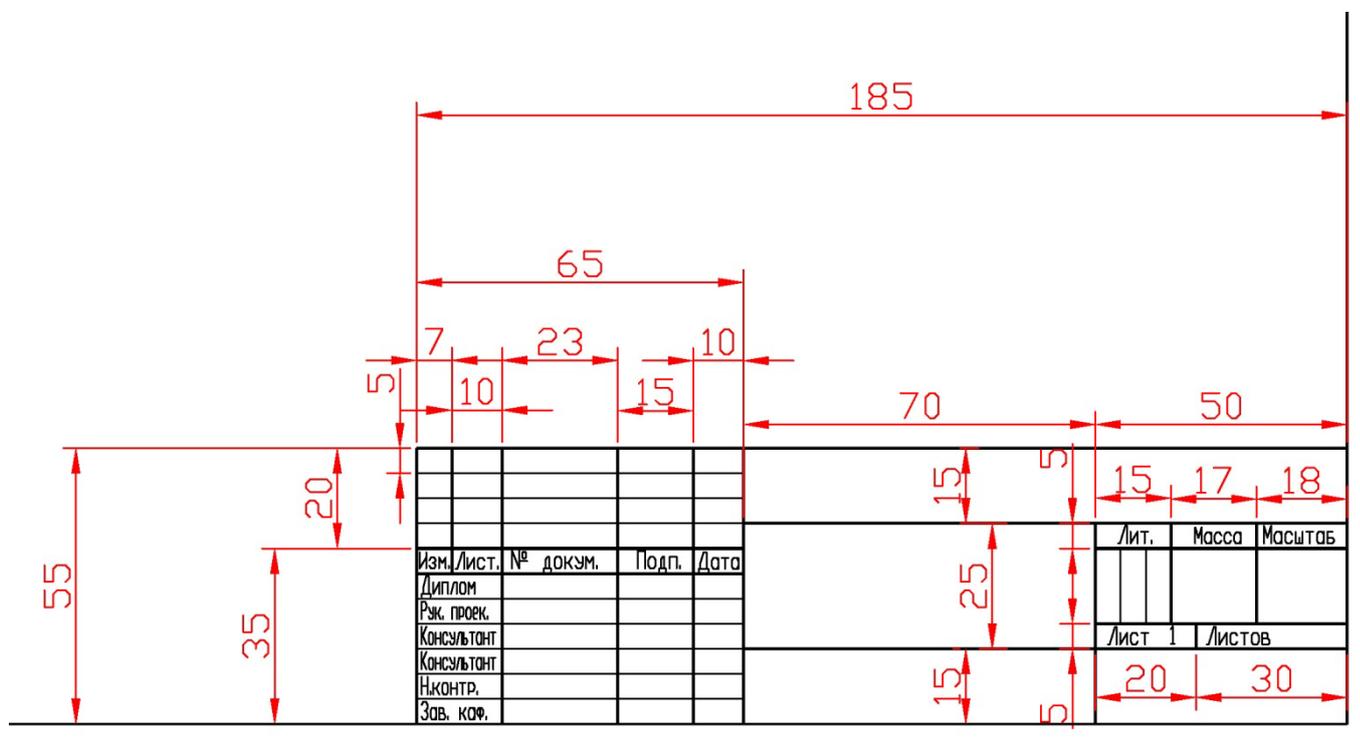


Рис. 1.1. Рамка чертежа функциональной схемы автоматизации формата А1.

На рисунке 1.2. приведен пример оформления верхнего левого угла рамки чертежа схемы автоматизации.

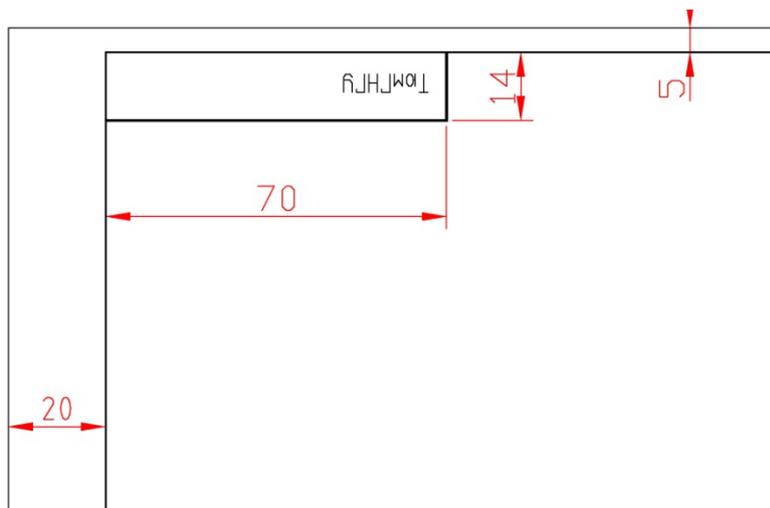


Рис. 1.2. Таблица чертежа функциональной схемы автоматизации формата А1.

Размеры средств автоматизации и таблицы функций АСУ ТП, а так же толщина различных функциональных линий представлены на рисунке 1.3.

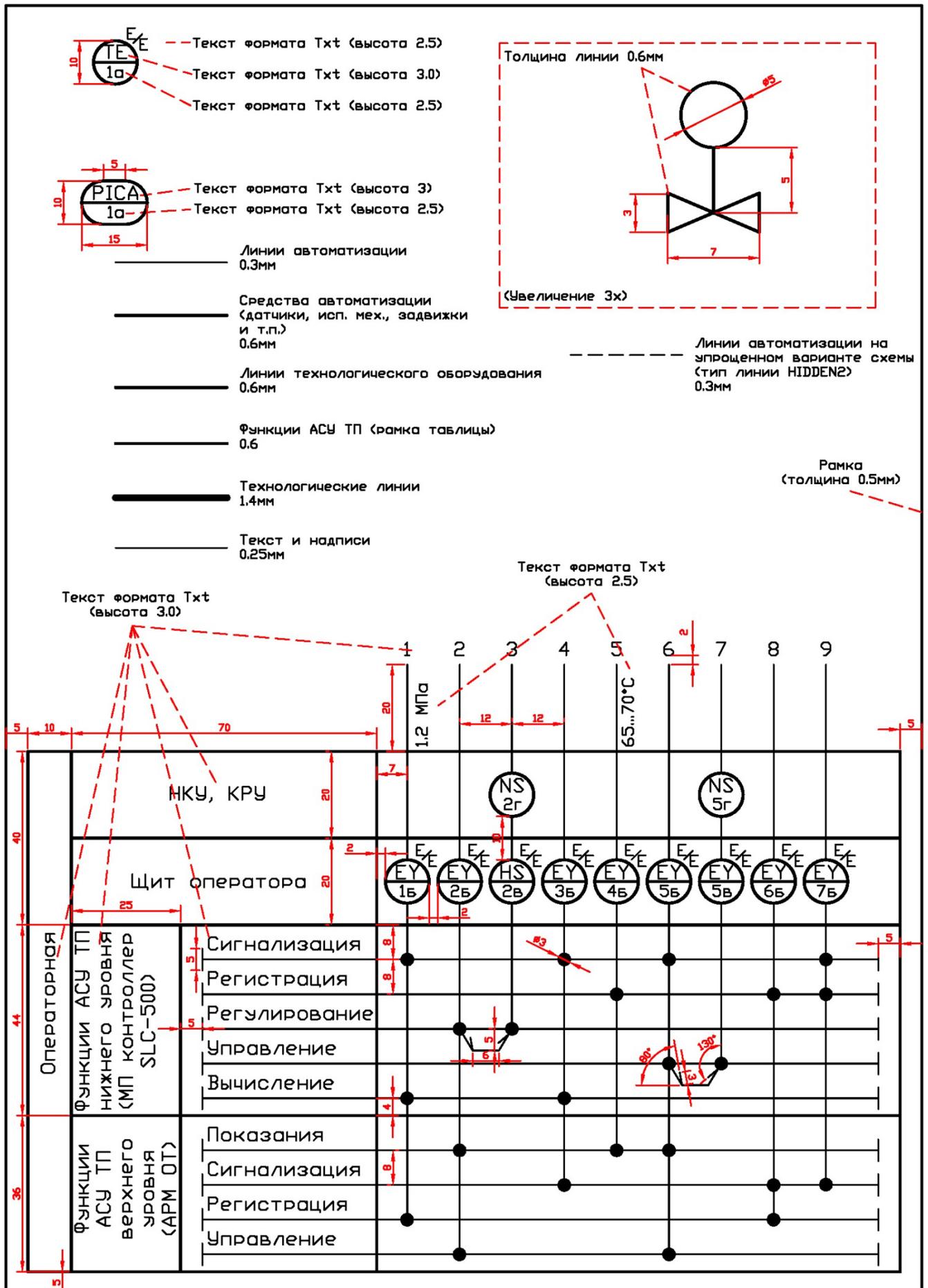
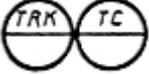
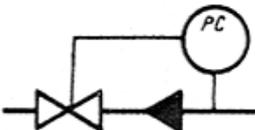


Рис.1.3. Размеры средств автоматизации на функциональных схемах АСУ ТП.

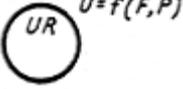
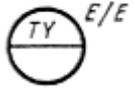
2. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

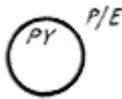
Таблица 2.1

	Обозначение	Наименование
1		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.
2		Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.
3		Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите. Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.
4		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.
5		Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.
6		Прибор для измерения температуры с автоматическим обеганием устройством, регистрирующий, установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т.п.
7		Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.)
8		Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту. Например: dilatометрический регулятор температуры
9		Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите.
10		Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле температурное

11		Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите
12		Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите
13		Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напорометр, вакуумметр и т.п.
14		Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий
15		Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей
16		Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления
17		Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления
18		Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.
19		Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия) "до себя".
20		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера и т.п.
21		Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), бесшкальный с пневмо- или электропередачей
22		Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов
23		Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), показывающий
24		Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту.

		Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегратором
25		Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту Например: показывающий дифманометр с интегратором
26		Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту. Например: счетчик-дозатор
27		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера
28		Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня
29		Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня
30		Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с электропередачей
31		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.
32		Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный показывающий прибор с сигнальным устройством. Буквы Н и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней
33		Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: датчик плотномер с пневмо- или электропередачей
34		Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту.
35		Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: Напряжение * Сила тока * Мощность *
36		Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите. Например: командный электропневматический

		прибор (КЭП), многоцепное реле времени
37		Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите. Например: вторичный прибор влагомера
38		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик рН-метра
39		Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту. Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах
40		Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе
41		Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту Например: прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций α - и β -лучей
42		Прибор для измерения скорости вращения, привода регистрирующий, установленный на щите. Например: вторичный прибор тахогенератора
43		Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту. Например: самопишущий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора
44		Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту. Например: вискозиметр показывающий
45		Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: устройство электронно-тензометрическое, сигнализирующее
46		Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный прибор запально-защитного устройства. Применение резервной буквы В должно быть оговорено на поле схемы
47		Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический.

		Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования т.э.д.с. термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока
48		Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной - электрический
49		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
50		Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите. Например: кнопка, ключ управления, задатчик
51		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.

3. ПРИМЕРЫ СИНТЕЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Процесс синтеза функциональных схем можно формализовать.

Предварительно, в зависимости от общей цели формулируется задача. Затем по приведенным выше рисункам выбираются обозначения технологического оборудования и приборов. При отсутствии готовых обозначений они синтезируются из элементов. В последующем формируется графически схема, реализующая поставленную задачу. Приведем несколько примеров построения функциональных схем автоматизации.

Пример 1. На участке трубопровода, по которому протекает продукт, необходимо установить показывающие манометр и термометр. Функциональная схема реализована на рисунке 3.1.

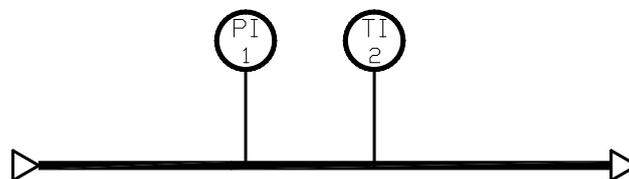


Рис. 3.1. Функциональная схема автоматизации (Пример 1).

Пример 2. На участке трубопровода необходимо регулировать давление продукта с регистрацией параметров, а также осуществлять дистанционный контроль расхода продукта с

интегрированием по времени (счётчик количества). Функциональная схема реализована на рисунке 3.2. (а – развернутый вариант; б – сокращенный вариант).

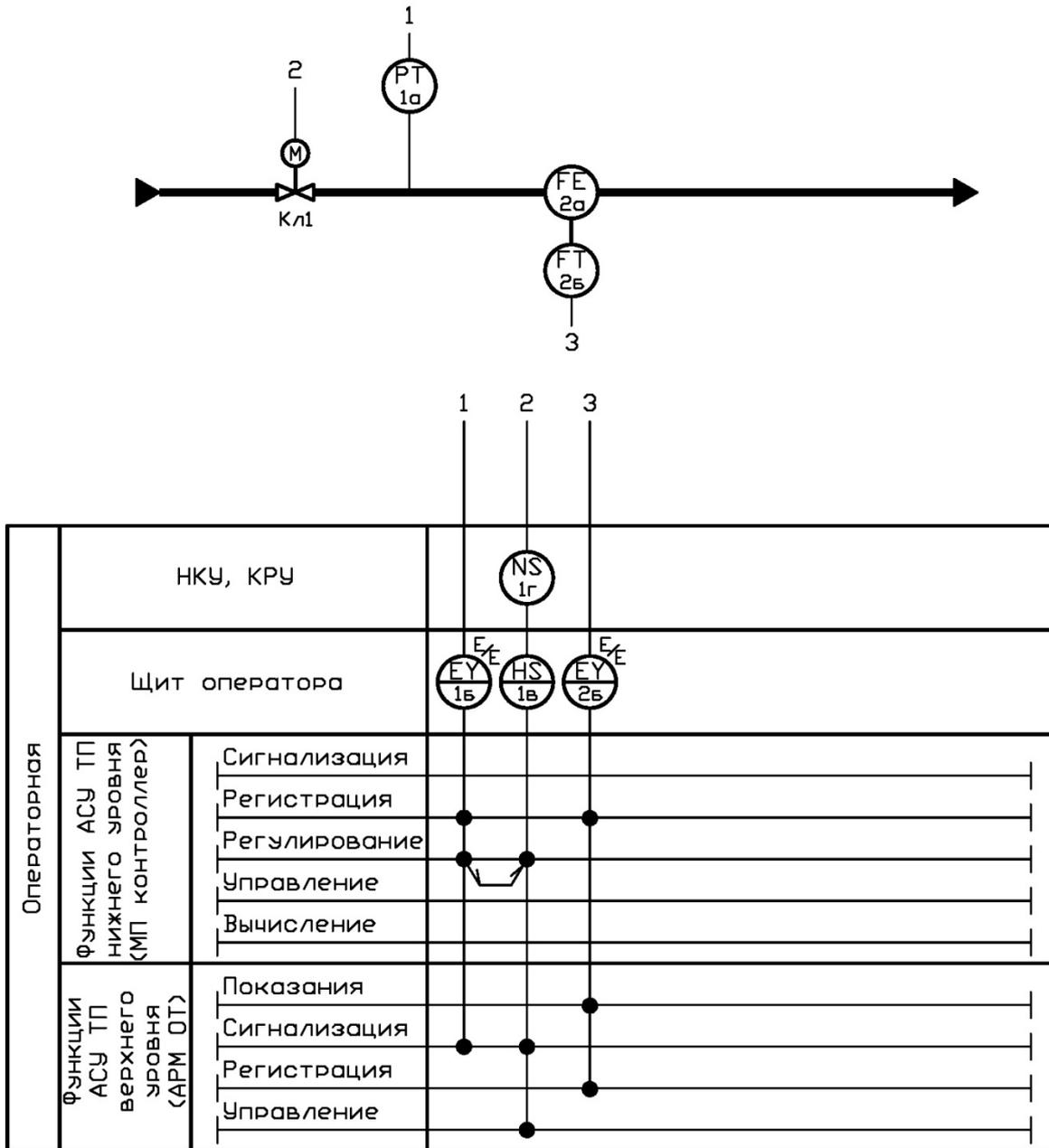


Рис. 3.2а. Развернутая функциональная схема автоматизации (Пример 2).

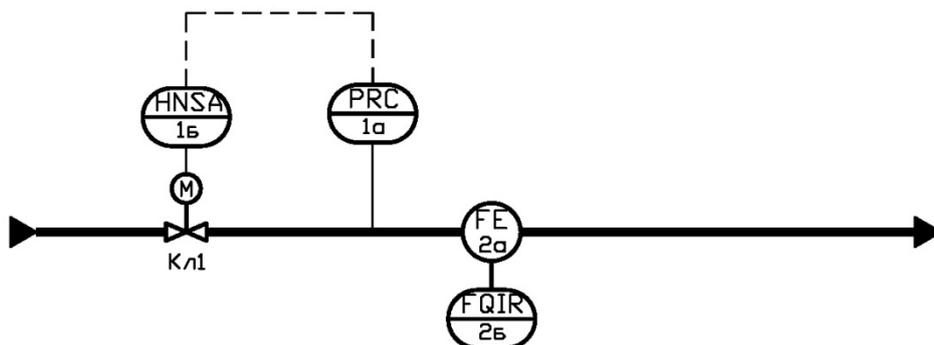


Рис. 3.2б. Сокращенная функциональная схема автоматизации (Пример 2).

Пример 3. В резервуаре дожимной насосной станции необходимо контролировать значение уровня воды (с функцией сигнализации), а так же регулировать уровень масляной пленки. Необходимо так же контролировать значения давления и температуры воды в резервуаре с помощью манометра и термометра.

Функциональная схема автоматизации вертикального стального резервуара дожимной насосной станции (ДНС-32) (в развернутом и сокращенном вариантах) представлена на рисунке 3.3.

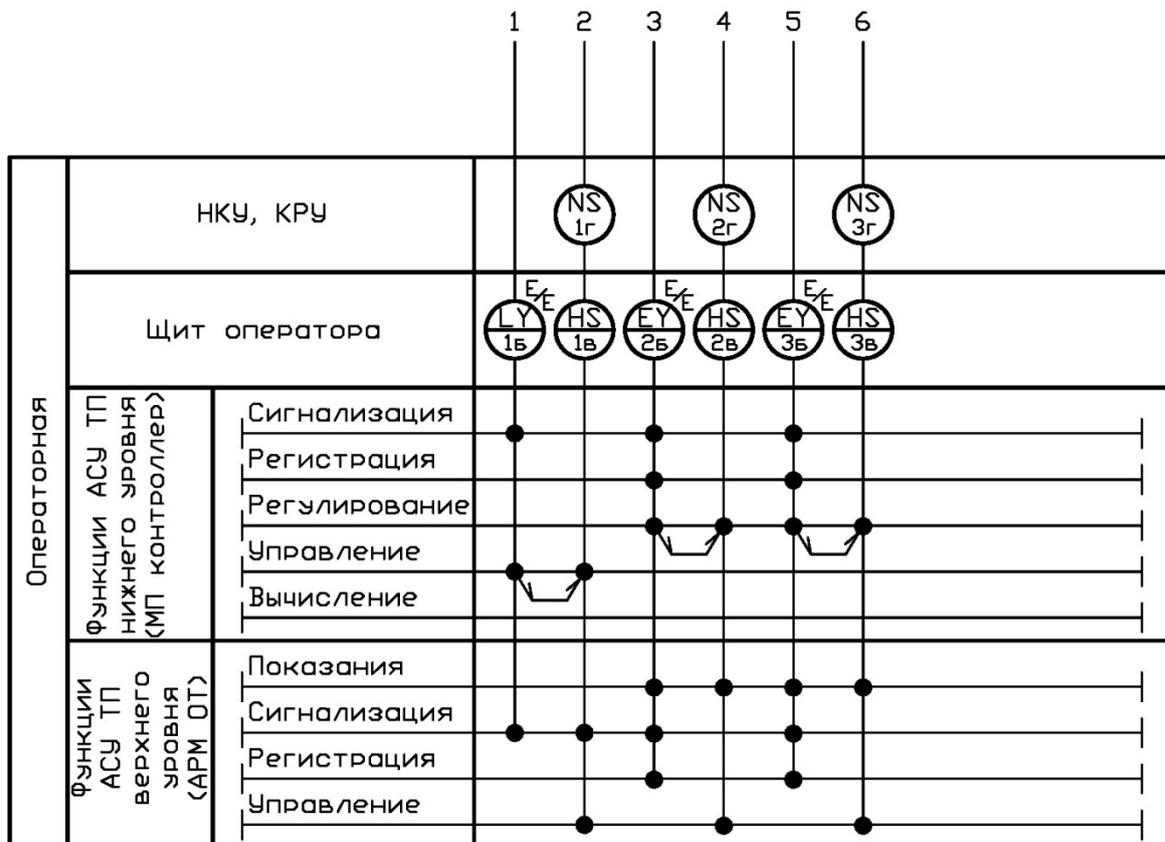
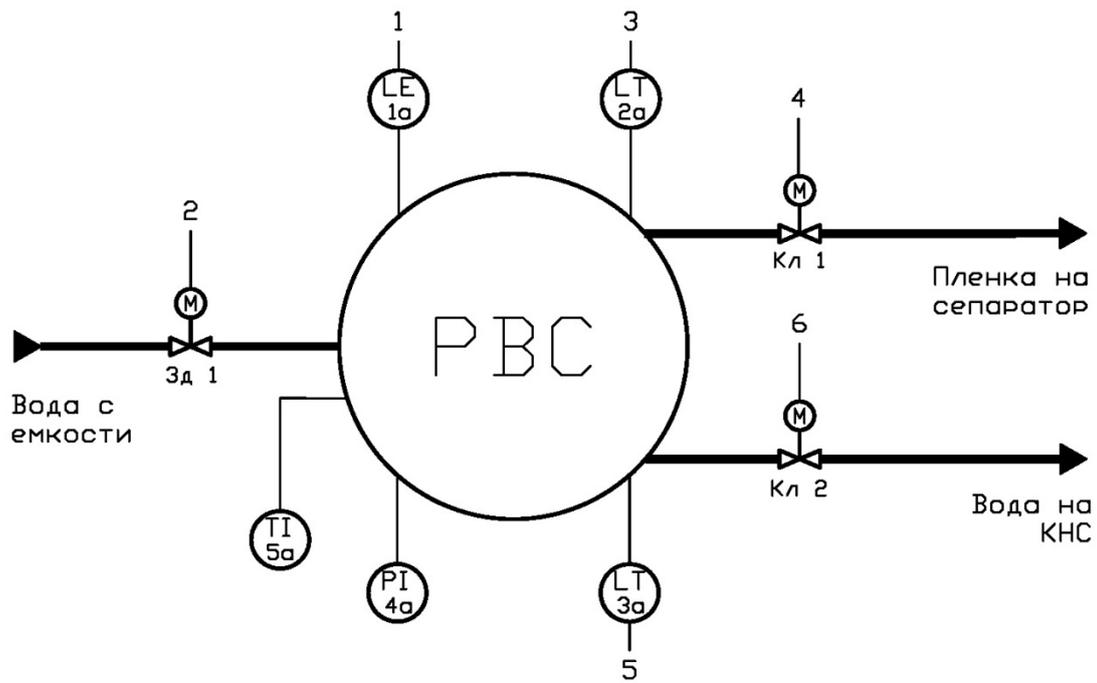


Рис. 3.3а. Функциональная схема автоматизации резервуара вертикального стального (развернутый вариант).

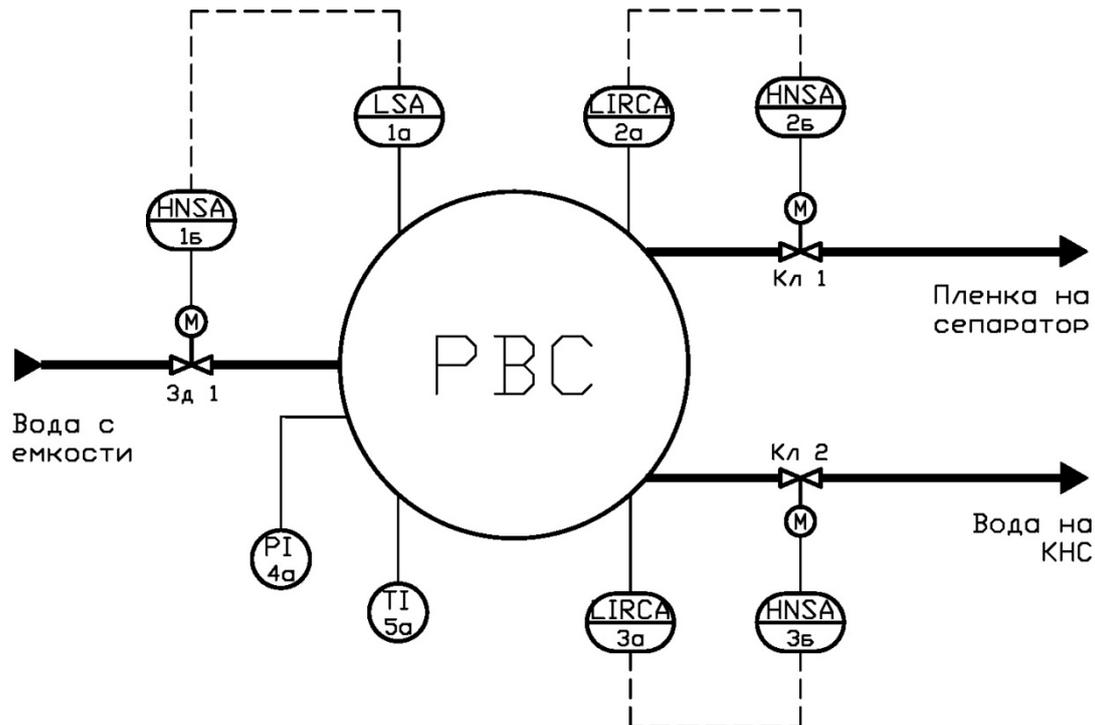


Рис. 3.3б. Функциональная схема автоматизации резервуара вертикального стального (сокращенный вариант).

ЗАДАНИЕ НА ЗАЩИТУ

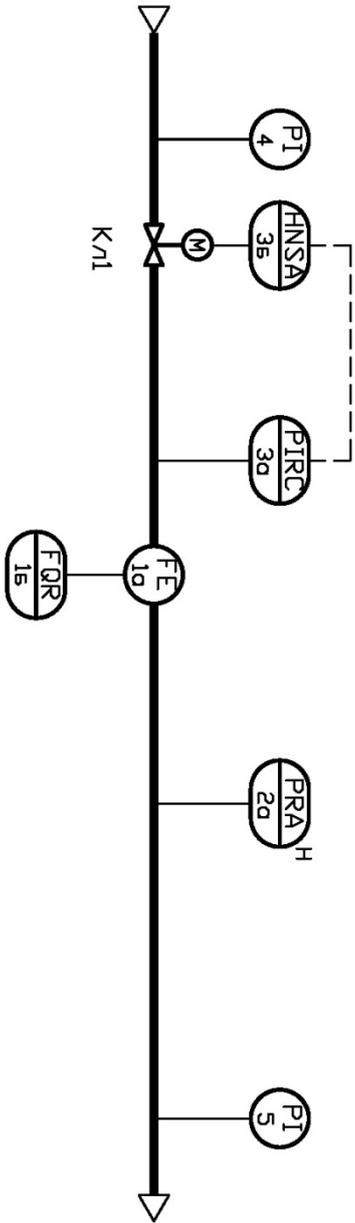
1) Нарисовать в формате **A4** (297×210 мм) и представить функциональную схему автоматизации технологического объекта в развернутом варианте с пояснениями всех элементов и обозначений на схеме (согласно формулировке задания №1).

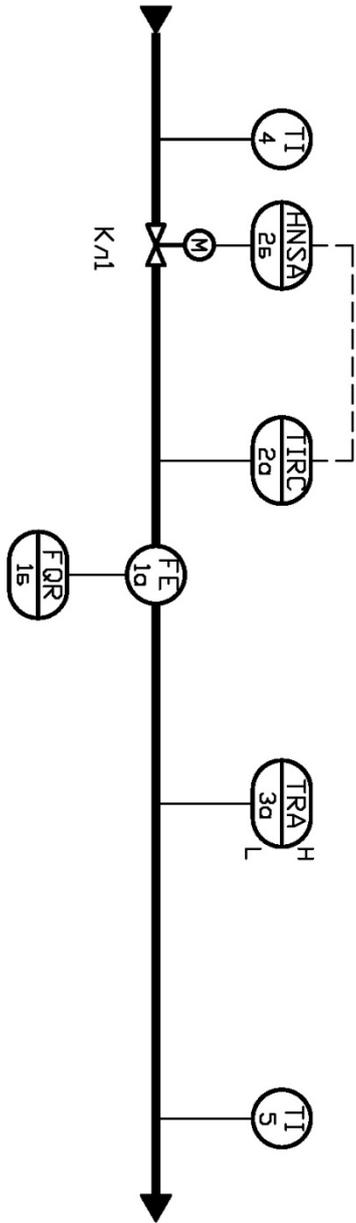
2) Изобразить фрагмент схемы автоматизации некоего технологического процесса в развернутом **или** сокращенном варианте (согласно формулировке задания №2).

ЗАДАНИЕ №1

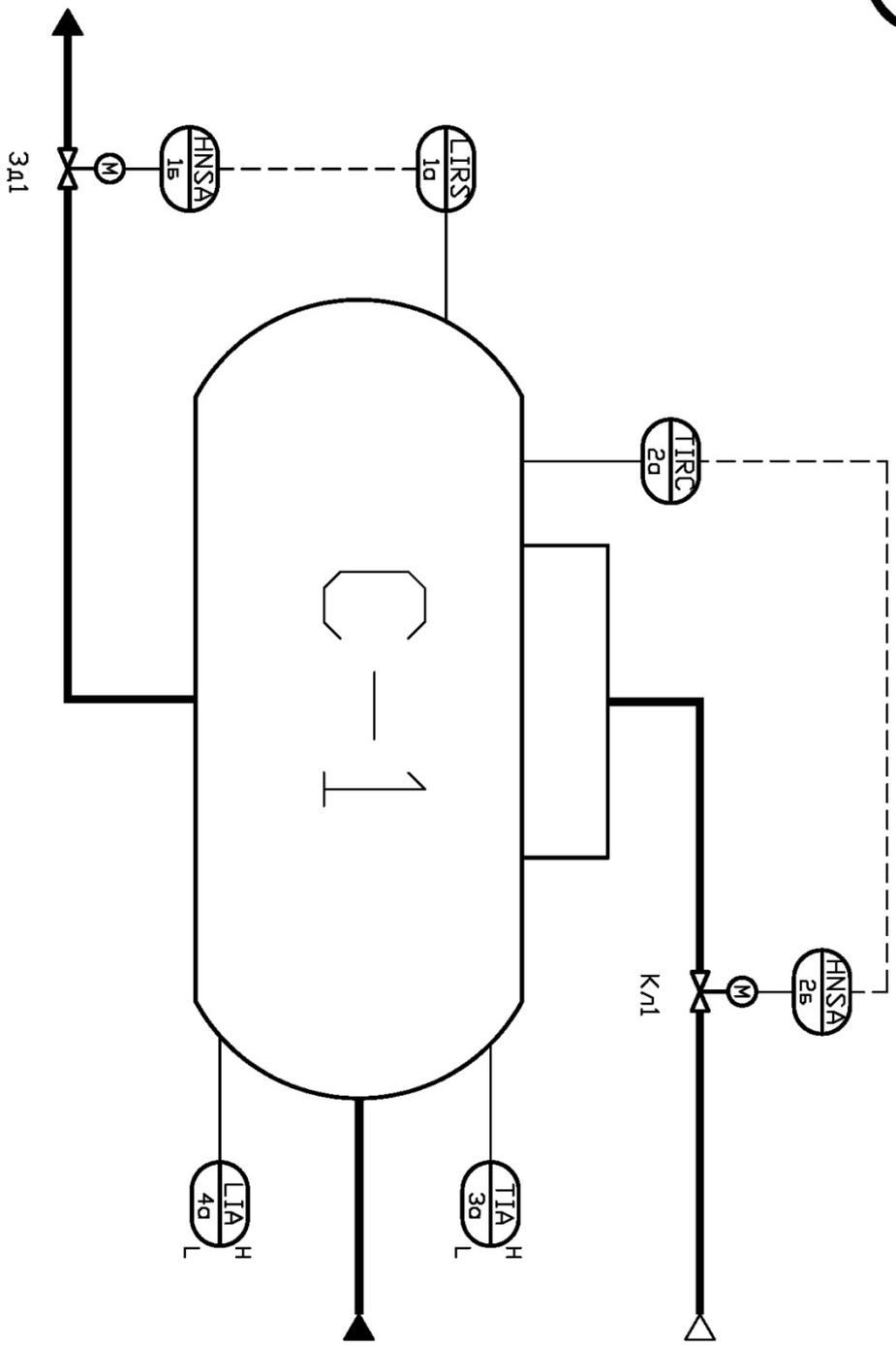
Из упрощенного варианта схемы автоматизации технологического объекта (сх. № 1-17) необходимо спроектировать развернутую функциональную схему АСУ ТП.

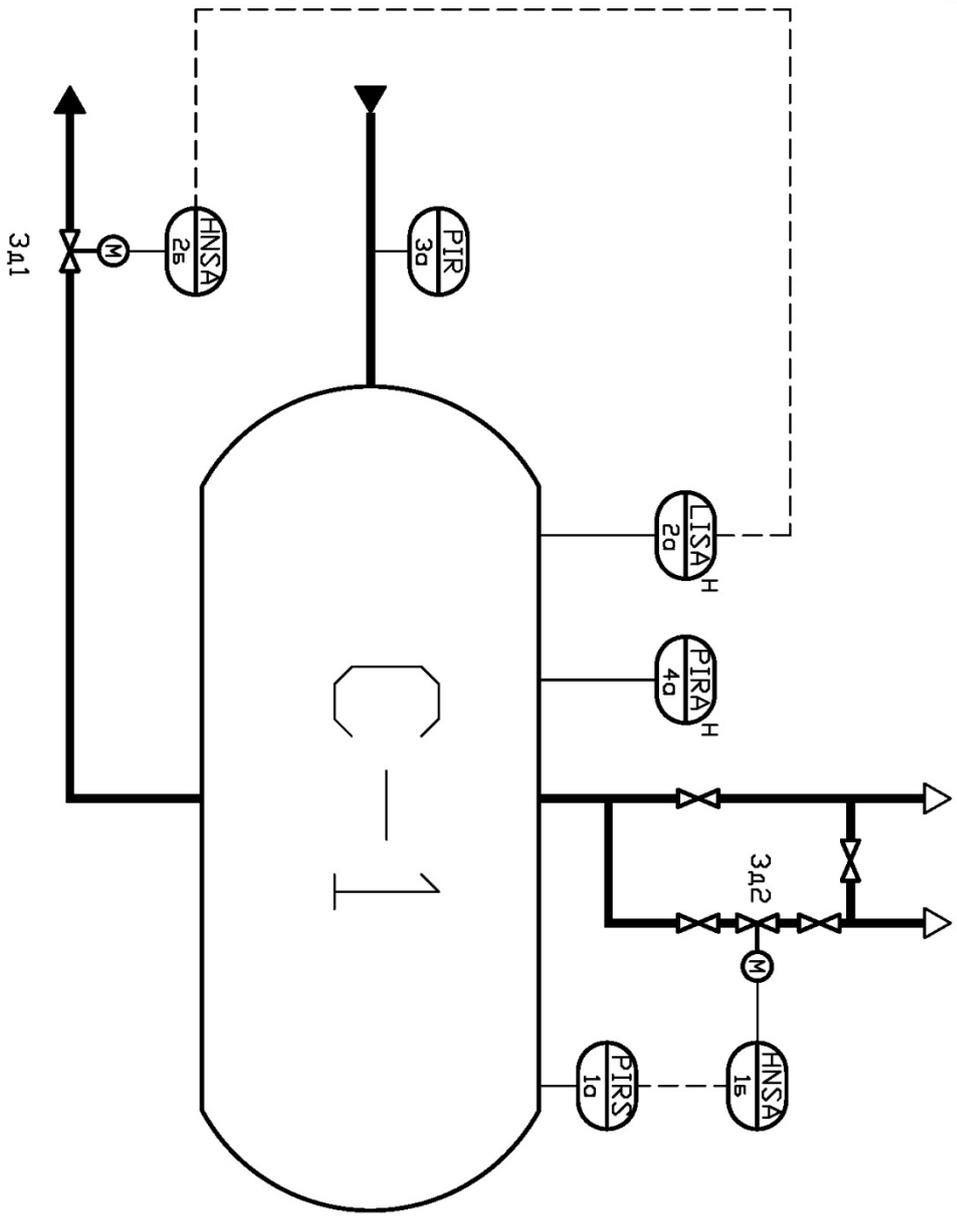
1



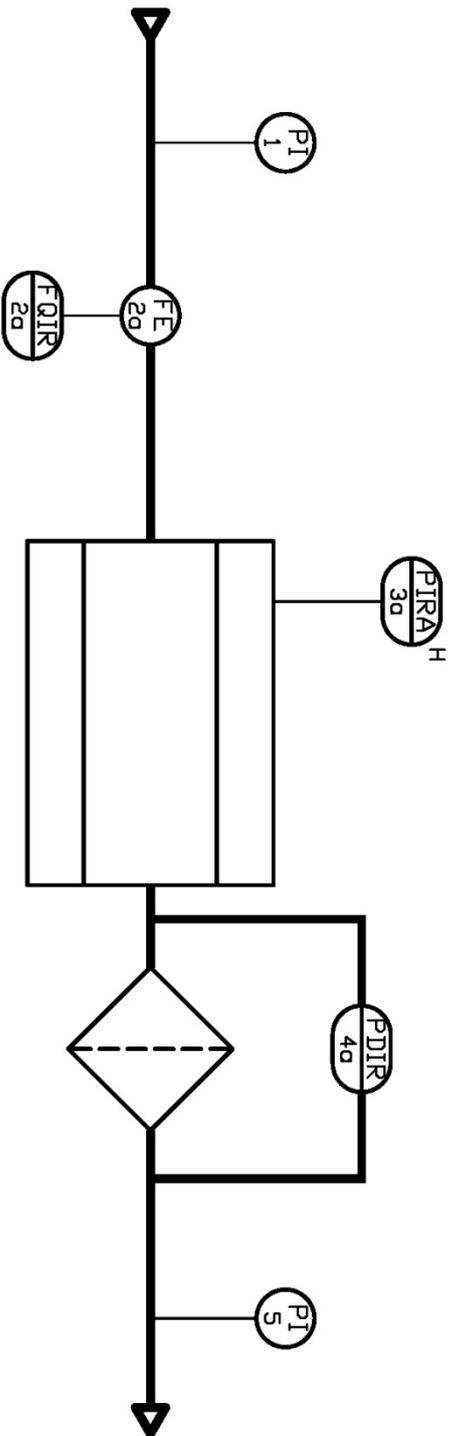


3

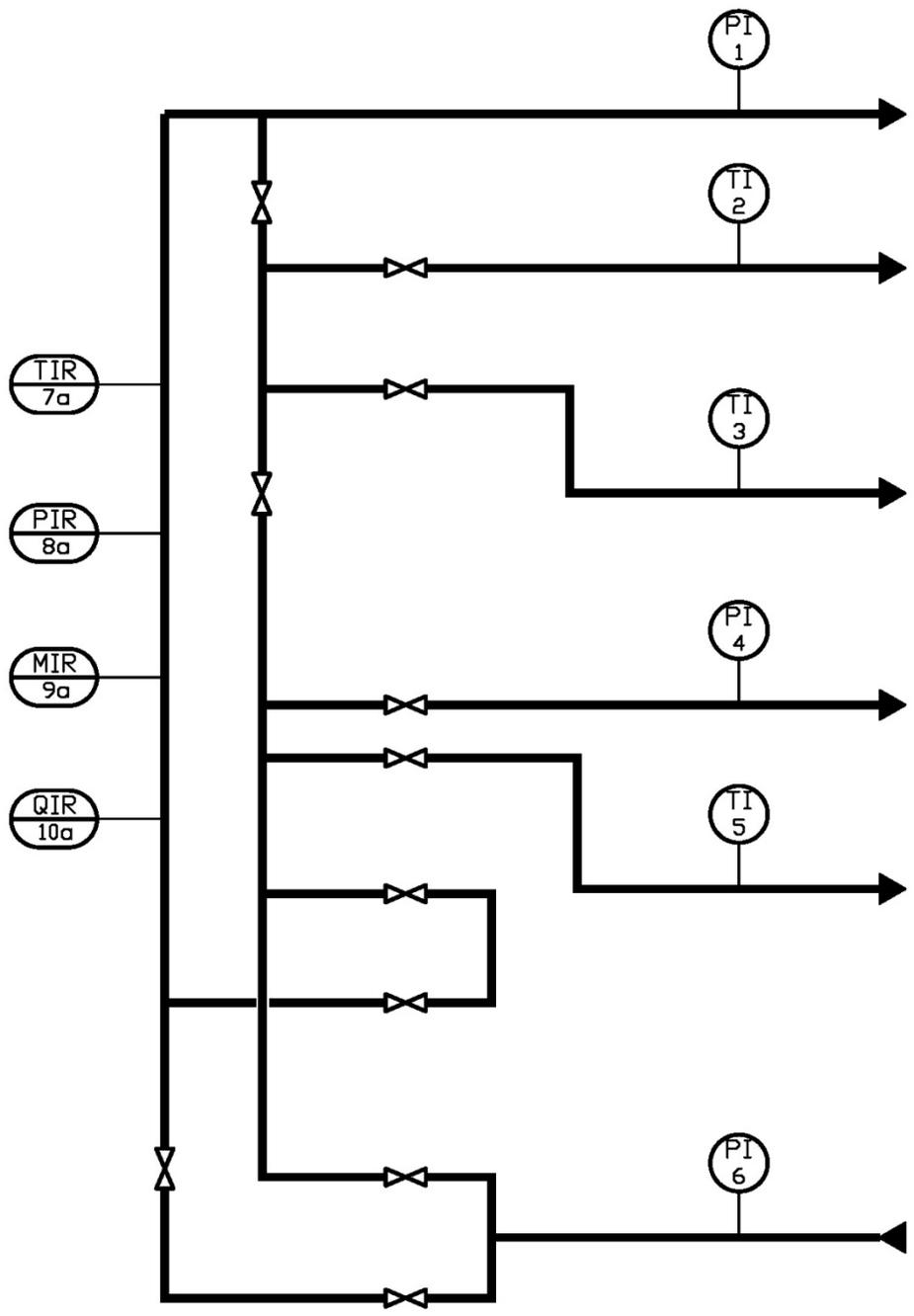




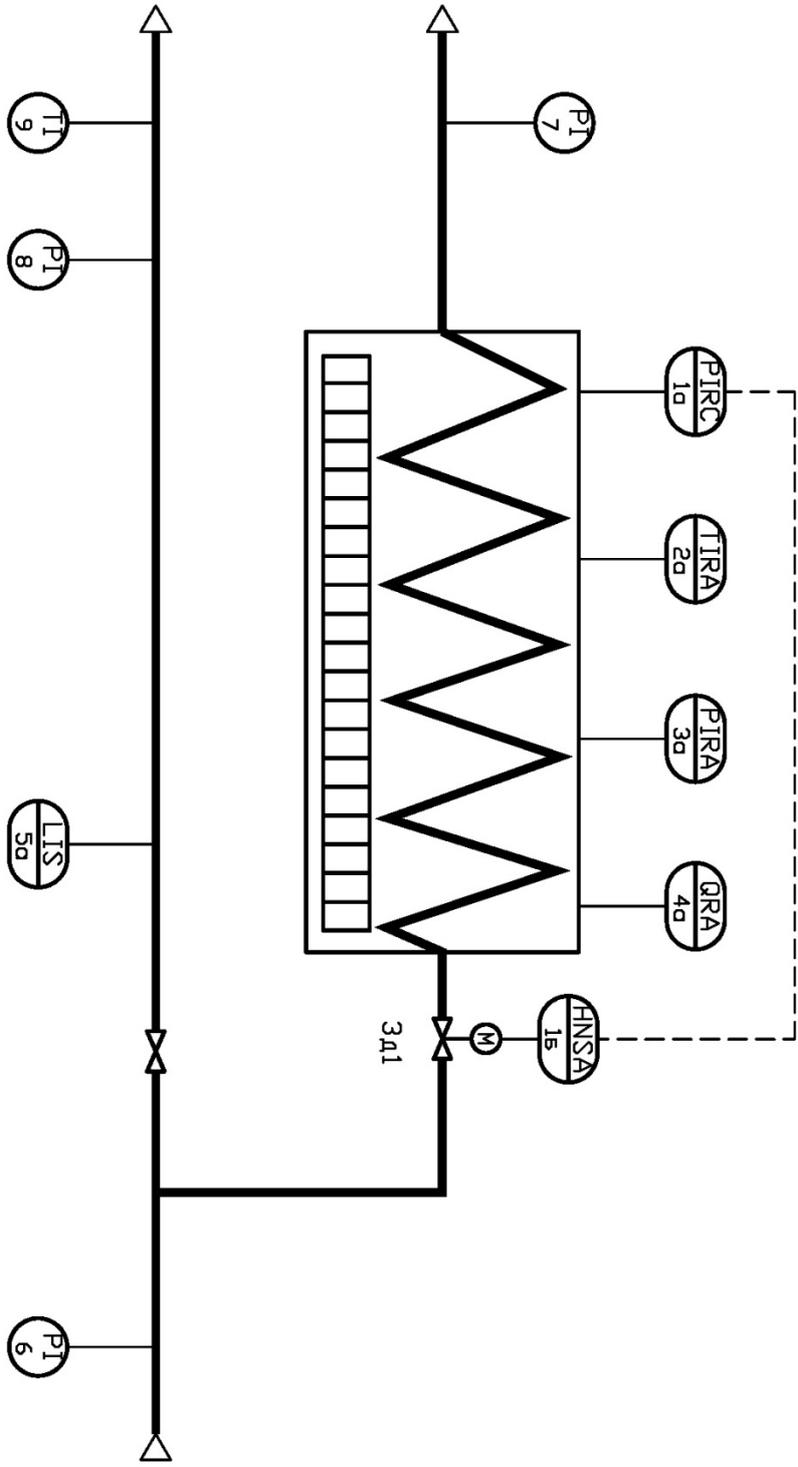
5



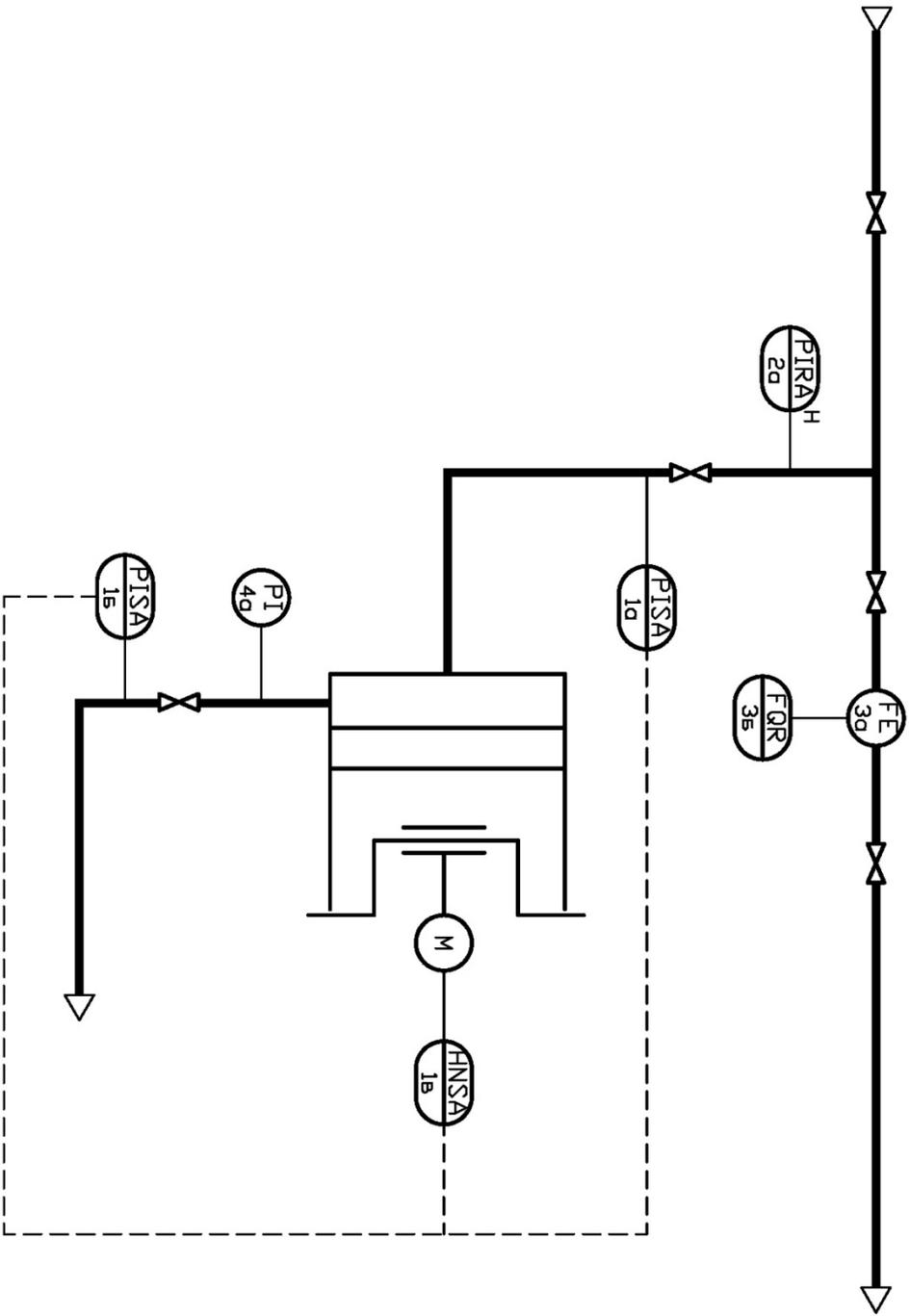
6



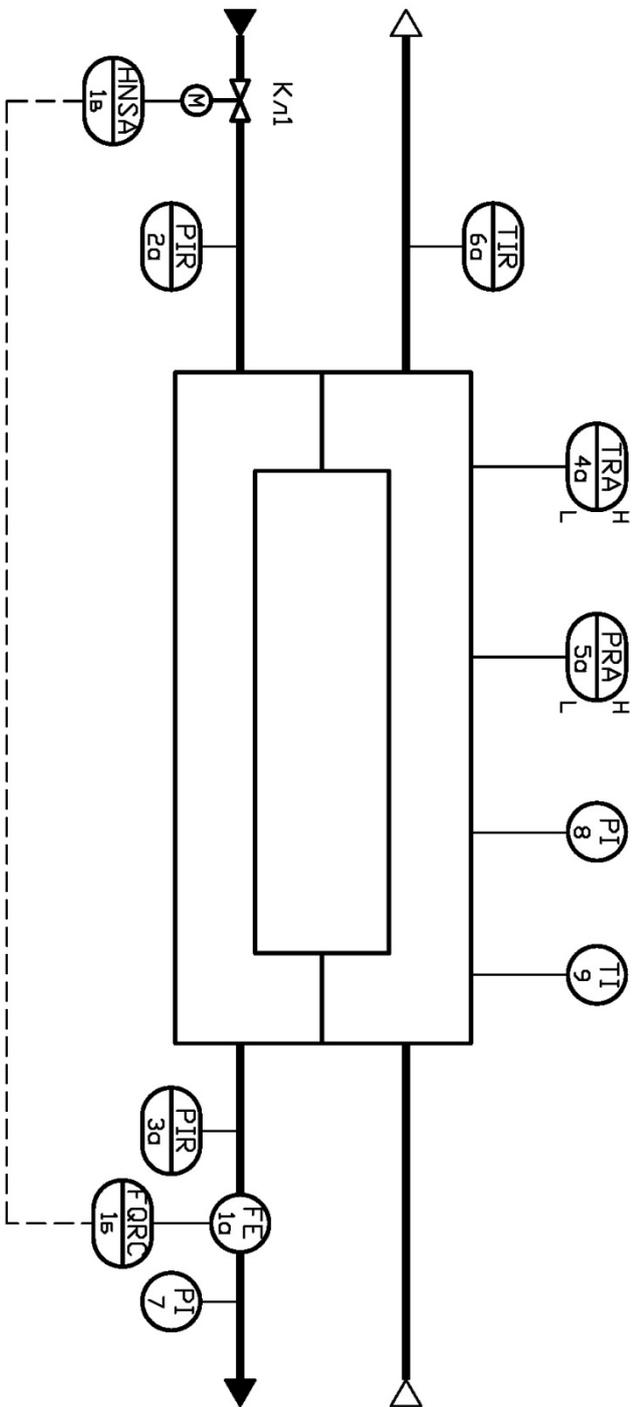
7

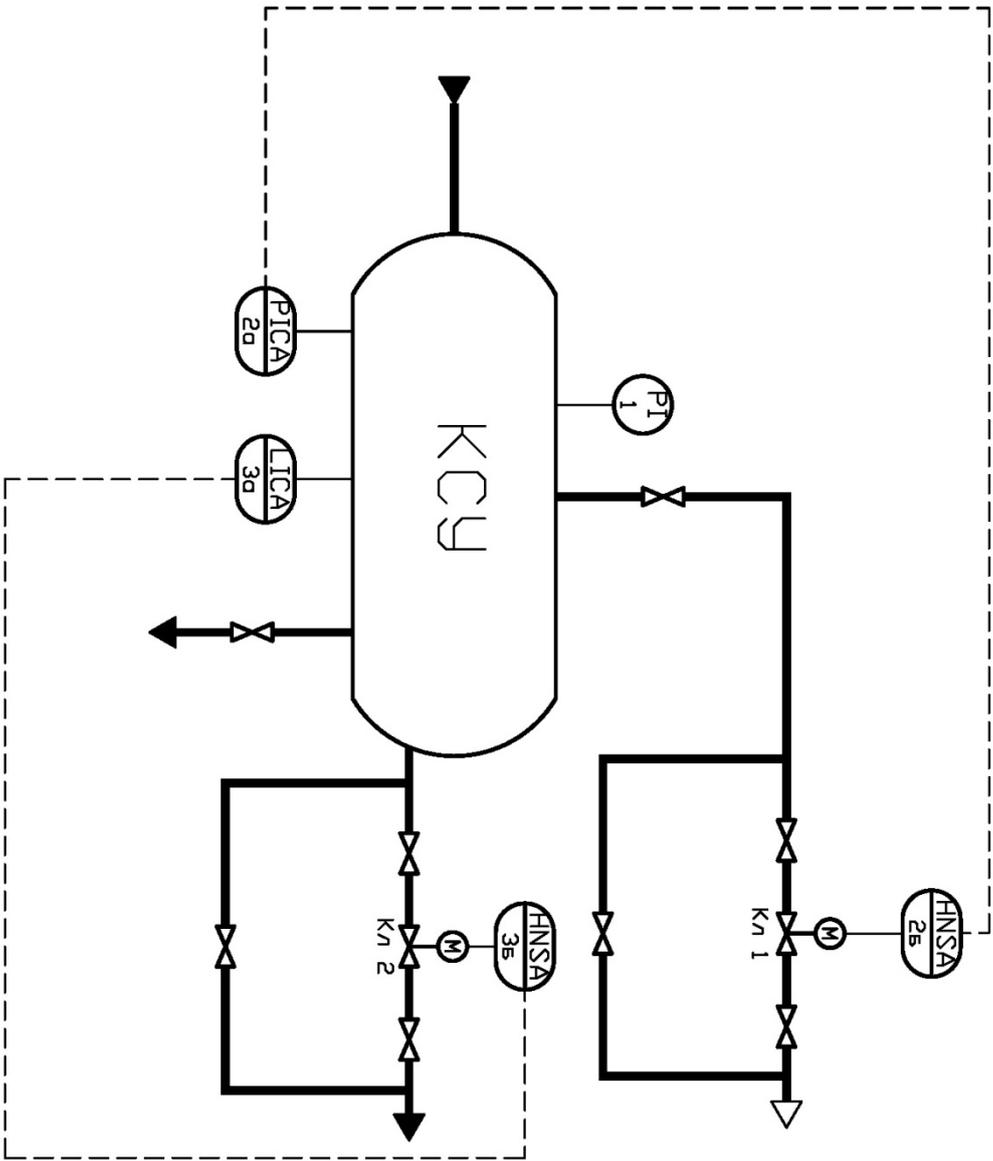


8

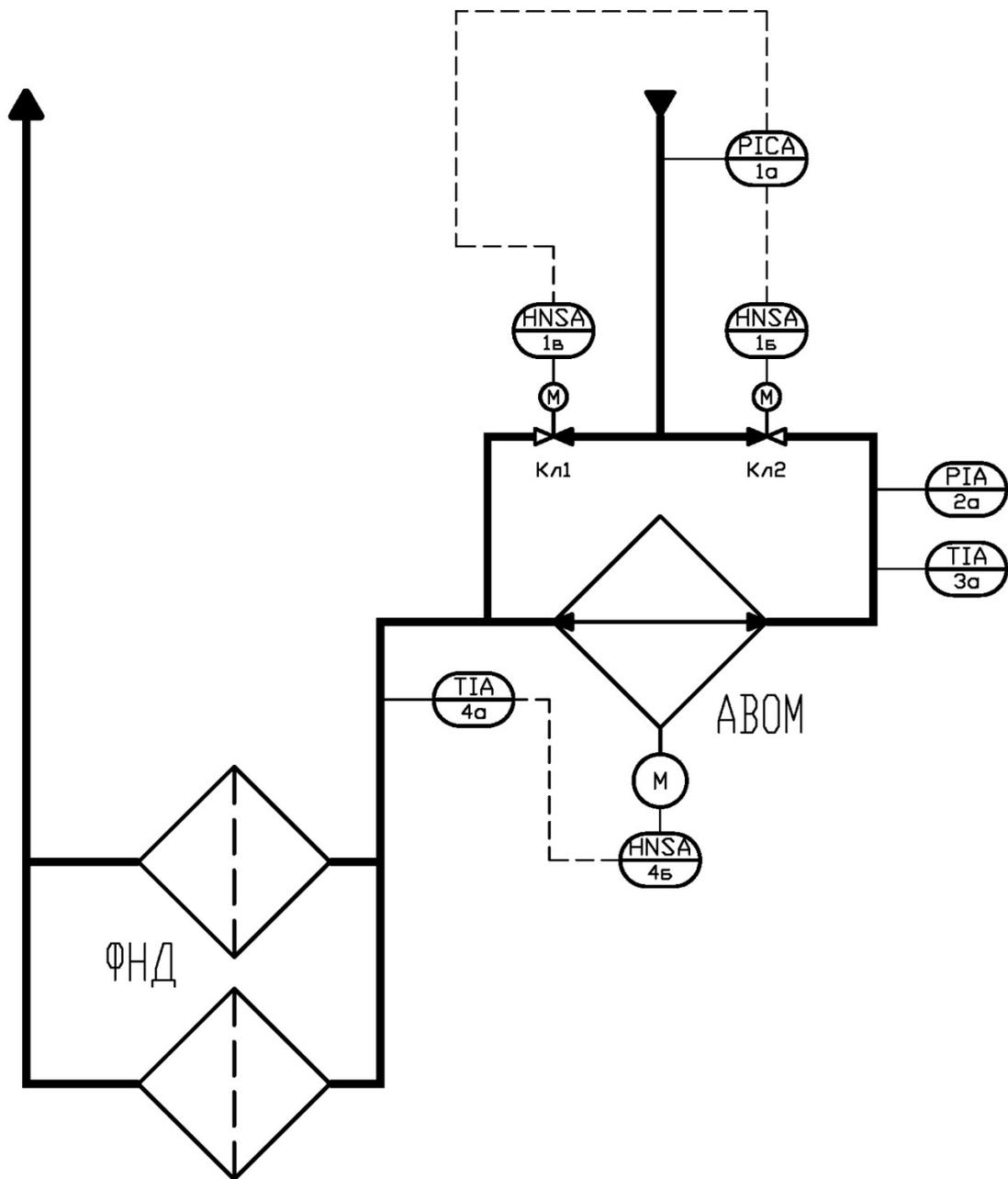


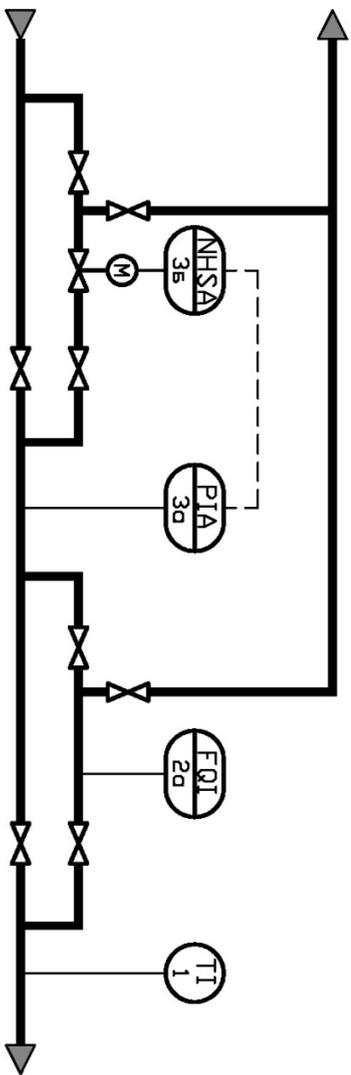
9



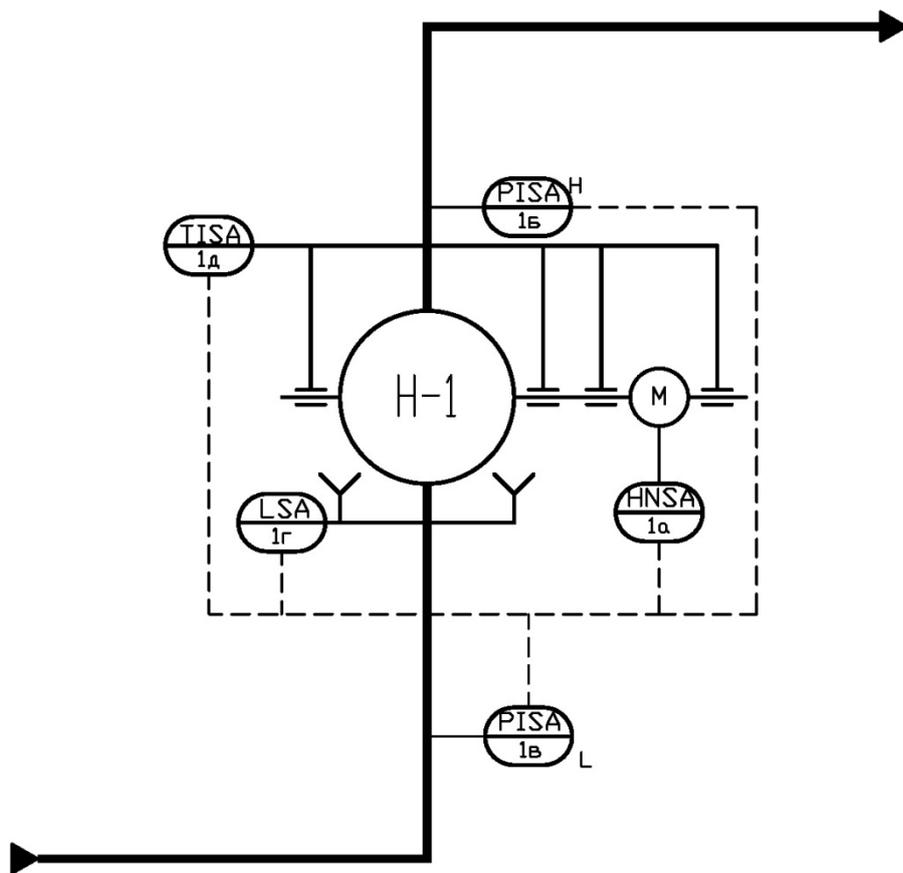


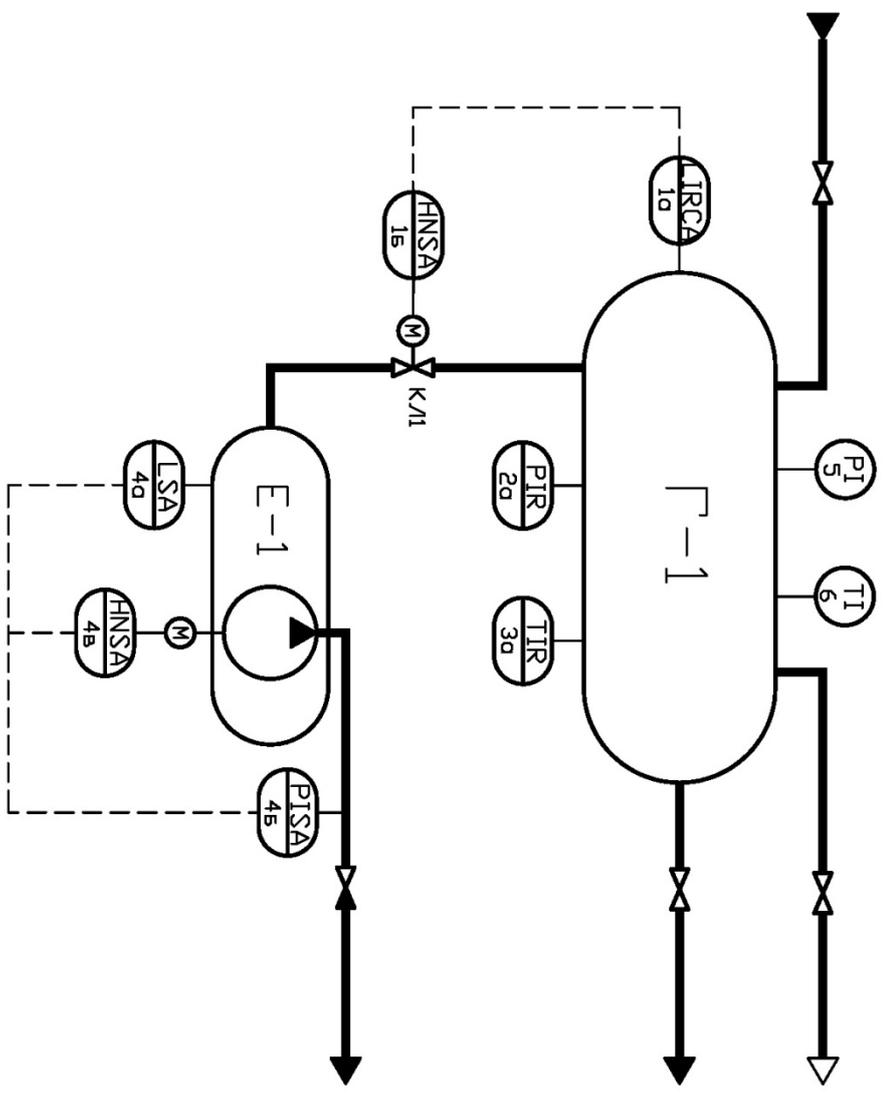
11

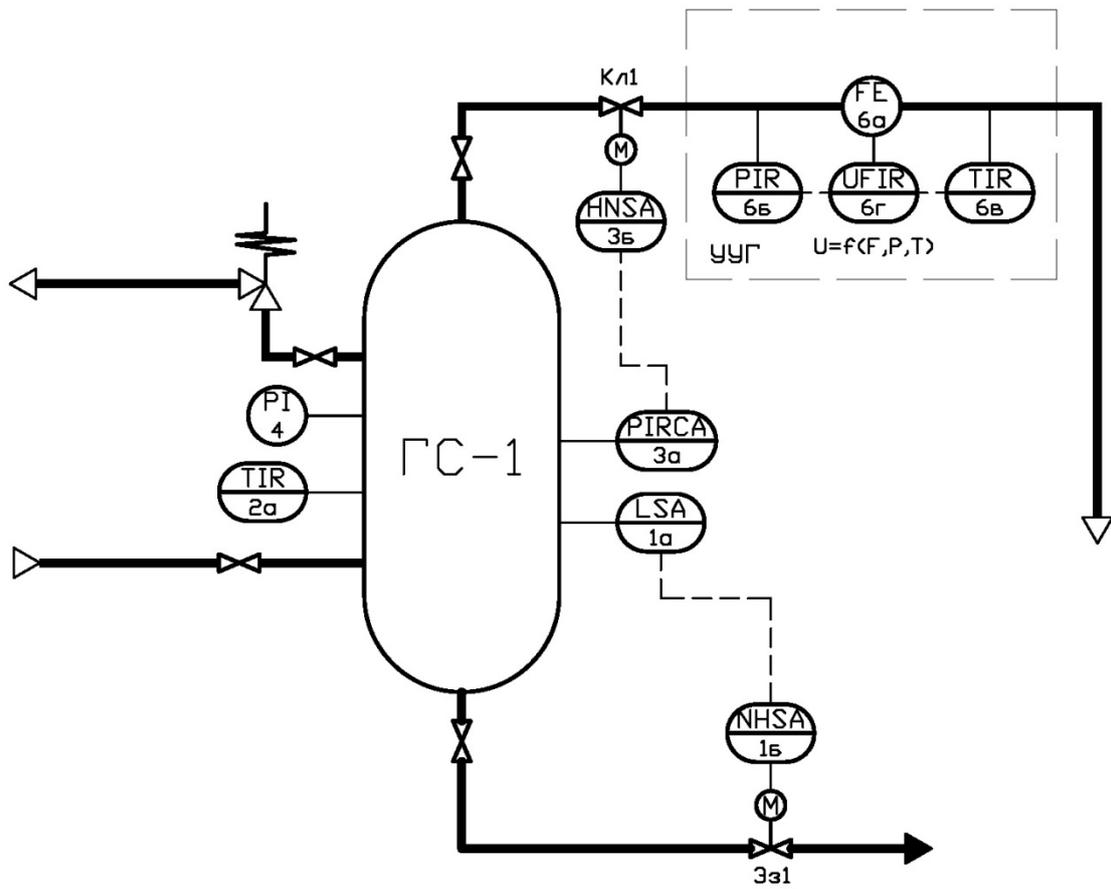


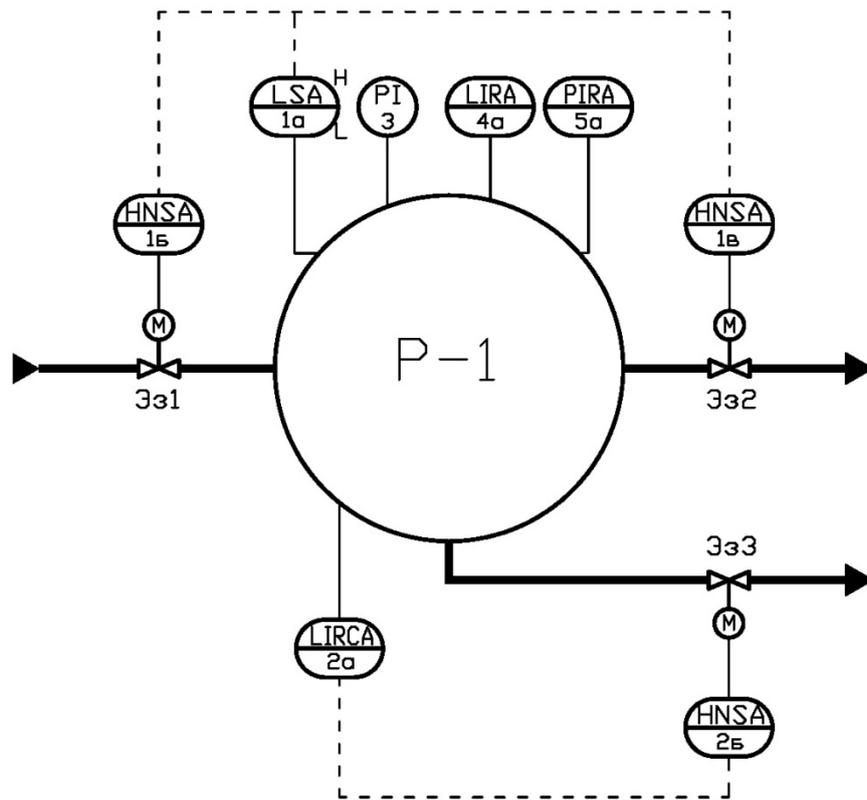


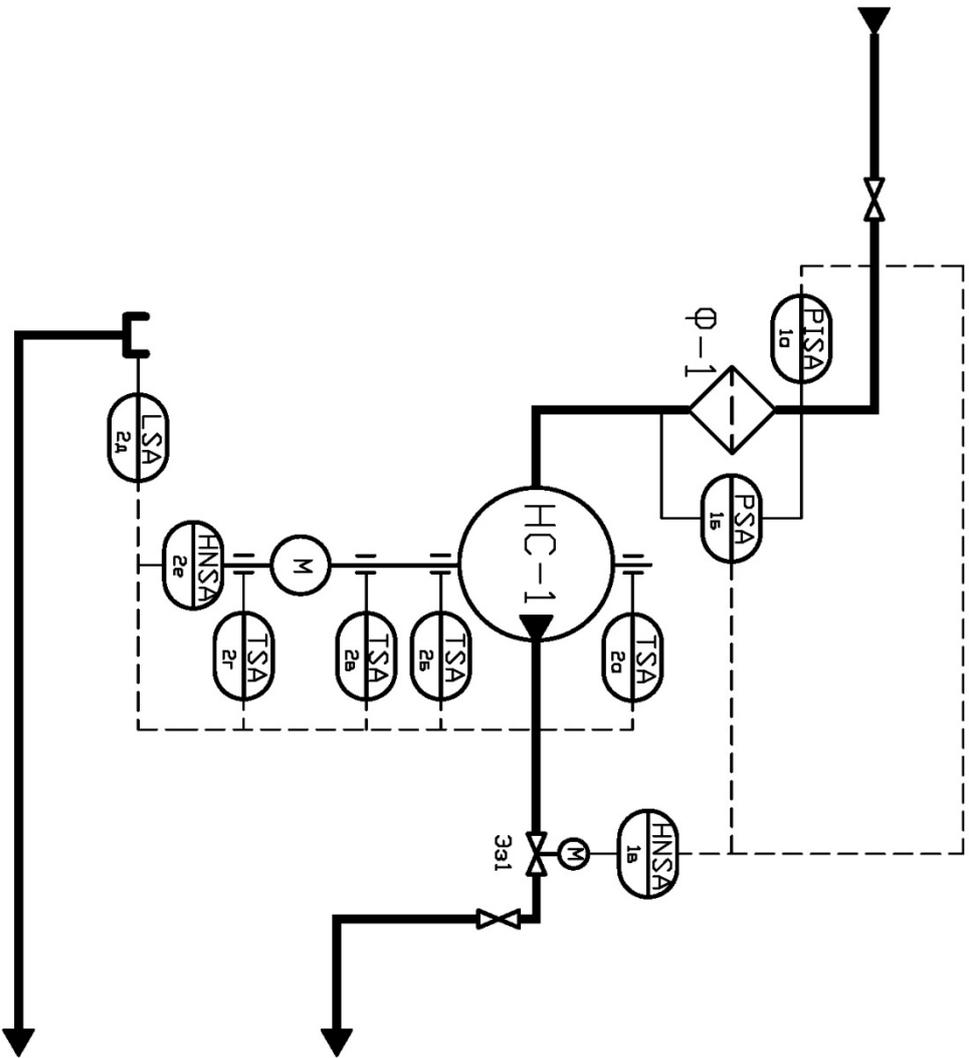
13











ЗАДАНИЕ №2

- 1) На участке трубопровода, по которому протекает нефть, необходимо установить показывающий манометр и термометр, а также необходимо осуществить дистанционный контроль расхода нефти с интегрированием по времени (счетчик количества).

- 2) На участке трубопровода необходимо осуществить дистанционный контроль с регистрацией давления и измерением температуры среды, а также необходимо установить показывающий термометр и манометр.

- 3) В сепараторе необходимо осуществлять регулирование уровня путем управления стоком жидкости и получать значения (показания) температуры. Также необходимо установить датчик сигнализации уровня по верхнему критическому значению уровня.

- 4) В трубчатой печи необходимо поддерживать расход газа и подачу воздуха в определенном соотношении. Также необходимо осуществлять контроль пламени в топке.

- 5) На линии трубопровода, по которому протекает продукт, необходимо осуществлять регулирование его расхода с помощью счетчика количества. Также необходимо регистрировать информацию о значениях давления и температуры.

- 6) В некотором реакторном устройстве необходимо осуществлять дистанционный контроль температуры катализатора по высоте аппарата и контроль температуры продукта на выходе после теплообменника.

- 7) В котельной необходимо осуществлять дистанционный контроль давления и температуры воды на входе и на выходе водонагревательного котла. А также необходимо установить сигнализатор давления по верхнему и нижнему пределу.

8) На участке газопровода необходимо осуществлять дистанционный контроль с регистрацией значений давления и температуры, а также необходимо контролировать состав газа.

9) В некоторой емкости необходимо установить сигнализатор уровня, который будет срабатывать по верхнему пределу, также установить дистанционный контроль давления в этой емкости с регистрацией параметров.

10) В сепараторе необходимо осуществлять регулирование уровня путем управления стоком жидкости, а также необходимо регулировать температуру в сепараторе путем изменения расхода теплоносителя.

11) На участке газопровода необходимо осуществлять регулирование расхода газа, также необходимо регистрировать значения температуры до и после контура регулирования.

12) В котельной необходимо осуществлять дистанционный контроль расхода воды, а также необходимо регистрировать значения давления воды на входе в котельную. Необходимо установить сигнализирующий газоанализатор в помещении котельной.

13) В компрессоре необходимо регулировать подачу газа исходя из параметров давления внутри аппарата. Также необходимо сигнализировать о превышении давления газа на выходе из компрессора.

14) В трубчатой печи происходит нагрев воды за счет сжигания газовоздушной смеси. Необходимо осуществлять дистанционный контроль качества дымовых газов, а также необходимо регулировать давление пара в водонагревательном котле.

15) На участке трубопровода, по которому протекает продукт, необходимо осуществлять дистанционный контроль температуры с регистрацией параметров; также необходимо измерять давление на участке трубопровода с помощью показывающего манометра. Необходимо установить счетчик количества продукта.

16) На участке газопровода необходимо осуществлять дистанционный контроль давления с регистрацией параметров. Также необходимо иметь информацию о составе и влажности газа.

17) В некоторой емкости необходимо установить уровнемер, управляющий стоком жидкости из нее. Так же необходимо дистанционно контролировать и регистрировать параметры температуры и давления в этой емкости.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения
дисциплины (модуля)

Перечень основной литературы:

- 1 Галас, В. П. Автоматизация проектирования систем и средств управления [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Галас. — Электрон. текстовые данные. — Владимир : Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2015. — 255 с. — 978-5-9984-0609-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57362.html>
- 2 Алиев, Т. И. Основы проектирования систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. И. Алиев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 120 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67499.html>

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостин, А. А. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Старостин, А. В. Лаптева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — 978-5-7996-1498-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68302.html>
- 2 Аверченков, В. И. Автоматизация проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. И. Аверченков, Ю. М. Казаков. — Электрон. текстовые данные. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 228 с. — 5-89838-130-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6990.html>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

- 1 Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине "Проектирование систем автоматизации и управления" Направление подготовки 15.04.04 - Автоматизация технологических процессов и производств / Сев.-Кав. федер. ун-т. - Невинномысск : СКФУ, 2018. - Неопубликованные издания
- 2 Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Проектирование систем автоматизации и управления" Направление подготовки 15.04.04 - Автоматизация технологических процессов и производств / Сев.-Кав. федер. ун-т. - Невинномысск : СКФУ, 2018. - Неопубликованные издания
- 3 Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине "Проектирование систем автоматизации и управления" Направление подготовки 15.04.04 - Автоматизация технологических процессов и производств / Сев.-Кав. федер. ун-т. - Невинномысск : СКФУ, 2018. - Неопубликованные издания

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

- 1 Интернет университет информационных технологий [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.intuit.ru/>
- 2 Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.elibrary.ru/>

3 Национальная платформа открытого образования [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/>

4 Электронная библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

1. Электронная библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

2. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru/>

Программное обеспечение

1. MS Windows 7 Лицензия: 61541574 Договор: 01-эа\13 25.02.2013

2. MS Office 2013 Лицензия: №61541869 Договор: 01-эа\13 25.02.2013

3. Mathcad Education – University Edition Лицензия: 464360 Договор: 29-эа\14 28.07.2014

4. MATLAB + Simulink релиз R2013b. Лицензия: №920056 Договор: 130-эа\13 от 28.11.2013

Тихонов Эдуард Евгеньевич

Проектирование систем автоматизации и управления

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ**

Подписано к печати		Бумага тип. № 1
Формат 60x84 1/16	Усл.п.л. 2,25	Уч. изд. л. 2,25
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

Издательство НТИ(филиал)СКФУ
г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
Методические указания к практическим занятиям

Направление подготовки 15.04.04
«Автоматизация технологических процессов и производств» Направленность
(профиль) «Информационно-управляющие системы»
Форма обучения - очно-заочная
Год начала обучения 2022
Реализуется в 3 семестре

Невинномысск, 2022

УДК 62-52
ББК 32.965
Л 82

Печатается по решению УМС
Северо-Кавказского федерального
университета

Рецензенты: профессор кафедры высшей алгебры и геометрии,
доктор технических наук, *Н.И. Червяков*; доцент кафедры
информационных систем, электропривода и автоматики, кандидат
технических наук *А.А. Евдокимов*

Э.Е. Тихонов

**Л 82 Проектирование систем автоматизации и управления.
Методические указания к практическим занятиям / – Ставрополь: Изд-во
СКФУ, 2022. – 83 с.**

Пособие подготовлено в соответствии с программой дисциплины
«Проектирование систем автоматизации и управления», разработанной в
соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки магистров.

УДК 62-52
ББК 32.965

© Э.Е. Тихонов., 2018
© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	
Цели и задачи дисциплины	
Требования к уровню освоения дисциплины	
1 Введение	
2 Описание технологического процесса	
3 Разработка схемы автоматизации	
3.1 Общие положения	
3.2 Условные обозначения технологической аппаратуры и трубопроводов	
3.3 Условные обозначения приборов, средств автоматизации и линии связи	
3.3.1 Графические условные обозначения	
3.3.2 Условные буквенные обозначения	
3.3.3 Правила построения условных обозначений	
3.3.4 Правила выполнения функциональных схем систем автоматизации	
4 Выбор и обоснование средств автоматизации	
Литература	

Дисциплина «Проектирование систем автоматизации и управления» ставит своей целью формирование набора компетенций будущего магистра по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств, а также заключается в формировании знаний и умений для выполнения проектно-конструкторских работ по созданию систем автоматизации технологических процессов и производств.

Главными задачами дисциплины являются: ознакомление студентов с проектной документацией, со стадиями и этапами проектирования систем автоматизации и управления; приобретение практических навыков организации проектирования; получение студентами практических навыков проектирования систем автоматизации с использованием современных формализованных методов и программных средств; развить способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу для задач проектирования систем автоматизации; научить руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; научить студентов разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний; новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения; научить студентов разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования.

Код	Формулировка
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
ОК-2	Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОК-3	Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3	Способность разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководить их созданием
ОПК-4	Способность руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-1	Способность разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний; новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-2	Способность проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения
ПК-4	Способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты автоматизированных и автоматических производств различного технологического и отраслевого назначения, технических средств и систем автоматизации управления, контроля, диагностики и испытаний, систем управления жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизации проектирования, отечественного и зарубежного опыта разработки конкурентоспособной продукции, проводить технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности проектов, оценивать их инновационный потенциал и риски
ПК-5	Способность разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования
ППК-1	Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию систем и средств автоматизации и управления изготовлением продукции, ее жизненным циклом и качеством

1. Введение

При изучении дисциплины «Проектирование систем автоматизации и управления» студент систематизирует и закрепляет знания, полученные в процессе изучения дисциплин «Проблемы современной теории управления», «Автоматизация технологических процессов и производств» и других и приобретает навыки самостоятельной работы.

2. Описание технологического процесса

В разделе «**Описание технологического процесса**» кратко описываются назначение технологического процесса (ТП) как объекта управления, его технологическая схема, машины, механизмы и другая аппаратура, на которой осуществляется технологический процесс. Отражаются особенности технологического объекта управления (ТОУ), влияющие на выбор принципов регулирования и структуры схемы автоматизации и управления. Показываются особенности ТОУ, позволяющие определить структуру автоматической системы управления. Определяются требования к надежности и точности системы управления и регулирования, оцениваются возможности централизованного или распределенного контроля и управления, использование микропроцессорных средств управления. Приводятся значения режимных параметров в различных точках технологического процесса.

Отмечаются факторы, облегчающие или усложняющие автоматизацию объекта управления. К таковым, как правило, относятся непрерывность технологического процесса, протекание технологического процесса в герметичных аппаратах, транспорт жидких и газообразных сред по трубопроводной системе, осуществляющийся под давлением, создаваемым специализированными средствами (насосами, компрессорами) и другие.

К факторам, затрудняющим автоматизацию объекта управления, относят, например, пожаро- и взрывоопасность сред, рассредоточенность

объекта управления в пространстве, удаленность объектов управления от пунктов сбора информации, периодичность ТП и другие.

3. Разработка схемы автоматизации

3.1 Общие положения

Функциональная схема предназначается для отображения возлагаемых на систему автоматизации функций, объема контролируемых и регулируемых технологических параметров, технических средств автоматизации и является одним из основных документов проекта на сооружение технологического объекта.

Функциональные схемы используются в процессе проектирования, при монтаже, наладке и эксплуатации технологического оборудования и устройств контроля и автоматики.

Также как и другие документы проекта, функциональная схема выполняется с соблюдением требований системы государственных стандартов на составление и содержание проектной документации для промышленного строительства (СПДС) и действующих в этой части государственных и отраслевых норм и правил строительного проектирования. На функциональной схеме с помощью стандартных или принятых в отрасли обозначений условно изображается технологическое оборудование, машины и механизмы, технологические трубопроводы и все технические средства систем автоматизации, кроме вспомогательной аппаратуры, показывающей связи между ними.

Раскрывая функционально-блочную структуру отдельных устройств и систем локального автоматического контроля и регулирования, функциональная схема дает представление об их связях и общих принципах автоматизации технологического объекта, отображает объем и конкретные параметры контроля и регулирования, расположение отборных и регулирующих устройств, мест отображения информации.

На (функциональной) схеме следует показать также аппаратуру, поставляемую комплектно с технологическим оборудованием, о чем на схеме делают соответствующие указания. Вспомогательные устройства, фильтры и редукторы для воздуха, соединительные коробки, источники питания, реле, магнитные пускатели, автоматы, предохранители, выключатели в цепи питания и т.д. не показывают.

На технологических коммуникациях изображают основные запорные и регулирующие органы, необходимые для определения расположения отборов импульсов или поясняющие необходимость производства измерений.

Устройства, механически связанные с конструкциями, непосредственно встроенными в коммуникации агрегата, исполнительные устройства, механизмы, связанные с дроссельными органами, изображают на поле чертежа в непосредственной близости к конструкциям, имеющим указанную механическую связь.

При разработке функциональных схем средства автоматизации изображают или непосредственно на технологической схеме установки, или на специально подготовленных чертежах, на которых технологическую схему представляют в сокращенном виде без указания отдельных аппаратов и трубопроводов, коммуникаций вспомогательного назначения, для которых не предусматривается аппаратура автоматизации. Схема такой технологической установки или агрегата в этом случае должна в основном соответствовать схеме, изображенной на технологических чертежах.

В отдельных случаях, когда невозможно получить ясное представление о технологической схеме аппарата, агрегата и т.п. при указанном выше способе изображения выбирают такое условное начертание технологических аппаратов и агрегатов, которое дает ясное представление о принципе их работы.

3.2 Условные обозначения технологической аппаратуры и трубопроводов

Элементами схем технологических процессов являются технологические аппараты, насосы, компрессоры, различные машины и механизмы, трубопроводы, запорная и регулирующая арматура и другое оборудование.

Стандартами СПДС условных обозначений для изображения на схемах технологического оборудования не предусмотрено.

Условные графические обозначения наиболее распространенных технологических аппаратов и оборудования приведены в *Приложении 1* [24].

Технологическому оборудованию помимо графического обозначения присваивается буквенно-цифровое обозначение. Оно складывается из прописных букв русского алфавита и арабских цифр и представляет собой, как правило, начальную букву наименования аппарата и его порядковый номер на технологической схеме. Например, печь П-1, колонна К-2.

Наиболее распространенные в практике промышленного проектирования буквенные обозначения аппаратуры приведены в *Приложении 2* [24].

На технологических трубопроводах стрелками представляется направление движения продукта и его наименование. Возможно цифровое обозначение трубопроводов с последующей их расшифровкой в экспликации. Размеры графических и буквенных символов элементов технологической схемы, надписи и их расположение принимаются такими, чтобы обеспечить наглядность и удобство чтения схемы.

3.3. Условные обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи

Условные обозначения приборов, средств автоматизации и линии связи на схемах автоматизации технологических процессов, производственных объектов и предприятий отраслей промышленности установлены ГОСТ 21.404 - 85.

Стандартом установлены графические и буквенные обозначения, при совместном использовании которых на схемах автоматизации могут быть изображены приборы, средства и системы автоматизации различного назначения и любой степени сложности.

3.3.1. Графические условные обозначения

Графические условные обозначения, являющиеся основой изображения на схемах приборов, средств и систем автоматизации, должны соответствовать приведенным в *Приложении 3* [24].

Отборные устройства постоянно подключенных приборов изображают на схемах сплошной тонкой линией, соединяющей технологический аппарат или трубопровод с прибором. При необходимости указания конкретного места расположения отборного устройства внутри контура технологического аппарата его обозначают кружком диаметром 2 мм.

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

Графические обозначения на схемах выполняют сплошной линией толщиной 0,5-0,6 мм, а горизонтальную разделительную черту внутри графического обозначения толщиной 0,2-0,3 мм.

Многофункциональные средства и системы автоматизации, такие, например, как агрегатированные комплексы автоматического контроля и регулирования, системы технологической сигнализации, информационно-управляющие электронно-вычислительные комплексы, в практике промышленного проектирования в обоснованных случаях, в случае отклонения от стандарта, изображают на схемах в виде прямоугольников произвольных размеров. В прямоугольники вписывают наименование системы и другие вспомогательные обозначения с расшифровкой их на схеме. Прямоугольники, как и стандартное обозначение, выполняют сплошной основной линией толщиной 0,5-0,6 мм.

Изображение приборов и средств автоматизации помещают в нижней части схемы под изображением технологического оборудования в двух вытянутых до горизонтали прямоугольниках, расположенных один над другим и выполненных линиями толщиной $0,2 \div 0,3$ мм.

Соединительные линии следует наносить с наименьшим количеством перегибов и пересечений между собой и агрегатами. Условные обозначения приборов пересекать ими нельзя.

Условные обозначения местных однотипных приборов можно совмещать в одно с указанием в спецификации их числа. Соединительные линии при этом необходимо проводить от каждой точки измерения, объединяя их в одну линию перед прибором.

В сложных случаях в функциональных схемах допускаются обрывы соединительных линий, при этом для удобства чтения чертежа каждый конец соединительной линии нумеруют одной и той же арабской цифрой. Концы соединительных линий, идущие от местных приборов, аппаратуры контроля, регулирования, управления и сигнализации, установленной на щитах, к технологическому оборудованию, исполнительным устройствам, нумеруют цифрами в возрастающем порядке слева направо.

3.3.2. Условные буквенные обозначения

Условные буквенные обозначения выполняются прописными буквами латинского алфавита.

Для измеряемых и управляемых величин, а также функциональных признаков приборов и регуляторов применяет буквенные условные обозначения (*Приложение 4* [24]), которые наносят в верхней части окружности соответствующего графического условного обозначения.

Особенности использования буквенных обозначения по ГОСТ 21.404-85:

а) для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора справа от него необходимо указать наименование или символ этой величины, например, напряжение, сила тока, рН, вид радиоактивности и т.д.;

б) при измерении нескольких разнородных величин подробная их расшифровка должна быть приведена около прибора или на поле чертежа;

в) обозначение величин, не предусмотренных стандартом, осуществляется резервными буквами с представлением на схеме их расшифровки.

Порядок расположения буквенных обозначений слева направо должен быть следующим:

а) обозначение основной измеряемой величины;

б) обозначение, уточняющее, если это необходимо, основную измеряемую величину;

в) обозначение функционального признака прибора.

Пример построения условного обозначения прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давления приведен в *Приложении 5* [24].

Буквами в соответствии со стандартом обозначаются:

- измеряемые величины (таблица *Приложения 6* [24]);
- дополнительные обозначения, уточняющие величины, (таблица *Приложения 6* [24]);
- выполняемые приборами и средствами автоматизации функции (таблица *Приложения 6* [24]).

Буквы В, С, N, О, Х, Y, Z являются резервными и могут использоваться для обозначения не предусмотренных стандартом измеряемых величин и функциональных признаков с обязательной расшифровкой их обозначения на поле чертежа. Применение, например буквы, проиллюстрировано в *Приложении 7*, поз. 46 [24].

Некоторые буквы наряду с обозначением измеряемой величины используются для обозначения также дополнительных значений измеряемой величины – буквы D, F, Q, и функциональных признаков – буквы R, S. При этом назначение буквы определяется её местом в условном буквенном

обозначении.

Буква А применяется для обозначения функции сигнализации независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

Сигнализируемые предельные значения измеряемых величин конкретизируются добавлением буквы Н – верхнее и L – нижнее значения. Эти буквы наносятся вне графического обозначения, справа от него (*Приложение 7*, поз 31, 32 [24]).

Буква Н применяется для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, блокировки и т.д. (*Приложение 7*, поз. 10,17 [24]).

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора следует использовать буквы S, А.

Букву S не следует применять для обозначения функции регулирования, в том числе позиционного.

Для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора, справа от него, необходимо указывать наименование или символ измеряемой величины, например, мощность, конкретный показатель качества вещества, вид радиоактивности α , β , γ , (*Приложение 7*, поз. 35,38,41 [24]).

Буква U может быть использована для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин. Подробная расшифровка измеряемых величин должна быть приведена около прибора или на поле чертежа (*Приложение 7*, поз. 43 [24]).

Стандартом, наряду с обязательными для применения основными буквенными обозначениями, установлены на уровне рекомендуемых дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств (*Приложение 8* [24]).

Буква E применяется для обозначения чувствительных элементов, т.е.

устройств, выполняющих первичное преобразование. Примерами первичных преобразований являются чувствительные элементы термоэлектрических термометров, термометров сопротивления, датчики параметров, сужающие устройства расходомеров и т.д.

Буква Т обозначает промежуточное преобразование – дистанционную передачу сигнала. Букву Т рекомендуется применять для обозначения приборов с дистанционной передачей показаний, например, бесшкальных дифманометров, манометрических термометров с дистанционной передачей и т.п.

Буква К применяется для обозначения приборов, имеющих станцию управления, т.е. переключатель для выбора вида управления (автоматическое, ручное) и устройство для дистанционного управления.

Буква У рекомендуется для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств.

Дополнительные буквенные обозначения по *Приложению 8* [24] применяют при выполнении развёрнутых схем преобразователей сигналов и вычислительных устройств для указания величины сигнала, рода энергии сигнала, вида сигнала, операций, выполняемых вычислительным устройством, и характера связи ЭВМ с объектом управления.

3.3.3 Правила построения условных обозначений

Условные обозначения приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.404-85 включают графические, буквенные и цифровые обозначения. Стандартом установлено два способа построения условных обозначений: упрощенный и развернутый.

При упрощенном способе приборы в средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполненные в виде отдельных блоков, изображаются одним условным графическим обозначением. При этом первичные

измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру на схеме не изображают.

При развернутом способе каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, показывается отдельным условным графическим обозначением. Сложные приборы, выполняющие несколько функций, допускается изображать несколькими окружностями, расположенными слитно друг к другу или отдельно с соединением соединительной линией связи.

В верхней части окружности наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

Первая буква в обозначении прибора всегда определяет наименование измерений величины. Исключение составляют устройства, выполненные в виде отдельных блоков и предназначенные для ручных операций. У них в обозначении на первом месте проставляется буква Н (*Приложение 7*, поз. 51,52,53 [24]).

Надписи, расшифровывающие конкретную измеряемую величину, располагаются либо рядом с прибором, (*Приложение 7*, поз. 32,35,38 [24]), либо в виде таблицы на поле чертежа.

Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков, если их несколько в одном приборе, должен быть следующим: IRCSA.

При построении условных обозначений приборов указываются не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной схеме.

С учётом указанного порядка основная надпись в верхней части условного обозначения прибора вида, например, PDIRC, расшифровывается следующим образом: буква Р указывает, что измеряемой величиной является давление, символ D конкретизирует, что измеряется перепад давления. Буквы

IRC соответственно указывают, что осуществляется показание, регистрация и регулирование перепада давления.

Дополнительные обозначения, расшифровывающие вид преобразования или операции, наносятся справа от графического обозначения преобразователя или вычислительного устройства (*Приложение 7*, поз. 48 [24]).

Во избежание неправильного понимания схемы, где это необходимо, допускается вместо условных обозначений приводить полные наименования преобразуемых сигналов, например, «электрический / пневматический».

В нижнюю часть условного графического обозначения прибора вписывается его маркировка – цифровое или цифробуквенное обозначение позиции по заказной спецификации проекта. В отдельных случаях, когда позиционное обозначение прибора не помещается в окружности, допускается нанесение его вне пределов окружности (*Приложение 7*, поз. 53 [24]).

3.4 Правила выполнения функциональных схем систем автоматизации

Функциональные схемы систем автоматизации выполняются совмещёнными с технологическими или монтажно-технологическими схемами технологических процессов.

Технологическая схема вычерчивается по ходу технологического процесса с помощью условных обозначений. При ее выполнении соблюдается соразмерность изображаемых на схеме технологических аппаратов. Схема снабжается необходимыми надписями и пояснениями, техническими характеристиками технологической аппаратуры.

Приборы и средства автоматизации изображаются на схеме с помощью стандартных изображений.

В практике промышленного проектирования приборы и системы автоматизации чаще всего размещаются в поле технологической схемы

непосредственно около контролируемых и регулируемых параметров, как это показано в *Приложении 9* [24].

При необходимости специально выделить системы автоматизации, в частности в учебной документации, пользуются следующим способом изображения систем автоматизации.

Обозначения элементов автоматических устройств, которые установлены непосредственно на технологических аппаратах и трубопроводах (отборные устройства, диафрагмы, термодары, исполнительные устройства и др.), наносят на изображениях аппаратов и трубопроводах в местах, соответствующих их действительному расположению.

Обозначение всей остальной аппаратура автоматизации (первичные, вторичные и регулирующие приборы, функциональные блоки, системы сигнализации, вычислительные устройства и др.) наносят в нижнюю часть схемы. Причем вдоль листа вычерчивают два прямоугольника, условно изображающие место расположения аппаратуры автоматизации (по месту, в операторной).

Приборы и устройства систем автоматизации соединяют между собой сплошными линиями связи, позволяющими проследить все соединения приборов.

В случае сложных многоконтурных и многоэлементных схем с протяжёнными пересекающимися соединительными линиями допускается для соединения приборов использовать адресный способ, как показано в примере *Приложения 10, 11, 12* [24]. Адрес соединений определяется цифрами натурального ряда, проставленными начиная слева направо по нижнему обрезу соединительных линий и в соответствующих местах их продолжения.

В нижней части условного изображения прибора проставляется его позиция по спецификации. При упрощенном способе изображения систем автоматизации указывается номер контура, как это показано в *Приложении 13* [24], а при развернутом может указываться и позиция отдельного прибора

с выделением контура арабской цифрой, а приборы – буквой русского алфавита, как это показано в *Приложении 14* [24] для контура 5 автоматической системы регулирования давления в колонне К-І. Причем указанные на схеме позиции соответствуют позициям по спецификации и означают для данного контура следующее:

5а – манометр с пневмопередачей (МС-П2), 5б – вторичный прибор со станцией управления (ПВ 10.1Э), 5в – регулирующие устройство (ПР 3.31), 5г – регулирующий клапан.

Высота цифры равна 3,5 мм, высота буквы 2,5 мм. При цифровом позиционном обозначении приборов вместо букв используют цифры: 2-1, 2-2, 2-3 и т.д. (*Приложение 15, 16*).

Например, для контура 2: 2-1 – термopара, 2-2 – преобразователь нормирующий Ш-705, 2-3 – преобразователь электропневматический ЭПП-1, 2-4 – вторичный прибор со станцией управления (ПВ 10.1Э), 2-5 – регулирующие устройство (ПР 3.31), 2-6 – регулирующий клапан. Не дают позиционных обозначений лишь отборным и приёмным устройствам, поставляемым вместе с прибором. Тип и технологические характеристики для соответствующей позиции производятся в спецификации на приборы и средства автоматизации технологического объекта.

В разделе «**Разработка схемы автоматизации**» приводится описание основных режимных параметров технологического процесса. Определяется показатель эффективности технологического процесса, выбираются параметры объекта, подлежащие автоматизированному контролю, управлению и сигнализации.

Выбирается и обосновывается структура автоматических систем локального контроля и управления с учетом предъявляемых к ним требований. Определяется набор параметров для передачи в АСУ верхнего уровня (технологического объекта или комплекса).

Показывается, что основным видом автоматических систем управления являются автоматические системы регулирования (стабилизации)

технологических параметров – АСР.

Обосновывается выбор одно-, двух- или многоконтурных, комбинированных или каскадных АСР. Отмечаются при выборе структуры особенности разных по сложности АСР: простые системы применяются для поддержания на заданном значении регулируемых величин объектов, не требующих высокого качества переходного процесса, а более сложные АСР позволяют улучшить качество регулирования основной переменной в системах, обладающих большим запаздыванием с сохранением качества регулирования вспомогательной переменной, сохранять определенные соотношения параметров, необходимые для оптимального управления технологическим процессом.

Обосновывается необходимость и объем централизованного или распределенного контроля технологических параметров, предупредительной и аварийной сигнализации, схем защиты и блокировок для обеспечения безопасного ведения технологического процесса.

Составляется и описывается функциональная схема автоматизации, представляющая собой совмещенную схему технологического процесса объекта управления и его системы автоматизации. На функциональной схеме изображается технологическая аппаратура, механизмы, средства и системы автоматизации в соответствии с требованиями ГОСТ 21. 404-85 «Система проектной документации для строительства. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах».

Функциональная схема системы автоматизации выполняется в развернутом и/или упрощенном изображении средств и систем КиА с размещением обозначений в поле технологической схемы и с использованием средств микропроцессорной (МП) техники.

Описание схемы автоматизации приводится кратко по ходу движения сырья и образующихся продуктов, увязывая с технологической схемой. Например, описание может иметь следующий вид.

«Колонна К-1 служит для разделения нефти на фракции. Сырье

поступает в колонну К-1, предварительно нагретое в печи П-1 до температуры 350 °С с расходом 60 кг/час. Температурный режим в колонне поддерживается автоматическими системами регулирования. Температура верха колонны поддерживается АСР расхода орошения с коррекцией по температуре в верхней части колонны (поз. 9).

Температура кубовой части поддерживается одноконтурной АСР за счет изменения расхода теплоносителя, подаваемого в ребойлер (поз. 2)».

«Показателем эффективности процесса нагревания является температура t_x'' на выходе из теплообменника, а целью управления – поддержание этой температуры на определенном значении.

Зависимость t_x'' от ряда параметров процесса может быть найдена из уравнения теплового баланса (потери тепла не учитываем):

$$G_x \cdot c_x \cdot (t_x'' - t_x') = G_r \cdot c_r \cdot (t_r' - t_r''); \quad (1.1)$$

$$t_x'' = \frac{G_r \cdot c_r \cdot (t_r' - t_r'')}{G_x \cdot c_x} + t_x', \quad (1.2)$$

где G_r, G_x – расходы горячего и холодного теплоносителей;

c_r, c_x – удельные теплоемкости горячего и холодного теплоносителей;

t_r', t_x' – температуры горячего и холодного теплоносителей на входе;

t_r'', t_x'' – температуры горячего и холодного теплоносителей на выходе.

Кроме того, известно, что количество тепла, передаваемого от одного теплоносителя другому, а, следовательно, и их конечные температуры, зависят от коэффициента теплопередачи и поверхности теплообмена. Коэффициент теплопередачи изменяется незначительно, поэтому условно будем считать его постоянной величиной. Поверхность теплообмена также является постоянной величиной.

Расход G_r можно стабилизировать или использовать для внесения эффективных регулирующих воздействий.

Расход G_x определяется другими технологическими процессами, а не процессом нагревания, поэтому он не может быть ни стабилизирован, ни

использован для внесения эффективных регулирующих воздействий. При изменении расхода G_x в теплообменник будут поступать сильные возмущения.

Температуры теплоносителей t_r , t_x , а также их удельные теплоемкости c_r , c_x определяются технологическими режимами других процессов, а не процессом нагревания, поэтому стабилизировать их или изменять при ведении процесса нагревания нецелесообразно, а иногда и даже невозможно.

Температура t_r является выходным параметром процесса и не может влиять на t_x .

Возмущающими воздействиями могут быть также изменение температуры окружающей среды и свойств теплопередающей стенки вследствие отложения на ней солей, а также из-за явления коррозии.

Анализ объекта управления показал, что большую часть возмущающих воздействий невозможно устранить. В связи с этим в качестве регулируемой величины следует брать температуру t_x , а регулирующее воздействие вносить путем изменения расхода G_r , что осуществляется одноконтурной АСР температуры (поз. 3), включающей в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (поз. 3-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический) (поз. 3-2); регулятор, входящий в состав МПК; преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал пневматический) (поз. 3-3), регулирующий клапан (поз. 3-4).

В качестве контролируемых величин следует брать расходы теплоносителей, их начальные и конечные температуры и давления. Знание текущих значений этих параметров требуется для нормального пуска, наладки и эксплуатации процесса. Кроме того, расход G_x и температуру t_x требуется знать для оперативного управления процессом.

Для контроля расхода горячего теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 1), включающий в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (поз. 1-1); прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 1-2); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический) (поз. 1-3).

Для контроля давления горячего теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 2), который включает в себя прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 2-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический) (поз. 2-2).

Для контроля расхода холодного теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 5), включающий в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (поз. 5-1); прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 5-2); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал также электрический) (поз. 5-3).

Для контроля давления холодного теплоносителя используется комплект средств автоматизации (поз. 4), который включает в себя прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 4-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал также электрический) (поз. 4-2).

Для контроля начальных и конечных температур теплоносителей используется комплект средств автоматизации (поз. 6), который включает в себя первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (поз. 6-1, 6-2, 6-3);

преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал электрический) (поз. 6-4).

Знание текущих значений этих параметров требуется для нормального пуска, наладки и эксплуатации процесса. Кроме того, расход горячего теплоносителя необходимо знать для расчета технико-экономических показателей, а расход холодного теплоносителя и его температуру на выходе – для оперативного управления процессом.

Сигнализации подлежит температура t_x на выходе из теплообменника, а также прекращение подачи теплоносителя. Кроме того, должно быть предусмотрено устройство защиты, которое перекроет линию горячего теплоносителя в случае прекращения подачи продукта.

Заканчивается описание функциональной схемы назначением, принятыми способами защиты оборудования, схем сигнализации, блокировок.

4. Выбор и обоснование средств автоматизации

В этом разделе необходимо обосновать следующие вопросы:

1. Выбор параметров процесса, подлежащих контролю, защите и сигнализации.
2. Выбор точек (мест), в которых необходимо контролировать параметры, характеризующие ход технологического процесса.
3. Выбор и обоснование методов контроля и типов приборов и их краткую характеристику.
4. В случае необходимости обосновать разработку новых датчиков.

Необходимо, чтобы предусматривался контроль всех основных параметров, характеризующих ход технологического процесса.

Обязательному контролю подлежат расходы сырья, готовой продукции и ее качество, различных химреагентов, обеспечивающих оптимальный ход технологического процесса; давление, температура и уровень жидких и

сыпучих веществ в технологических аппаратах; нагрузка (усилие) на подвижные элементы технологических установок и др.

На основании требований к автоматизации технологического процесса и опыта эксплуатации промышленной установки необходимо обосновать и выбрать с учетом специфики процесса типы регуляторов, приборов, первичных измерительных преобразователей, исполнительных и регулирующих устройств, средств дистанционного управления, сигнализации, защиты.

Выбор технических средств определяется требованиями и особенностями технологического процесса, технико-экономическими характеристиками средств и систем автоматизации и производится по каталогам и справочникам.

При выборе и обосновании средств автоматизации следует учитывать, что для пожаро- и взрывоопасных технологических процессов применяют пневматические технические средства, но при высоких требованиях к быстродействию и значительных расстояниях между источниками и приемниками сигналов информации применяют, как правило, электрические, достоинствами которых являются простота и относительно низкая стоимость.

При выборе следует также стремиться к применению однотипных технических средств, предпочтительно унифицированных комплексов, характеризующихся простотой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки. Использование однотипных средств дает значительные эксплуатационные преимущества как с точки зрения их настройки, так и при техническом обслуживании, ремонте.

В проектируемые системы автоматизации необходимо закладывать технические средства с тем классом точности, который определяется действительными требованиями объекта автоматизации. Как известно, чем выше класс системы измерения, тем выше его стоимость, сложнее эксплуатация.

Количество технических средств и их размещение должно быть ограниченным. Излишек аппаратуры является не менее вредным, чем ее недостаток: усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдений за основными приборами, определяющими ход технологического процесса, удлинняет сроки монтажных работ, увеличивает стоимость автоматизированного объекта.

Конкретные типы средств автоматизации выбирают с учетом особенностей технологического процесса и его параметров. В первую очередь принимают во внимание такие факторы, как пожаро- и взрывоопасность, агрессивность и токсичность среды, число параметров, участвующих в управлении, и их физико-химические свойства, дальность передачи сигналов информации и управления, требуемые точность и быстродействие. Эти факторы определяют выбор методов измерения технологических параметров, требуемые функциональные возможности регуляторов и приборов (законы регулирования, показание, запись и т.д.), диапазоны измерения, классы точности, вид дистанционной передачи и т.д.

Конкретные приборы и средства автоматизации следует подбирать по справочной литературе [12-19], исходя из следующих соображений:

- для контроля и регулирования одинаковых параметров технологического процесса необходимо применять однотипные средства автоматизации, выпускаемые серийно;
- при большом числе одинаковых параметров рекомендуется применять многоточечные приборы;
- при автоматизации сложных технологических процессов необходимо использовать вычислительные и управляющие машины;
- класс точности приборов должен соответствовать технологическим требованиям;
- для автоматизации технологических аппаратов с агрессивными средами необходимо предусматривать установку специальных

приборов, а в случае применения приборов в нормальном исполнении нужно защищать их.

Выбирая датчики и вторичные приборы для совместной работы, следует обращать внимание на согласование выходного сигнала датчика и входного сигнала вторичного прибора.

При выборе датчиков и приборов следует обращать внимание не только на класс точности, но и на диапазон измерения. Следует помнить, что номинальные значения параметра должны находиться в последней трети диапазона измерения датчика или прибора. При невыполнении этого условия относительная погрешность измерения параметра значительно превысит относительную приведенную погрешность датчика или прибора. Таким образом, не следует выбирать диапазон измерения с большим запасом (достаточно иметь верхний предел измерения, не более чем на 25% превышающий номинальное значение параметра).

Приводится краткая характеристика выбранных технических средств.

К примеру, раздел «Выбор и обоснование современных средств автоматизации» будет иметь следующий вид.

"Выбор и обоснование средств измерения расхода"

В химической промышленности для измерения расхода используются расходомеры переменного перепада давления, расходомеры постоянного перепада давления, расходомеры переменного уровня, электромагнитные расходомеры и т.д. На основании пределов измерения (D_y – условный проход, в мм; $D_y = 150$ мм, P_y – условное давление, в кгс/см²; $P_y = 6$ кгс/см²) для измерения расхода на линии подачи холодного и горячего теплоносителей в качестве первичного прибора используется диафрагма камерная ДК6-150 ГОСТ 26969-86 (поз. 1-1, 5-1), предназначенная для измерения расхода жидкостей, газов или паров по методу переменного перепада давления в соответствии с РД 50-213-80 «Измерение расходов жидкостей, газов и паров стандартными диафрагмами и сосудами». Материал корпуса: сталь 20, сталь 35. Материал диска: сталь 12x17,12x18 Н10Т.

Изготовители АОМ, РАОТ, ЧКМ, ТОЗЭ, ПОТ, ИФАОН, ЧЗП, НПКЭ [14]. Измерение расхода по методу переменного перепада давления основано на том, что расход зависит от перепада давления образующегося в сужающем устройстве в результате частичного перехода потенциальной энергии в кинетическую. Выбор данной диафрагмы обусловлен измеряемой средой, условным давлением $P_y = 6 \text{ кгс/см}^2$, условным проходом $D_y = 150 \text{ мм}$.

Сигнал с диафрагмы поступает на преобразователь разности давлений. В последнее время в промышленности получили распространение приборы для измерения давления «Сапфир», в которых в качестве чувствительного элемента служит сапфировая мембрана с напыленными полупроводниковыми сопротивлениями. Воздействие измеряемого параметра, преобразованное в усилие, вызывает изменение напряженного состояния тензорезисторов, жестко соединенных с чувствительным элементом тензомодуля, который размещен внутри измерительного блока первичного преобразователя. Изменение сопротивления тензорезисторов преобразуется в токовый выходной сигнал.

Поскольку на линии подачи холодного и горячего теплоносителей ΔP (перепад давления на сужающем устройстве) составляет $0,1 \text{ кгс/см}^2 \approx \approx 0,01 \text{ МПа} = 10 \text{ кПа}$, то верхний предел измерения должен быть $12,5 \text{ кПа}$, т.е. в качестве преобразователя разности давлений выбираем Сапфир-22М-ДД ТУ 25-2472.0049-89 модель 2430 с верхним пределом измерения 16 кПа (предельно допустимое рабочее избыточное давление $16; 25 \text{ МПа}$) (поз. 1-2, 5-2). Преобразователь предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование разности давлений нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал [14].

Блок преобразования сигналов, искрозащиты и питания БПС-90К ТУ 25-7439.0016-90 (поз. 1-3, 5-3) обеспечивает линеаризацию статической характеристики преобразователя при измерении расхода по методу перепада

давления на сужающем устройстве. Унифицированные выходные сигналы постоянного тока: 0-5; 0-20; 4-20 мА. Напряжение питания – 200 или 240 В. Изготовитель АОМ [18].

Выбор и обоснование средств измерения давления

На основании параметров технологического процесса (давление на линии подачи холодного и горячего теплоносителей составляет $6 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,6 \text{ МПа}$, т.е. верхний предел измерения преобразователя должен быть не более $0,75 \text{ МПа}$) в качестве преобразователя избыточного давления выбираем Сапфир-22М-ДИ ТУ 25-2472.0049-89 модель 2150 42 1281 5487 (поз. 2-1, 4-1) с верхним пределом измерения $1,0 \text{ МПа}$ (предел допускаемой основной погрешности 0,25; 0,5%), который предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления техническими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование избыточного давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал. Выходной сигнал: 0-5; 4-20 мА. Питание постоянным током 36 В. Габаритные размеры – $112 \times 245 \times 110 \text{ мм}$. Масса не более 3 кг. Изготовитель НППС, ЧЗП, ЧКМ [18].

Блок преобразования сигналов, искрозащиты и питания БПС-90П ТУ 25-7439.0016-90 (поз. 2-2, 4-2) обеспечивает получение линейной зависимости между формируемым выходным унифицированным токовым сигналом и измеряемым параметром (давление, уровень, разность давлений). Унифицированные выходные сигналы постоянного тока: 0-5; 0-20; 4-20 мА. Напряжение питания – 200 или 240 В. Изготовитель АОМ [18].

Выбор и обоснование средств измерения температуры

На основании параметров технологического процесса (температура $t_x = 120 \text{ }^\circ\text{C}$) выбираем в качестве средств измерения температуры термометры сопротивления, принцип действия которых основан на свойстве металлов и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление

при изменении температуры. Для измерения температуры нагретого продукта используется термопреобразователь сопротивления медный ТСМ-0193-01, ТУ 311-00226253.035-93 (поз. 3-1). Он предназначен для измерения температуры газообразных и жидких сред в различных отраслях промышленности. Рабочий диапазон измеряемых температур: от минус 50 до 180 °С. Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т или 08Х13. Аналог ТСМ-1088, ТСМ-0879 (ЛЭ). Изготовитель ЧТП, ЧКМ, ПОТ [15].

Исходя из пределов измерения первичного прибора для преобразования сигналов от термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока выбираем нормирующий преобразователь температуры НПТ-2, ТУ 4227-028-10474265-98 42 2710 модель НПТ-2.1 (поз. 3-2). Выходной сигнал постоянного тока: 0-5; 4-20 мА. Диапазон измерения: от минус 50 до 200 °С. Габаритные размеры: 145x61x32 мм. Изготовитель НППА [17].

Для контроля температуры на линиях подачи теплоносителей, равной 20-150 °С, применяется термопреобразователь сопротивления медный ТСМ-0193-01, ТУ 311-00226253.035-93 (поз. 6-1, 6-2, 6-3) [15]. В качестве вторичного прибора используется многоканальный измерительный преобразователь Ш9327, ТУ 4227-005-12296299-95 (поз. 6-4). Он предназначен для многоканального преобразования сигналов датчиков температуры типа ТСП, ТСМ, ТХА, ТХК, ТПП, ТПР, ТВР, ТМК и других датчиков, имеющих унифицированные сигналы постоянного тока или напряжения в цифровой код. Выходной интерфейс 1РПС или RS 232/RS 485. Класс точности – 0,25. Габаритные размеры основного блока: 266x482x323 мм. Изготовитель НППС, ЧКМ (поставка) [17].

Выбор и обоснование преобразователей сигналов

В качестве преобразователя унифицированного токового сигнала в аналоговый пневматический сигнал используется преобразователь типа ЭПП-1 (поз. 3-3). Преобразователь ЭПП-1 предназначен для аналогового

преобразования входного электрического сигнала постоянного тока в аналоговый пневматический сигнал. Входной электрический сигнал 0-5 мА. Выходной пневматический сигнал 0,2-1,0 кгс/см². Давление питания 1,4 кгс/см². Основная погрешность – 1 %. Изготовитель ХАОТ [17]. Унифицированный выходной пневматический сигнал поступает на регулирующий клапан 25с48нж (поз. 3-4).

Все выбранные и используемые технические средства включаются в ведомость спецификации. На основе анализа технологической схемы и комплекса технических средств автоматизации, составляются сводные таблицы входных и выходных параметров технологического процесса.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ НА ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ВАРИАНТ № 1

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

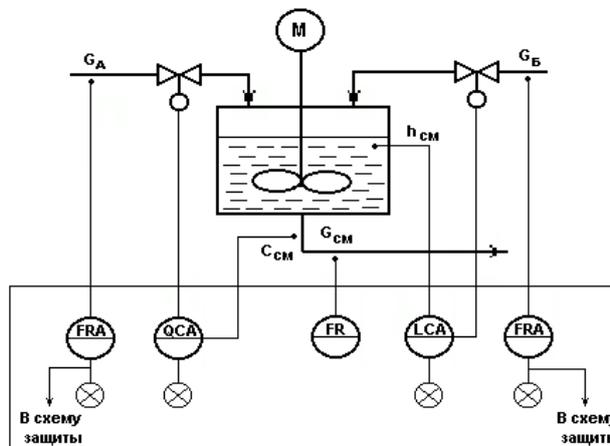


Рисунок А.1 – Схема автоматизации емкости с мешалкой (аппарата непрерывного действия), в которой смешиваются две жидкости *A* (с концентрацией целевого компонента C_a) и *B* (с концентрацией целевого компонента C_b) для получения гомогенизированного раствора с заданной концентрацией целевого компонента $C_{см}$

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации аппарата с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход G_a ; $D_y = 50$ мм; P_y – условное давление G_a ; $P_y = 0,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_a ; $\Delta P = 0,4$ МПа;
 D_y – условный проход G_b ; $D_y = 50$ мм; P_y – условное давление G_b ; $P_y = 0,4$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_b ; $\Delta P = 0,1$ МПа;
 D_y – условный проход $G_{см}$; $D_y = 50$ мм; P_y – условное давление $G_{см}$; $P_y = 1,2$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{см}$; $\Delta P = 0,01$ МПа;
 $L = 1,5 \pm 0,5$ м, $L_{min} = 0,5$ м, $\Delta P_{app.} = 2$ МПа,
 $pH = 7$, $pH_{min} = 6,8$.

ВАРИАНТ № 2

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

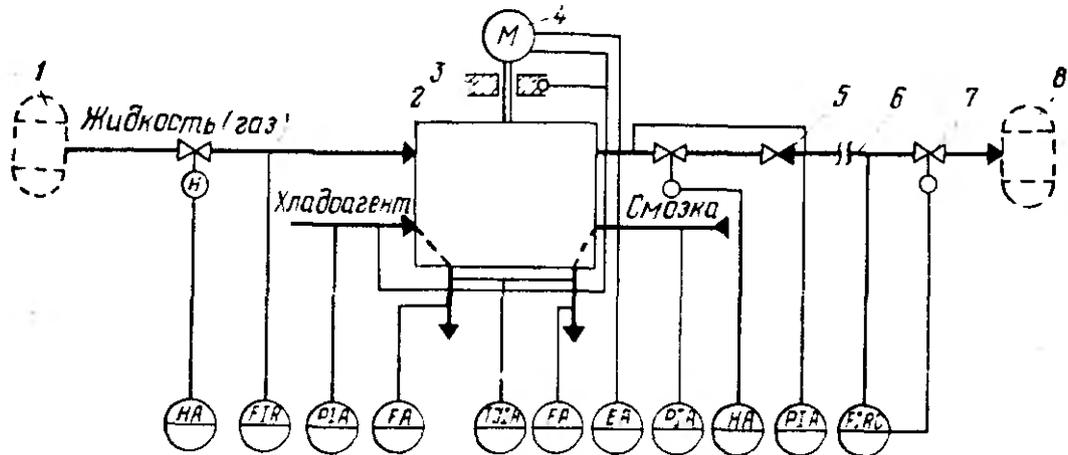


Рисунок А.2 – Схема автоматизации процесса перемещения жидкости: 1,8 – технологические аппараты; 2 – насос (компрессор); 3 – подшипники; 4 – электродвигатель; 5 – обратный клапан; 6 – трубопровод; 7 – дроссельный орган

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{ж}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{ж}$; $P_y = 0,3$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{ж}$; $\Delta P = 0,05$ МПа;

D_y – условный проход $G_{хл}$; $D_y = 50$ мм; P_y – условное давление $G_{хл}$; $P_y = 0,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{хл}$; $\Delta P = 0,4$ МПа;

D_y – условный проход $G_{см}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{см}$; $P_y = 0,8$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{см}$; $\Delta P = 0,6$ МПа;

D_y – условный проход $G_{вык}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{вык}$; $P_y = 0,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{вык}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

$P_{хладоагент} = 0,1 \pm 0,01$ МПа, $P_{смазка} = 0,5 \pm 0,01$ МПа, $P_{жидкость} = 2 \pm 0,1$ МПа,

$T_{смазка} = 40 \pm 2$ °С, $T_{хладоагент} = 20 \pm 5$ °С, $T_{подшипн.} = 50 \pm 5$ °С.

ВАРИАНТ № 3

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

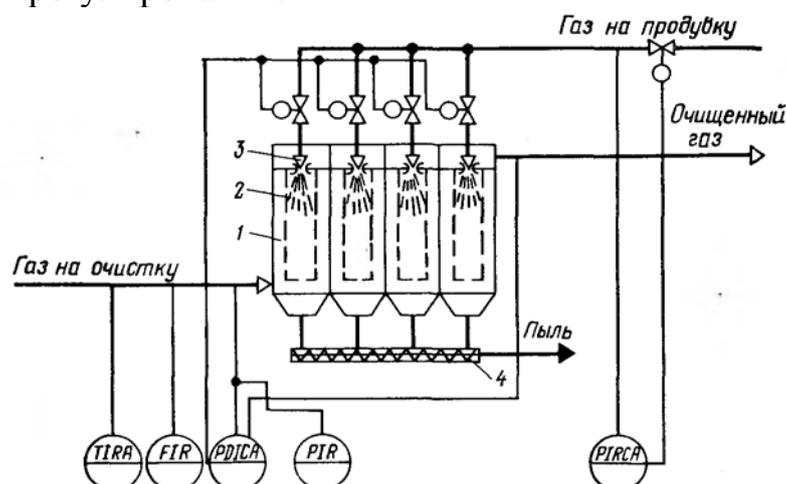


Рисунок А.3 – Схема автоматизации процесса фильтрации газовых систем:

1 – корпус фильтра; 2 – рукава; 3 – сопло импульсной продувки; 4 – шнек

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{\text{газ}}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{газ}}$; $P_y = 0,5$

МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{газ}}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

$\Delta P_{\text{газа}} = 10 \pm 0,01$ МПа, $P_{\text{газа}} = 5 \pm 0,01$ МПа, $P_{\text{газа на продувку}} = 8 \pm 0,05$ МПа,

$P_{\text{макс. газа на продувку}} = 10$ МПа,

$T = 50 \pm 5$ °С, $T_{\text{макс. газа}} = 80$ °С.

ВАРИАНТ № 4

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

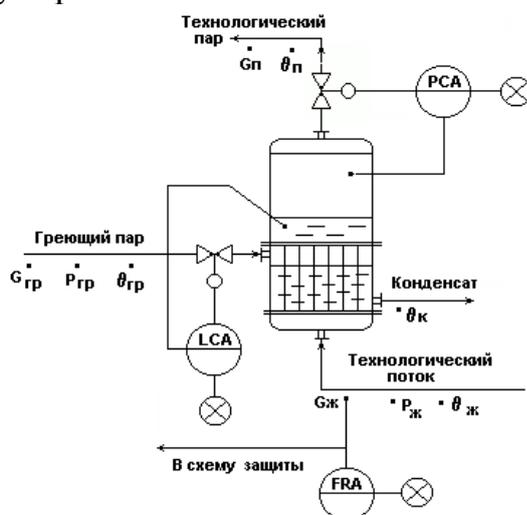


Рисунок А.4 – Схема автоматизации испарителя (кожухотрубного теплообменника с изменяющимся агрегатным состоянием теплоносителя и технологического потока)

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации аппарата с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{ж}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{ж}$; $P_y = 0,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{ж}$; $\Delta P = 0,1$ МПа; $P = 0,8 \pm 0,01$ МПа, $P_{max} = 1$ МПа, $P_{min} = 0,2$ МПа, $L = 1,0 \pm 0,2$ м, $L_{min} = 50 \% L$, $L_{max} = 80 \% L$, $\Delta P_{куб.апп} = 0,5$ МПа.

ВАРИАНТ № 5

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

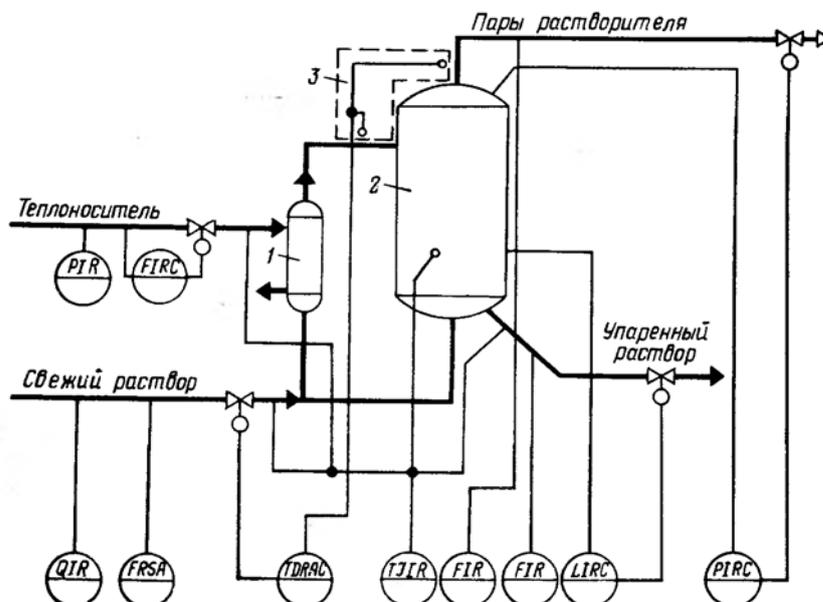


Рисунок А.5 – Схема автоматизации процесса выпаривания:

1 – кипятильник; 2 – выпарной аппарат; 3 – устройство для измерения температурной депрессии

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{\text{теплонос.}}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{теплонос.}}$; $P_y = 2,2$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{теплонос.}}$; $\Delta P = 1$ МПа;

D_y – условный проход $G_{\text{св.раств.}}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{св.раств.}}$; $P_y = 3,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{св.раств.}}$; $\Delta P = 2$ МПа;

D_y – условный проход $G_{\text{пары раств.}}$; $D_y = 50$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{пары раств.}}$; $P_y = 1,6$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{пары раств.}}$; $\Delta P = 0,01$ МПа;

D_y – условный проход $G_{\text{уп.раств.}}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{уп.раств.}}$; $P_y = 2,4$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{уп.раств.}}$; $\Delta P = 0,05$ МПа;

$P_{\text{теплонос.}} = 0,2 \pm 0,01 \text{ МПа}$, $\Delta T = 10 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{св. раствора}} = 40 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{теплонос.}} = 180 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$,
 $T_{\text{уп. раствора}} = 80 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{апп.}} = 150 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$,
 $P_{\text{апп.}} = 5 \pm 0,01 \text{ МПа}$, $L_{\text{апп.}} = 5 \pm 0,5 \text{ м}$, $\Delta P_{\text{куб.апп.}} = 1 \text{ МПа}$, $\text{pH} = 5,5$.

ВАРИАНТ № 6

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

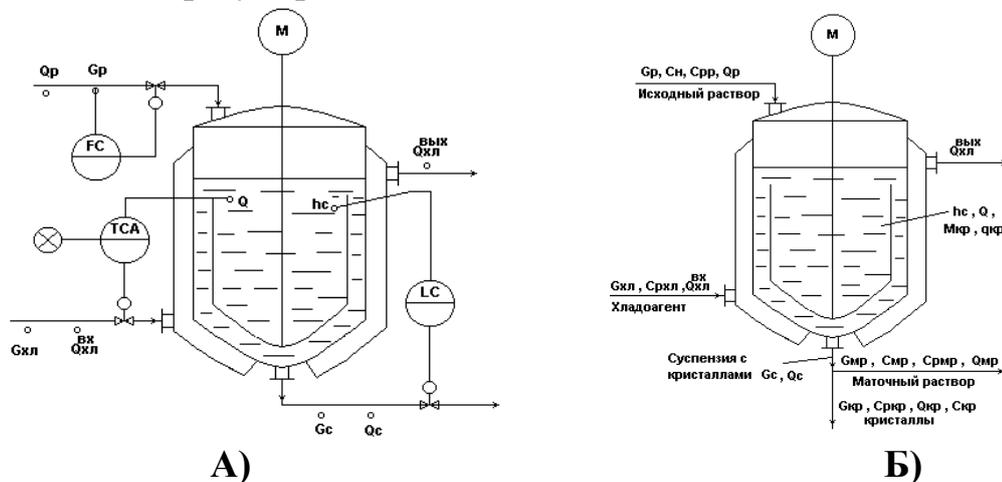


Рисунок А.6 – Схема автоматизации кристаллизатора непрерывного действия с мешалкой:

в схеме принято: $G_c = G_{\text{мр}} + G_{\text{кр}}$; $\theta_{\text{мр}} = \theta_{\text{кр}} = \theta_c = \theta$; $C_{\text{кр}} = 1$, т.е. кристаллы чистые.

Исходный горячий насыщенный раствор подается сверху в аппарат, где охлаждается с помощью хладоносителя, подаваемого в рубашку и становится пересыщенным. В результате пересыщения раствора и при интенсивном перемешивании происходит кристаллизация целевого компонента из раствора с образованием кристаллов ($M_{\text{кр}} \rightarrow G_{\text{кр}}$). При этом концентрация раствора понижается и оставшаяся жидкая фаза $G_{\text{мр}}$ в смеси с $G_{\text{кр}}$ в виде потока суспензии G_c выводится из процесса

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

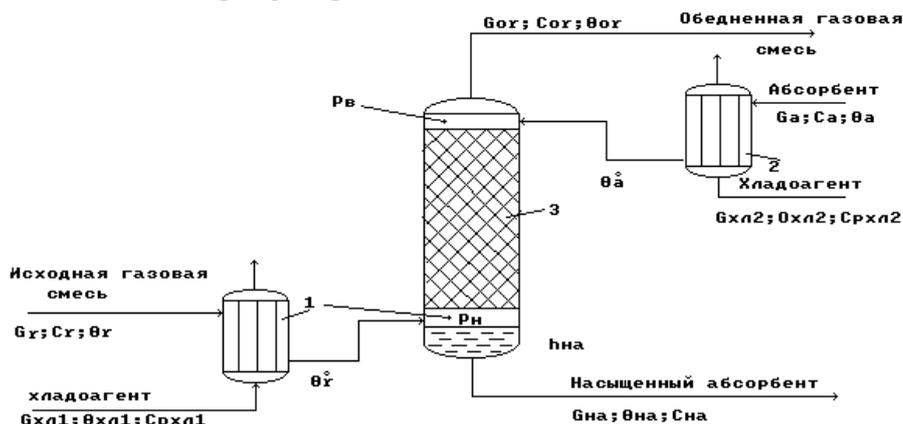
3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

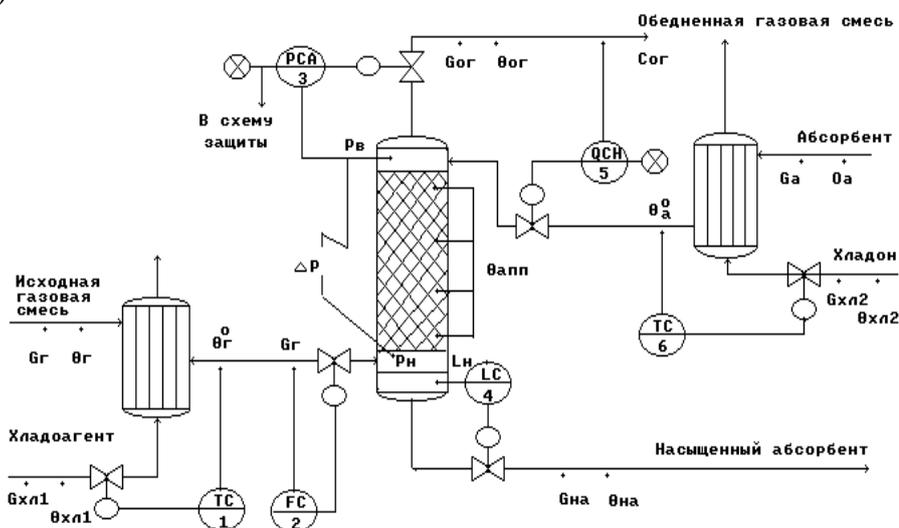
D_y – условный проход G_p ; $D_y = 150 \text{ мм}$; P_y – условное давление G_p ; $P_y = 0,3 \text{ МПа}$;
 ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_p ; $\Delta P = 0,2 \text{ МПа}$;
 $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{min}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{max}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$, $L = 20,0 \pm 0,2 \text{ м}$, $\Delta P_{\text{куб.апп.}} = 3 \text{ МПа}$.

ВАРИАНТ № 7

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.



а)



б)

Рисунок А.7 – Схема автоматизации (б) абсорбционной установки (а):
1, 2 – холодильники; 3 – абсорбционная насадочная колонна

Исходная газовая смесь G_g и абсорбент G_a в холодильниках 1 и 2 охлаждаются до заданных температур θ_g^0 и θ_a^0 и противотокм подаются в колонну 3. В колонне 3 происходит извлечение целевого (распределяемого) компонента из исходной газовой смеси с помощью жидкого абсорбента. В результате массообменного процесса между газовой и жидкой фазами получают:

- в низу колонны – насыщенный абсорбент $G_{на}$ с концентрацией целевого (распределяемого) компонента $c_{на}$;
- в веру колонны – обедненную газовую смесь $G_{ог}$ с концентрацией целевого (распределяемого) компонента $c_{ог}$.

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход G_r ; $D_y = 200$ мм; P_y – условное давление G_r ; $P_y = 5$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_r ; $\Delta P = 0,1$ МПа;

D – диаметр трубопровода для подбора клапана на выходе из хол. 1; $D = 200$ мм,
 $T_{\theta r 0} = 50 \pm 5$ °С,

D – диаметр трубопровода для подбора клапана на линии обедненной газовой смеси; $D = 150$ мм,

$P_{\text{апп}} = 0,12 \pm 0,005$ МПа, $P_{\text{max}} = 0,14$ МПа, $L = 1,5 \pm 0,4$ м, $\Delta P_{\text{куб.апп.}} = 0,5$ МПа,
 $T_{\theta a 0} = 20 \pm 3$ °С,

D – диаметр трубопровода для подбора клапана на линии хладоносителя;
 $D = 100$ мм,

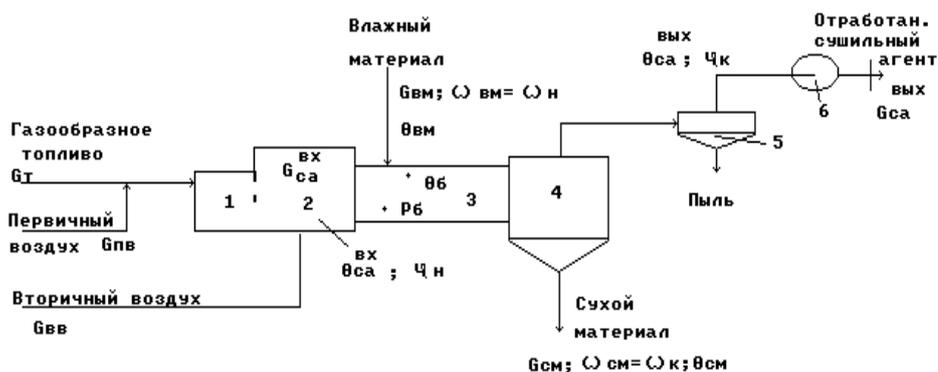
D – диаметр трубопровода для подбора клапана на линии хладоагента;
 $D = 100$ мм,

D – диаметр трубопровода для подбора клапана на линии насыщенного абсорбента; $D = 150$ мм.

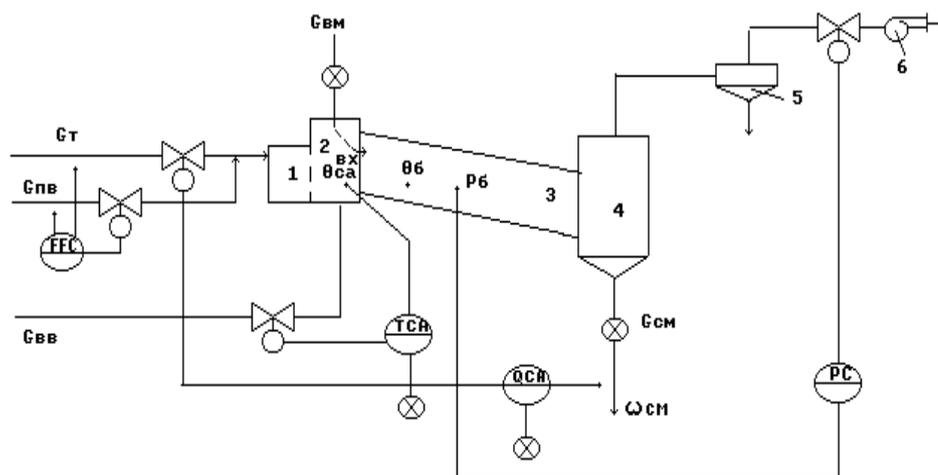
Предусмотреть анализ содержания кислорода в обедненной газовой смеси.

ВАРИАНТ № 8

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.



а)



б)

Рисунок А.8 – Схема автоматизации (б) барабанной сушилки прямоточного действия (а):

1 – топка; 2 – смешивательная камера; 3 – сушильный барабан; 4 – бункер; 5 – циклон; 6 – вентилятор

Газообразное топливо G_T подается с первичным воздухом $G_{ПВ}$ через горелки в топку 1, где сжигается для получения сушильного агента. Формирование сушильного агента осуществляется в смешивательной камере 2, куда подается вторичный воздух $G_{ВВ}$. Влажный материал подается с помощью автоматического дозатора 7 в сушильный барабан 3. Барабан наклонно расположен и вращается со скоростью 4–5 об/мин, так что материал перемещается вдоль барабана и высушивается к моменту попадания в бункер 4 до определенной влажности $\omega_{см}$. Сухой материал $G_{СМ}$ отгружается из бункера 4 автоматическим дозатором 7. Отработанный сушильный агент $G_{СА}$ в циклоне 5 очищается от пыли и вентилятором 6 выводится из процесса.

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход G_T ; $D_y = 250$ мм; P_y – условное давление G_T ; $P_y = 10$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_T ; $\Delta P = 3$ МПа;

D_y – условный проход $G_{пв}$; $D_y = 200$ мм; P_y – условное давление $G_{пв}$; $P_y = 12$

МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{пв}$; $\Delta P = 2$ МПа;

$T = 750 \pm 10$ °С, $T_{max} = 850$ °С, $P = 0,2 \pm 0,001$ МПа,

D – диаметр трубопровода для подбора клапана на линии вторичного воздуха; $D_{yвв} = 100$ мм,

D – диаметр трубопровода для подбора клапана на линии отработанного сушильного агента; $D_y = 100$ мм.

Предусмотреть анализ влажности $\omega_{см}$ сухого материала.

паровой поток G_{yn} выводится из верха колонны и подается в дефлегматор 4, где конденсируется.

Конденсат собирается во флегмовой емкости 5. Из сборника флегмы отбирается два потока: поток дистиллята G_d – целевой продукт; поток флегмы $G_{фл}$ – жидкая фаза, используемая для орошения верха колонны.

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{гр}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{гр}$; $P_y = 0,4$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{гр}$; $\Delta P = 0,02$ МПа;

D_y – условный проход $G_{п}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{п}$; $P_y = 0,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{п}$; $\Delta P = 0,01$ МПа;

$T_{\thetaп} = 80 \pm 5$ °С, $P_{апп} = 0,1 \pm 0,05$ МПа, $P_{max} = 0,15$ МПа,

$T_{\thetaв} = 120 \pm 1$ °С, $T_{\thetaвmax} = 140$ °С,

$L_{фл} = 0,5 \pm 0,1$ м, $L_{флmax} = 1,5$ м, $\Delta P_{куб.фл.ем.} = 0,3$ МПа,

$L_{к} = 2,5 \pm 0,4$ м, $L_{кmax} = 3,5$ м, $\Delta P_{куб.апп.} = 0,2$ МПа.

ВАРИАНТ № 10

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

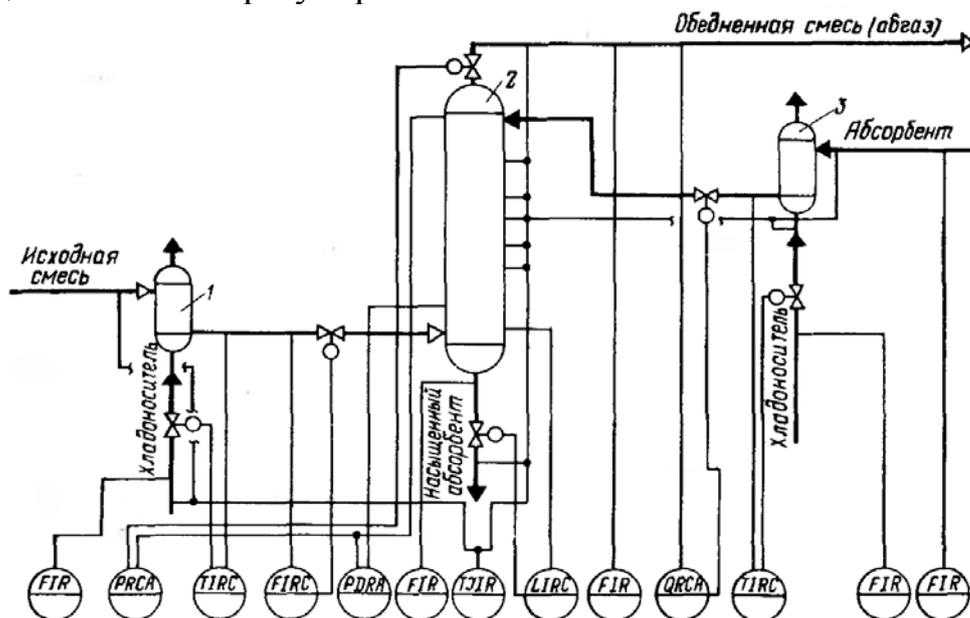


Рисунок А.10 – Схема автоматизации процесса абсорбции:

1,3 – холодильники; 2 – абсорбционная колонна

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{хл1}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{хл1}$; $P_y = 2$

МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{хл1}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

D_y – условный проход $G_{см}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{см}$; $P_y = 5$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{см}$; $\Delta P = 1$ МПа;

D_y – условный проход $G_{нас.аб.}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{нас.аб.}$;

$P_y = 6$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{нас.аб.}$; $\Delta P = 2$ МПа;

D_y – условный проход $G_{абгаз}$; $D_y = 200$ мм; P_y – условное давление $G_{абгаз}$;

$P_y = 3$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{абгаз}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

D_y – условный проход $G_{хл3}$; $D_y = 200$ мм; P_y – условное давление $G_{хл3}$; $P_y = 4$

МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{хл3}$; $\Delta P = 0,2$ МПа;

D_y – условный проход $G_{аб}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{аб}$; $P_y = 5$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{аб}$; $\Delta P = 0,2$ МПа;

$T_{см. на входе в хол.1} = 30 \pm 1$ °С, $T_{см. на выходе из хол.1} = 60 \pm 1$ °С, $P_{апп} = 4 \pm 0,01$ МПа,

$P_{max} = 6$ МПа; $\Delta P_{апп} = 2$ МПа,

$T_{\text{см. на входе в хол.з}} = 20 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{см. на выходе из хол.з}} = 50 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{апп}} = 110 \dots 250 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{абгаза}} = 120 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $L = 5 \pm 0,1 \text{ м}$, $L_{\text{max}} = 6 \text{ м}$, $\Delta P_{\text{куб.апп}} = 5 \text{ МПа}$.
Обедненная газовая смесь, состав: NH_3 , CO , пары H_2O .

ВАРИАНТ № 11

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

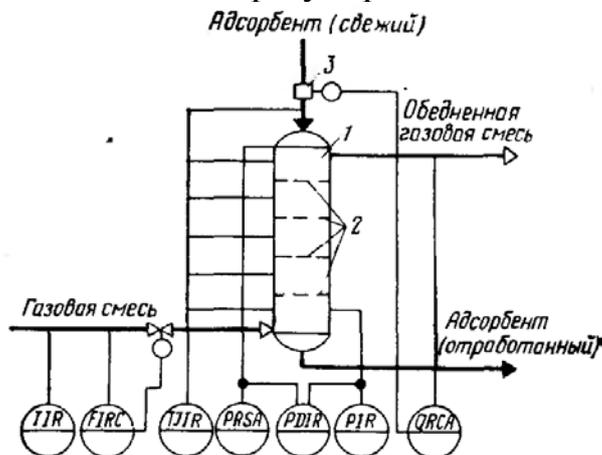


Рисунок А.11 – Схема автоматизации процесса адсорбции

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{\text{г.см}}$; $D_y = 100 \text{ мм}$; P_y – условное давление $G_{\text{г.см}}$; $P_y = 5 \text{ МПа}$; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{г.см}}$; $\Delta P = 0,02 \text{ МПа}$;
 $T_{\text{г.см. на входе}} = 80 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{адсорбента на входе}} = 30 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{апп.}} = 50 \dots 180 \text{ } ^\circ\text{C}$,
 $T_{\text{г.см. на выходе}} = 220 \text{ } ^\circ\text{C}$, $P_{\text{апп}} = 2 \dots 8 \text{ МПа}$, $P_{\text{max}} = 10 \text{ МПа}$.
Обедненная газовая смесь, состав: NH_3 , CO_2 , CO , пары H_2O .

ВАРИАНТ № 12

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

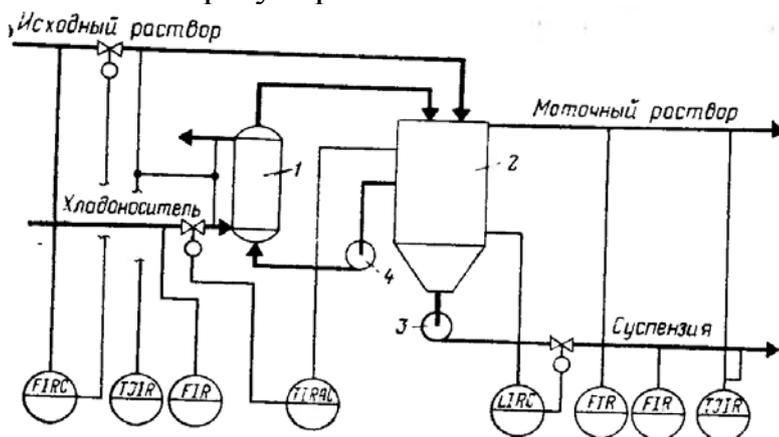


Рисунок А.12 – Схема автоматизации процесса кристаллизации: 1 – холодильник; 2 – кристаллизатор; 3 – насос суспензии; 4 – циркуляционный насос

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{исх.см}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{исх.см}$; $P_y = 0,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{исх.см}$; $\Delta P = 0,02$ МПа;

D_y – условный проход $G_{хл}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{хл}$; $P_y = 0,6$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{хл}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

D_y – условный проход $G_{мат.раств.}$; $D_y = 200$ мм; P_y – условное давление $G_{мат.раств.}$; $P_y = 1$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{мат.раств.}$; $\Delta P = 0,2$ МПа;

D_y – условный проход $G_{сусп.}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{сусп.}$; $P_y = 2$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{сусп.}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

$T_{исх.раств.} = 50$ °С, $T_{хладонос.} = 10$ °С, $T_{вых.холод.} = 20$ °С, $T_{апп.} = 30$ °С, $T_{min} = 5$ °С,

$T_{max} = 40$ °С, $T_{мат.раств.} = 25$ °С, $T_{сусп.} = 15$ °С,

$L = 40,0 \pm 0,2$ м, $\Delta P_{апп.} = 2$ МПа.

ВАРИАНТ № 13

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

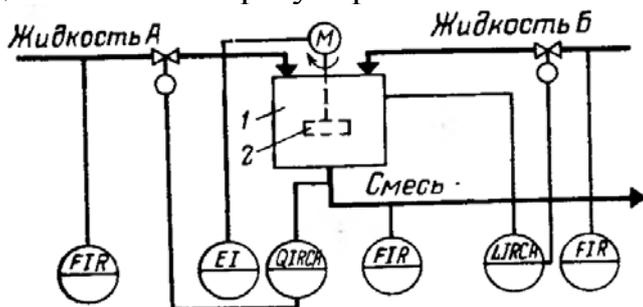


Рисунок А.13 – Схема автоматизации процесса смешения жидкостей:
1 – емкость; 2 – механическая мешалка

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{\text{жид.А}}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{жид.А}}$; $P_y = 1$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{жид.А}}$; $\Delta P = 0,2$ МПа;

D_y – условный проход $G_{\text{жид.Б}}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{жид.Б}}$; $P_y = 1,5$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{жид.Б}}$; $\Delta P = 0,3$ МПа;

D_y – условный проход $G_{\text{см}}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{см}}$; $P_y = 1,8$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{см}}$; $\Delta P = 0,4$ МПа;
 $L = 20,0 \pm 0,1$ м, $\Delta P_{\text{апп.}} = 1$ МПа,
 $pH = 7$, $pH_{\text{min}} = 6,8$.

ВАРИАНТ № 14

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

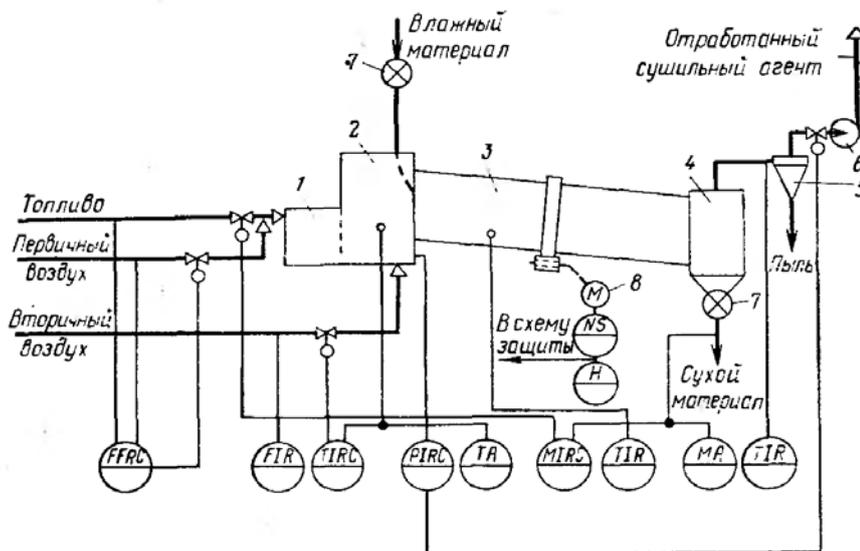


Рисунок А.14 – Схема автоматизации процесса сушки:

1 – топка; 2 – смесительная камера; 3 – барабан; 4 – бункер; 5 – циклон; 6 – вентилятор; 7 – автоматический дозатор; 8 – электродвигатель барабана

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход G_T ; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление G_T ; $P_y = 0,6$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_T ; $\Delta P = 0,5$ МПа;

D_y – условный проход $G_{пв}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{пв}$; $P_y = 1,1$

МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{пв}$; $\Delta P = 0,2$ МПа;

D_y – условный проход $G_{вв}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{вв}$; $P_y = 1,5$

МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{вв}$; $\Delta P = 0,1$ МПа;

$T_{см.} = 680$ °С, $T_{max} = 750$ °С, $T_{см.к.} = 800$ °С, $T_{бараб.} = 550$ °С, $T_{вых.} = 210$ °С,

$P_{app.} = 3$ МПа.

ВАРИАНТ № 15

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

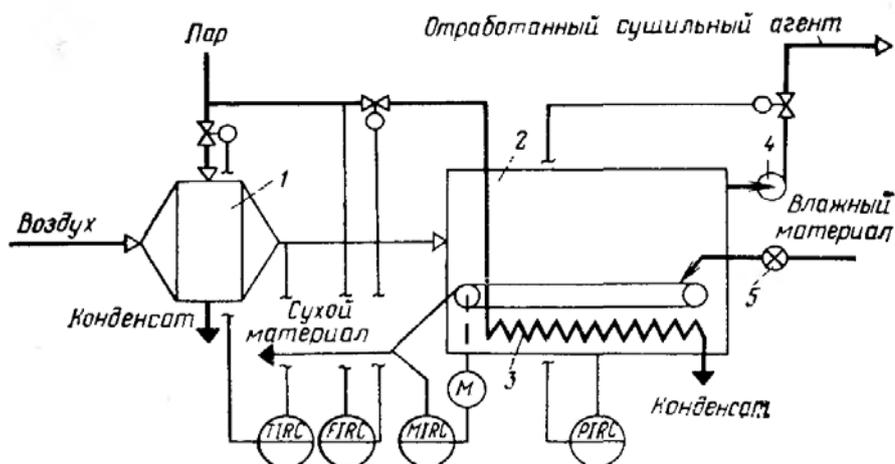


Рисунок А.15 – Схема автоматизации ленточной (конвейерной) сушилки:

1 – калорифер; 2 – сушилка; 3 – дополнительный подогреватель; 4 – вентилятор; 5 – питатель

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход $G_{\text{пар}}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{\text{пар}}$; $P_y = 2$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{\text{пар}}$; $\Delta P = 0,05$ МПа; $T = 320$ °С, $P_{\text{апп}} = 2 \dots 8$ МПа, $P_{\text{max}} = 10$ МПа.

ВАРИАНТ № 16

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

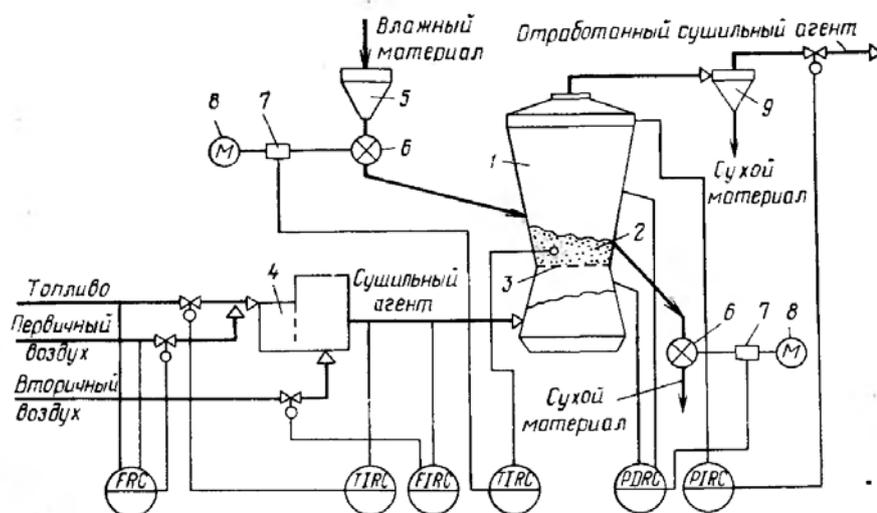


Рисунок А.16 – Схема автоматизации процесса сушки в сушилке с кипящим слоем:

1 – сушилка; 2 – кипящий слой; 3 – решетка; 4 – топка; 5 – промежуточный бункер; 6 – питатели; 7 – вариаторы; 8 – электродвигатели; 9 – циклон

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

D_y – условный проход G_T ; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление G_T ; $P_y = 5$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве G_T ; $\Delta P = 0,5$ МПа;

D_y – условный проход $G_{пв}$; $D_y = 100$ мм; P_y – условное давление $G_{пв}$; $P_y = 1$ МПа;

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{пв}$; $\Delta P = 0,02$ МПа;

D_y – условный проход $G_{суш. аг.}$; $D_y = 150$ мм; P_y – условное давление $G_{суш. аг.}$;

$P_y = 4$ МПа; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве $G_{суш. аг.}$;

$\Delta P = 0,1$ МПа;

$T_{суш. аг.} = 480$ °С, $T_{max} = 550$ °С, $T_{app.} = 700$ °С, $\Delta P_{app.} = 2$ МПа, $P_{app.} = 5$ МПа.

ВАРИАНТ № 17

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

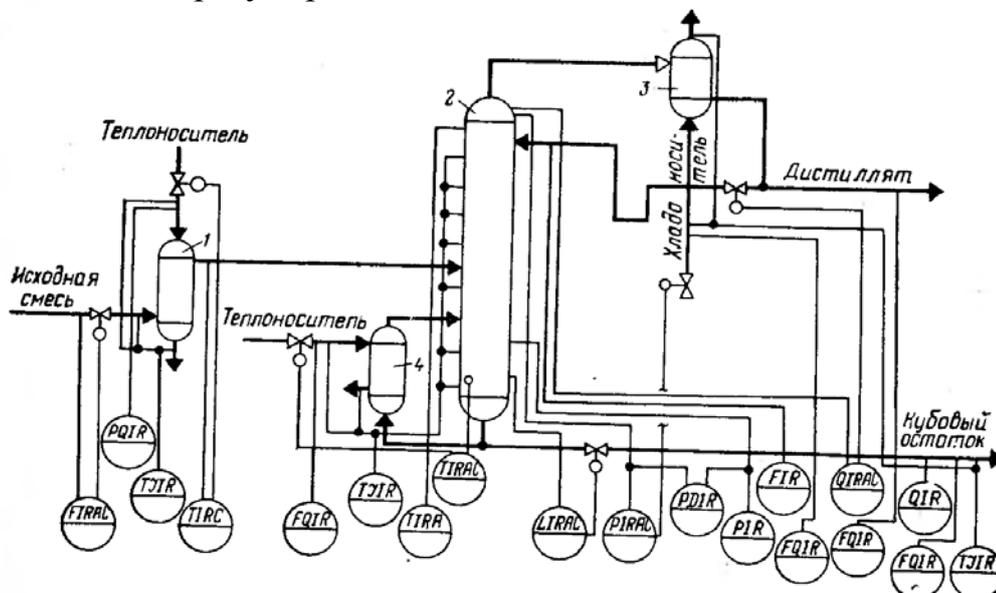


Рисунок А.17 – Схема автоматизации процесса ректификации:
1 – теплообменник исходной смеси; 2 – ректификационная колонна;
3 – дефлегматор; 4 – кипятильник

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве, D_y – диаметр трубопровода для подбора клапанов и диафрагм на линии подачи исходной смеси; $D_y = 100$ мм, $P_y = 10$ МПа, $\Delta P = 1$ МПа,

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве, D_y – диаметр трубопровода для подбора клапанов и диафрагм на линии подачи теплоносителя; $D_y = 100$ мм, $P_y = 5$ МПа, $\Delta P = 0,01$ МПа,

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве, D_y – диаметр трубопровода для подбора клапанов и диафрагм на линии подачи дистиллята; $D_y = 150$ мм, $P_y = 4$ МПа, $\Delta P = 0,3$ МПа,

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве, D_y – диаметр трубопровода для подбора клапанов и диафрагм на линии кубового остатка; $D_y = 100$ мм, $P_y = 2$ МПа, $\Delta P = 0,01$ МПа,
 $T_{\text{теплонос.}} = 200 \dots 380^\circ\text{C}$, $T_{\text{апп.}} = 320 \dots 650^\circ\text{C}$, $T_{\text{куб.ост.}} = 120^\circ\text{C}$, $T_{\text{дист.}} = 80^\circ\text{C}$,
 $T_{\text{хладонос.}} = 30 \dots 48^\circ\text{C}$, $\Delta P_{\text{апп.}} = 4$ МПа, $P_{\text{апп.}} = 3$ МПа, $P = 2 \dots 8$ МПа,
 $L = 20,0 \pm 0,1$ м, $\Delta P_{\text{куб.апп.}} = 1$ МПа.
 Газовая смесь, состав: NH_3 , CO , пары H_2O .

ВАРИАНТ № 18

1. Провести анализ аппарата как объекта управления. Классифицировать технологические переменные на входные и выходные, выделить каналы регулирования.

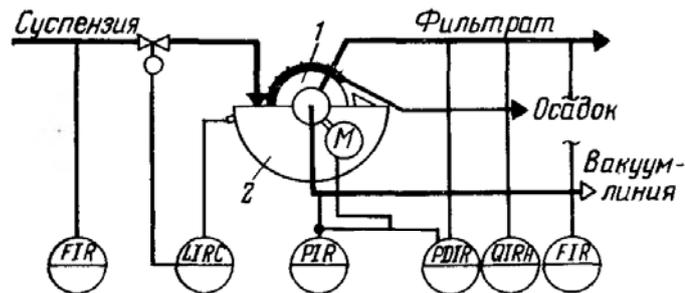


Рисунок А.18 – Схема автоматизации процесса фильтрации жидких систем:

1 – барабан (диск); 2 – ванн

2. Разработать развернутую функциональную схему автоматизации объекта с использованием регулирующего контроллера. Выполнить схему функциональную автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Выбрать и обосновать средства автоматизации с учетом указанных технологических параметров. Составить спецификацию на приборы и средства автоматизации.

Исходные данные для выбора средств автоматизации:

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве, D_y – диаметр трубопровода для подбора клапанов и диафрагм на линии подачи суспензии; $D_y = 100$ мм, $P_y = 2,5$ МПа, $\Delta P = 0,01$ МПа,

ΔP – перепад давления на сужающем устройстве, D_y – диаметр трубопровода для подбора клапанов и диафрагм на линии фильтрата; $D_y = 150$ мм, $P_y = 1,5$ МПа, $\Delta P = 0,2$ МПа,

$\Delta P_{\text{апп.}} = 1,5$ МПа, $P_{\text{вакуум-линии}} = 2,0$ МПа, $T = 20 \dots 50^\circ\text{C}$,

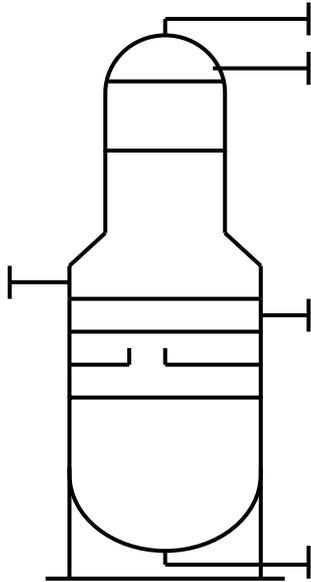
$L = 10,0 \pm 0,1$ м, $\Delta P_{\text{ванна}} = 0,5$ МПа.

Приложение 1

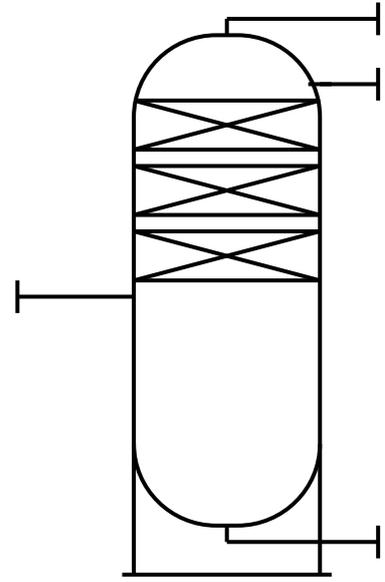
Технологическая аппаратура и оборудование

Колонны (К-)

тарельчатые



насадочные



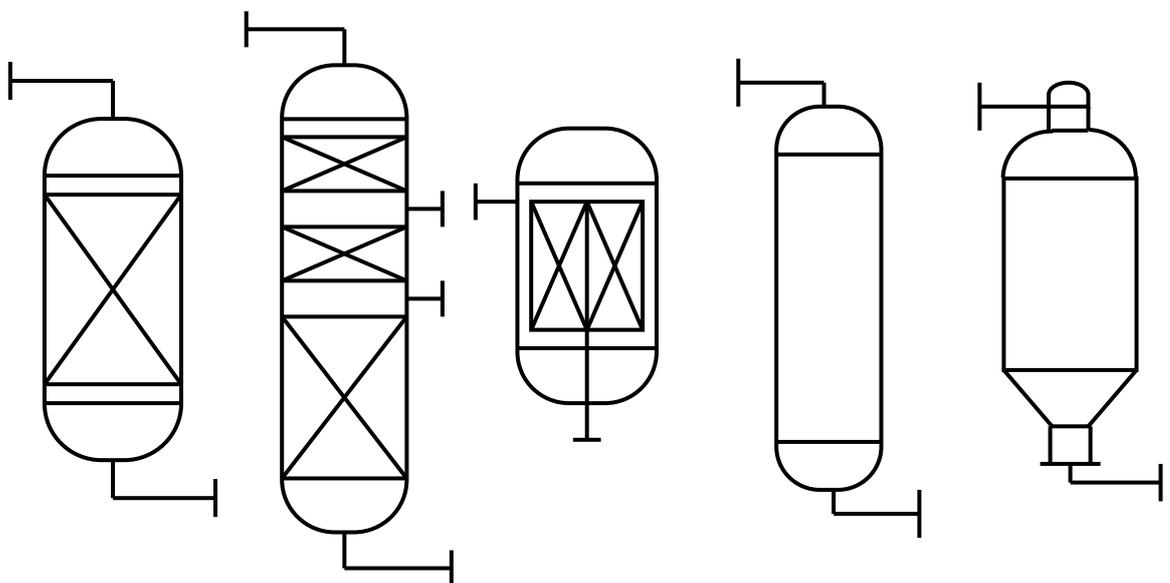
тарелки и насадки допускается не изображать

Реакторы (Р-)

со стационарным катализатором

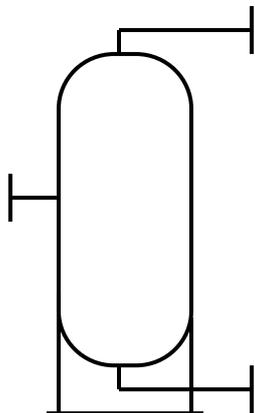
с движущимся и кипящим слоем катализатора.

слоем

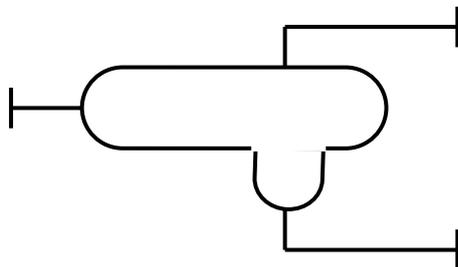


Емкости (Е-)

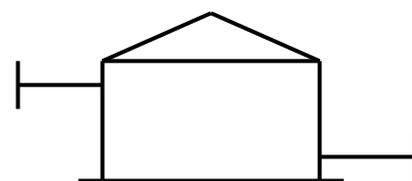
вертикальные



горизонтальные

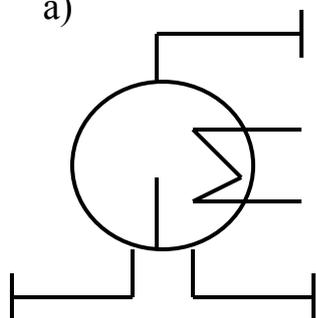


типа резервуаров

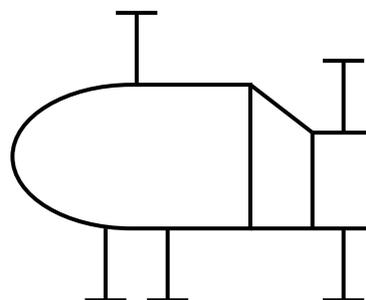


Рибойлеры (Т-)

а)

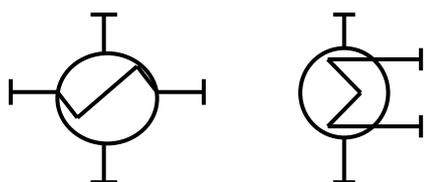


б)

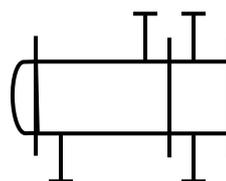


Теплообменники (Т-)

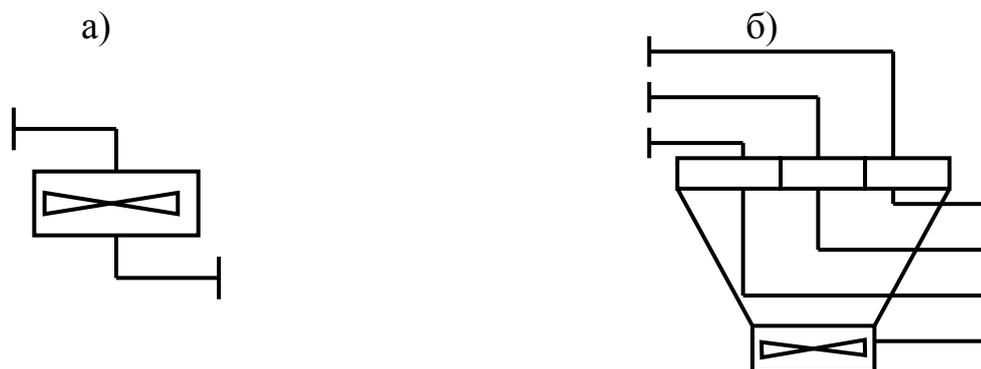
а)



б)



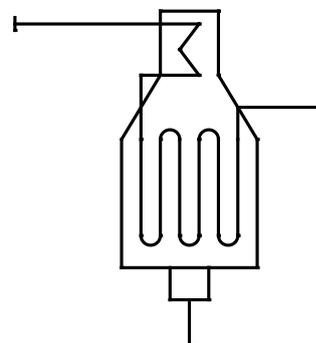
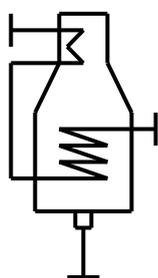
Аппараты воздушного охлаждения (Хв-)



Трубчатые печи (П-)

а) с горизонтальными трубами

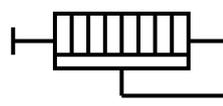
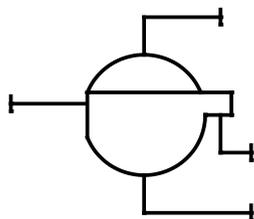
б) с вертикальными радиантными трубами



Фильтры (Ф-)

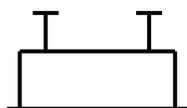
вакуумные и под давлением

рамные и фильтры – насосы

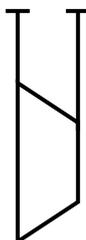


Компрессоры и газодувки (ЦК и ПК-)

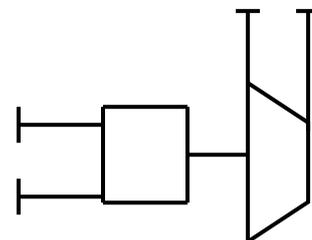
поршневой



центробежный компрессор,
газодувка с
электроприводом

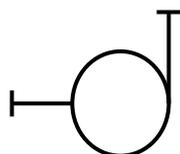


центробежный компрессор,
газодувка с турбоприводом

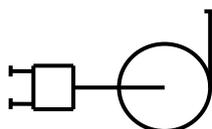


Насосы (Н-)

центробежный с
электроприводом



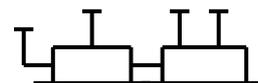
центробежный с
турбоприводом



поршневой с
электроприводом



поршневой с
турбоприводом



Приложение 2

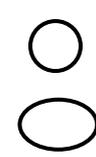
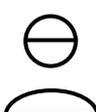
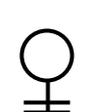
Буквенные обозначения для групп аппаратов и оборудования

№ п/п	Наименование аппаратов и оборудования	Обозначение
1	Реакторы, коксовые камеры, регенераторы, контакторы и т.п.	Р
2	Трубчатые печи, топки под давлением и т.п.	П
3	Котлы-утилизаторы	КУ
4	Ректификационные колонны, стабилизаторы, абсорберы, десорберы и т.п.	К
5	Адсорберы, очистные башни с глиной, перколяторы, песчаные фильтры и т.п.	Ад
6	Экстракторы, аппараты для выщелачивания и т.п.	Эк
7	Электродегидраторы, электроразделители и т.п.	Эо
8	Сушилки	См
9	Мешалки и смесители	М
10	Емкости буферные, рефлюксные, газгольдеры, эвапораторы, водоотделители, отстойники и т.п.	Е
11	Кристаллизаторы	Кр
12	Теплообменники, кипятильники (рибойлеры), воздухоподогреватели, калориферы, теплообменники смешения и т.п.	Т
13	Электроподогреватели, электрокипятильники и т.п.	Эт
14	Холодильники, конденсаторы кожухотрубчатые, барометрические и смешения	Х
15	Аппараты воздушного охлаждения, конденсаторы, холодильники	Хв
16	Фильтры дисковые и барабанные, фильтр-прессы, рамные гидроциклоны, временные фильтры, маслоотделители	Ф
17	Циклоны, магнитные сепараторы, скрубберы, мокрые пылеуловители и т.п.	П
18	Электрофильтры	Эф
19	Грохота, ситы	Гр
20	Дробилки, мельницы, бегуны, размольные машины и т.п.	Др
21	Грануляторы, экструдеры, валковые смесители и т.п.	Г
22	Транспортеры, элеваторы, шнеки и т.п.	Тр
23	Эжекторы	Эж
24	Инжекторы	Иж
25	Центрифуги, центробежные сепараторы и т.п.	Цф

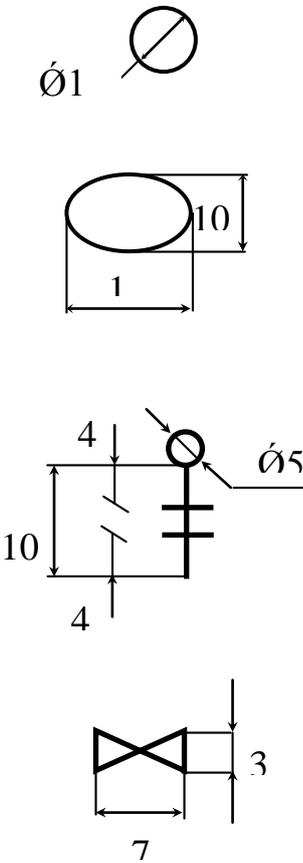
Продолжение приложения 2

№ п/ п	Наименование аппаратов и оборудования	Обозначение
26	Факельное устройство	Фу
27	Воздуходувки, вентиляторы, дымососы	В
28	Насосы поршневые, центробежные, вакуумные и т.п.	Н
29	Компрессоры центробежные. Газодувки	ЦК
30	Компрессоры поршневые	ПК

Приложение 3
Графические условные обозначения по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
<p>1. Первичный измерительный преобразователь, датчик, прибор, устанавливаемый по месту</p> <p>а) основное обозначение</p> <p>б) допускаемое обозначение</p>	
<p>2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте</p> <p>а) основное обозначение</p> <p>б) допускаемое обозначение</p>	
<p>3. Исполнительный механизм, общее назначение</p>	
<p>4. Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала</p>	
<p>5. Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала</p>	
<p>6. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении.</p>	
<p>7. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом</p>	
<p>8. Регулирующий орган</p>	
<p>9. Линия связи</p>	
<p>10. Пересечение линий связи без соединения друг с другом</p>	
<p>11. Пересечение линий связи с соединением между собой</p>	

Размеры графических условных обозначений по ГОСТ 21.404-85

Наименование	Обозначение
<p>Первичный измерительный преобразователь датчик, прибор контролирующий, регулирующий</p> <p>а) базовое обозначение</p> <p>б) допустимое обозначение</p> <p>Исполнительный механизм</p> <p>Регулирующий орган</p>	 <p>The table contains four technical drawings illustrating the symbols and their dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Base symbol (a): A circle with a diagonal slash, labeled with the diameter symbol $\varnothing 1$. Acceptable symbol (b): A horizontal oval with a width dimension of 1 and a height dimension of 10. Actuator (Исполнительный механизм): A square symbol with a width of 4 and a height of 10. It features a vertical line on the right side with a horizontal bar across it, and a small circle with a diagonal slash at the top right corner, labeled with the diameter symbol $\varnothing 5$. Regulating organ (Регулирующий орган): A symbol consisting of a triangle with a horizontal line through its center, enclosed in a square frame. The width of the frame is 7 and the height is 3.

Приложение 4
Буквенные условные обозначения по ГОСТ 21.404-85

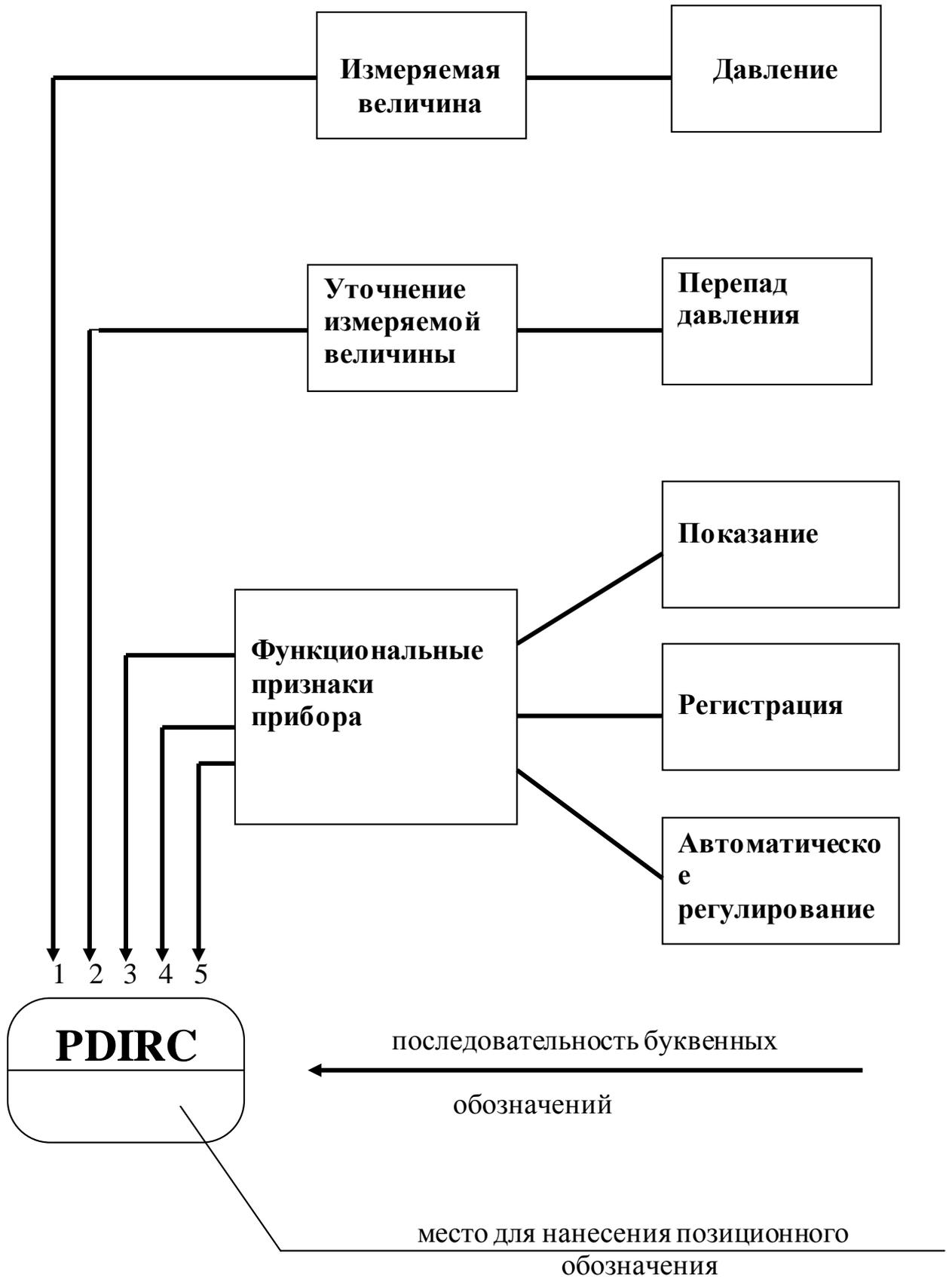
Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
A	+	-	Сигнализация	-	-
B	+	-	-	-	-
C	+	-	-	Регулирование, управление	-
D	Плотность	Разность, перепад	-	-	-
E	Любая электрическая величина	-	+	-	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	Размер, положение, перемещение	-	+	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний перепад измеряемой величины
I	+	-	Показание	-	-
J	+	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	+	-
L	Уровень	-	-	-	-
M	Влажность	-	-	-	-
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
Q	Величина характеризующая качество, состав и т.д.	Интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
R	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение, блокировка, переключение	-
T	Температура	-	-	+	-
U	Несколько разнородных измеряемых величин	-	-	-	-
V	Вязкость	-	+	-	-
W	Масса	-	-	-	-
X	Не рекомендуемая резервная буква	-	-	-	-
Y	+	-	-	+	-
Z	-	-	-	+	-

Примечание: Буквенные обозначения отмеченные знаком «+», являются резервными, а отмеченные знаком «-» не используются.

Приложение 5

Пример построения условного обозначения прибора по ГОСТ 21.404-85



Приложение 6

Основные буквенные обозначения измеряемых величин

Обозначение	Измеряемая величина	Обозначение	Измеряемая величина
D	Плотность	P	Давление, вакуум
E	Любая электрическая величина	Q	Состав, концентрация
F	Расход	R	Радиоактивность
G	Размер, положение, перемещение	S	Скорость, частота
H	Ручное воздействие	T	Температура
K	Время, временная диаграмма	U	Несколько разнородных величин
L	Уровень	V	Вязкость
M	Влажность	W	Масса

Основные буквенные обозначения, уточняющие измеряемые величины

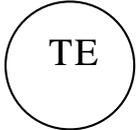
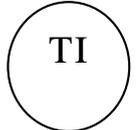
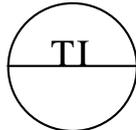
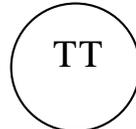
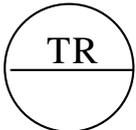
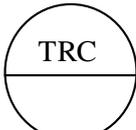
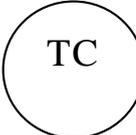
Обозначение	Измеряемая величина	Обозначение	Измеряемая величина
D	Разность, перепад	J	Автоматическое переключение, обегание
F	Соотношение, доля, дробь	Q	Интегрирование, суммирование во времени

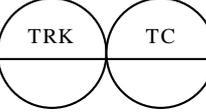
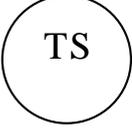
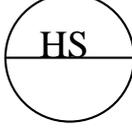
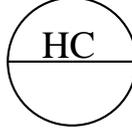
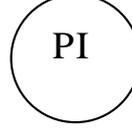
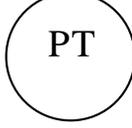
Основные буквенные обозначения выполняемых прибором функций

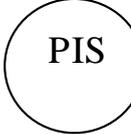
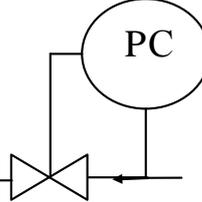
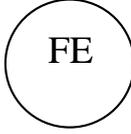
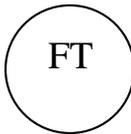
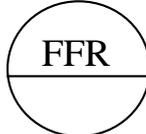
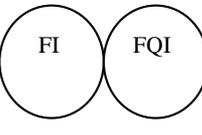
Обозначение	Измеряемая величина	Обозначение	Измеряемая величина
A	Сигнализация	C	Регулирование, управление
I	Показание	S	Включение, отключение, переключение
R	Регистрация		

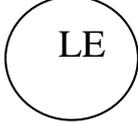
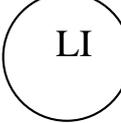
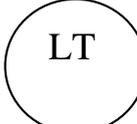
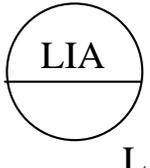
Приложение 7

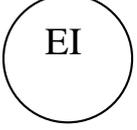
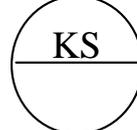
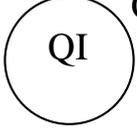
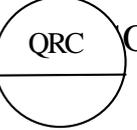
Примеры построения условных обозначений по ГОСТ 21.404-85

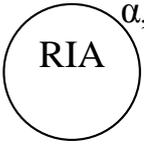
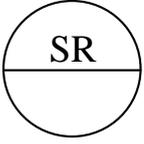
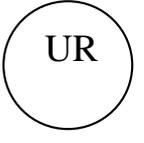
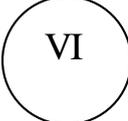
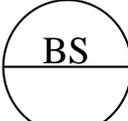
<p>1. Первичный измерительный преобразователь, чувствительный элемент для измерения температуры, установленный по месту (термометр сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.).</p>	
<p>2. Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.д.</p>	
<p>3. Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите (милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.).</p>	
<p>4. Прибор для измерения температуры бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (термометр манометрический бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>5. Прибор для измерения температуры однотоочный, регистрирующий, установленный на щите (милливольтметр, мост автоматический и т.п.).</p>	
<p>6. Прибор для измерения температуры с автоматическим обеганием устройством, регулирующий, установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т.д.</p>	
<p>7. Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.).</p>	
<p>8. Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту (например, дилатометрический регулятор температуры).</p>	

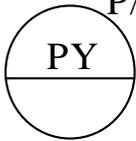
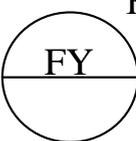
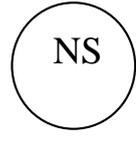
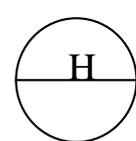
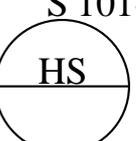
<p>9. Комплект для измерения температуры, регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленной на щите (например, вторичный прибор и регулирующий блок системы «Старт»).</p>	
<p>10. Прибор для измерения температуры бесшкальный, с контактным устройством, установленный по месту (например, реле температурное).</p>	
<p>11. Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите.</p>	
<p>12. Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите.</p>	
<p>13. Прибор для измерения давления разрежения бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, манометр, дифманометр, бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>14. Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий.</p>	
<p>15. Прибор для измерения давления разрежения бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, манометр, дифманометр, бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>16. Прибор для измерения давления разрежения регистрирующий, установленный на щите (например, самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления).</p>	

<p>17. Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту (например, реле давления).</p>	
<p>18. Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.).</p>	
<p>19. Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия «до себя»).</p>	
<p>20. Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: диафрагма, сопло, труба Вентуры, датчик индукционного расходомера и т.п.</p>	
<p>21. Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, бесшкальный дифманометр или ротаметр с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>22. Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите (любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов).</p>	
<p>23. Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту, например, дифманометр или ротаметр показывающий.</p>	
<p>24. Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегралом.</p>	
<p>25. Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту. Например: показывающий дифманометр с интегратором.</p>	

<p>26. Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту (например, счетчик-дозатор).</p>	
<p>27. Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту (например, датчик электрического или емкостного уровнемера).</p>	
<p>28. Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту (например, манометр или дифманометр, используемый для измерения уровня).</p>	
<p>29. Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня.</p>	
<p>30. Прибор для измерения уровня бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>31. 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.</p>	
<p>32. Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите (например, вторичный показывающий прибор сигнальным устройством). Буквы Н и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней.</p>	

<p>33.Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (например, датчик плотномера с пневмо- или электропередачей).</p>	
<p>34.Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту.</p>	
<p>35.Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: напряжение.</p>	
<p>36.Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите (например, командный электропневматический прибор КЭП, многоцепное реле времени и т.п.).</p>	
<p>37.Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный прибор влагомера).</p>	
<p>38.Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту (например, датчик рН-метра).</p>	
<p>39.Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту (например, газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах).</p>	
<p>40.Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе).</p>	

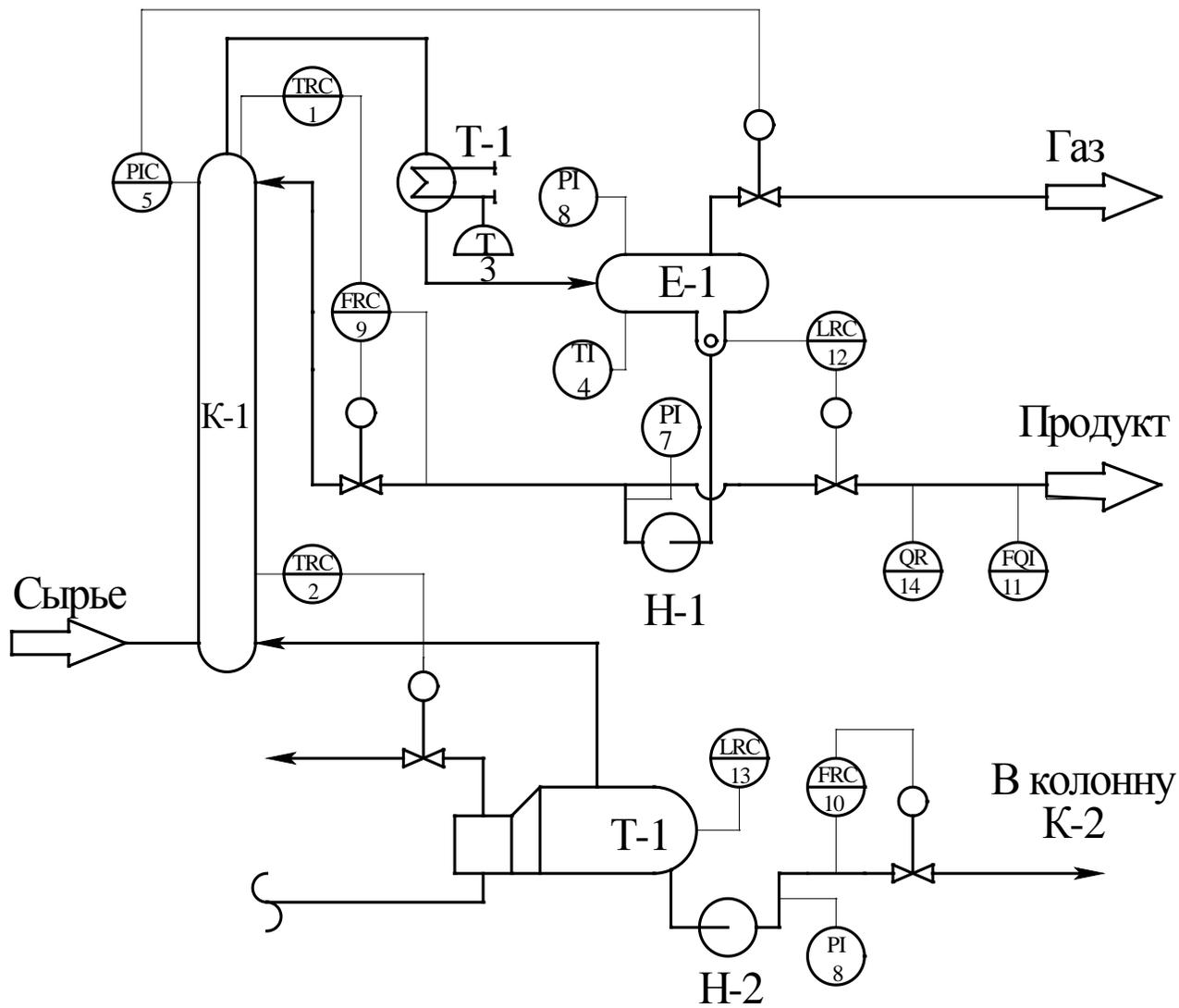
<p>41. Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, прибор для показаний и сигнализации предельно допустимых концентраций α - и β - лучей).</p>	
<p>42. Прибор для измерения частоты вращения привода регистрирующий, установленный на щите (например, вторичный прибор тахогенератора).</p>	
<p>43. Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту (например, самопишущий дифманометр - расходомер с дополнительной записью давления и температуры пара). Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится либо справа от прибора, либо на поле схемы в примечании.</p>	<p style="text-align: right;">$U=f(F,P)$</p> 
<p>44. Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту (например, вискозиметр показывающий).</p>	
<p>45. Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, устройство электронно - тензометрическое или сигнализирующее).</p>	
<p>46. Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный прибор запально-защитного устройства. Применение резервной буквы В должно быть оговорено на поле схемы.</p>	
<p>47. Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический; например, преобразователь измерительный, служащий для преобразования ТЭДС термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока).</p>	<p style="text-align: right;">E/E</p> 

<p>48.Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной сигнал пневматический, выходной – электрический).</p>	<p style="text-align: right;">P/E</p> 
<p>49.Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент К.</p>	<p style="text-align: right;">К</p> 
<p>50.Пусковая аппаратура управления электродвигателем (например, магнитный пускатель, контактор и т.п.). Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы.</p>	
<p>51.Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная на щите (кнопка, ключ управления, задатчик и т.п.).</p>	
<p>52.Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите (кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т.п.).</p>	
<p>53.Ключ управления, предназначенный для выбора управления, установленный на щите (пример приведен для иллюстрации случая, когда позиционное обозначение велико и поэтому выносится вне окружности).</p>	<p style="text-align: right;">S 101-2</p> 

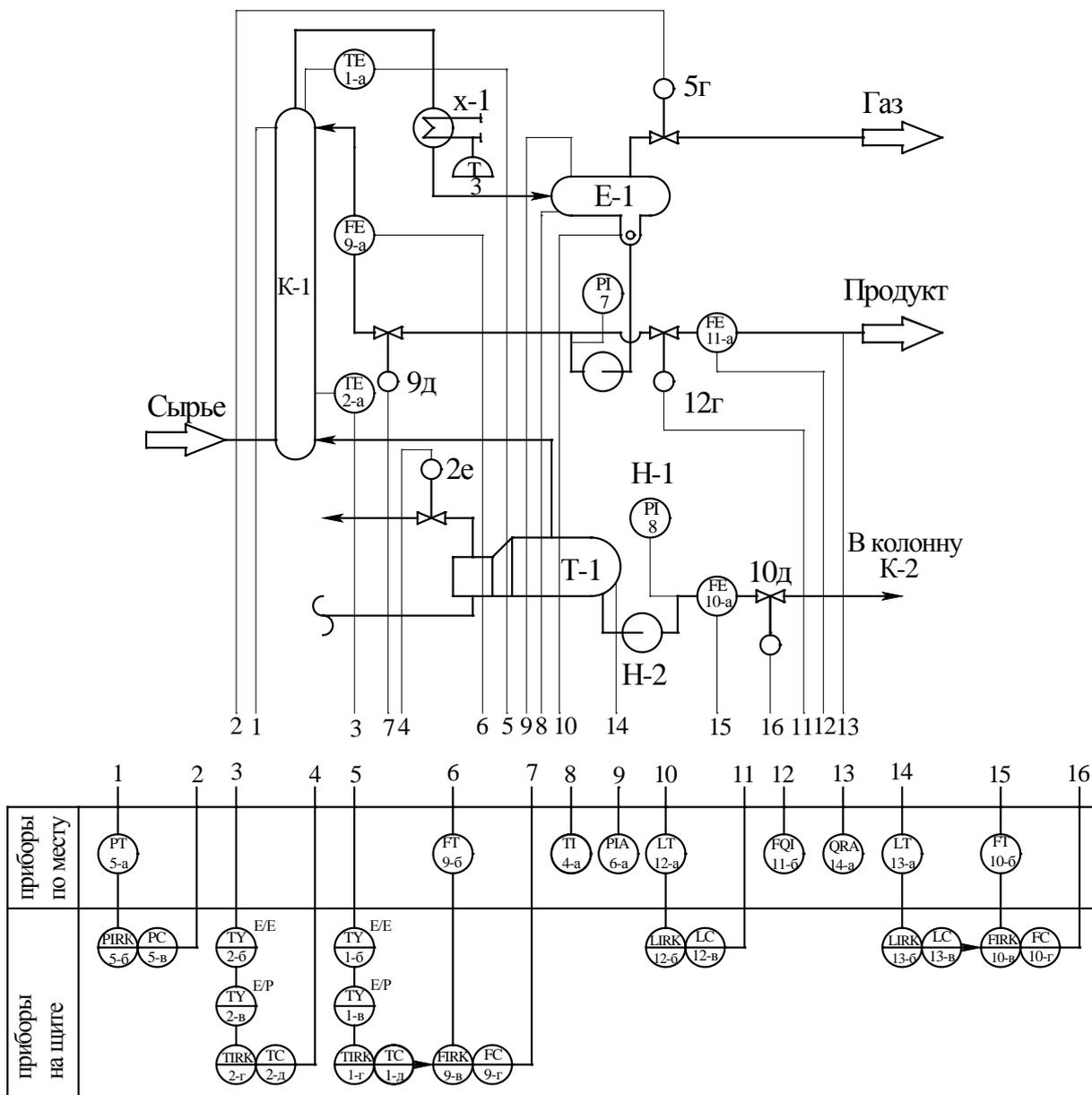
Приложение 8
**Дополнительные буквенные условные обозначения
 функциональных признаков приборов по ГОСТ 21.404-85**

Наименование	Обозначение	
Первичное преобразование. Чувствительный элемент	E	
Промежуточное преобразование. Дистанционная передача	T	
Станция управления	K	
Преобразование, вычислительные функции	Y	
Род энергии сигнала:	электрический	E
	пневматический	P
	гидравлический	G
Виды форм сигнала:	аналоговый	A
	дискретный	D
Операции, выполняемые вычислительным устройством:	суммирование;	Σ
	умножение величины сигнала на постоянный коэффициент K;	K
	перемножение величин двух и более сигналов;	×
	деление величин сигналов друг на друга;	:
	возведение величины сигнала f в степень;	f^n
	извлечение из величины сигнала f корня степени n;	$\sqrt[n]{f}$
	логарифмирование;	Lg
	дифференцирование;	dx / dt
	интегрирование;	∫
	изменение знака сигнала;	X(-1)
	ограничение верхнего значения сигнала;	max
	ограничение нижнего значения сигнала.	min
	Связь с вычислительным комплексом:	передача сигнала на ЭВМ;
вывод информации с ЭВМ.		B _o

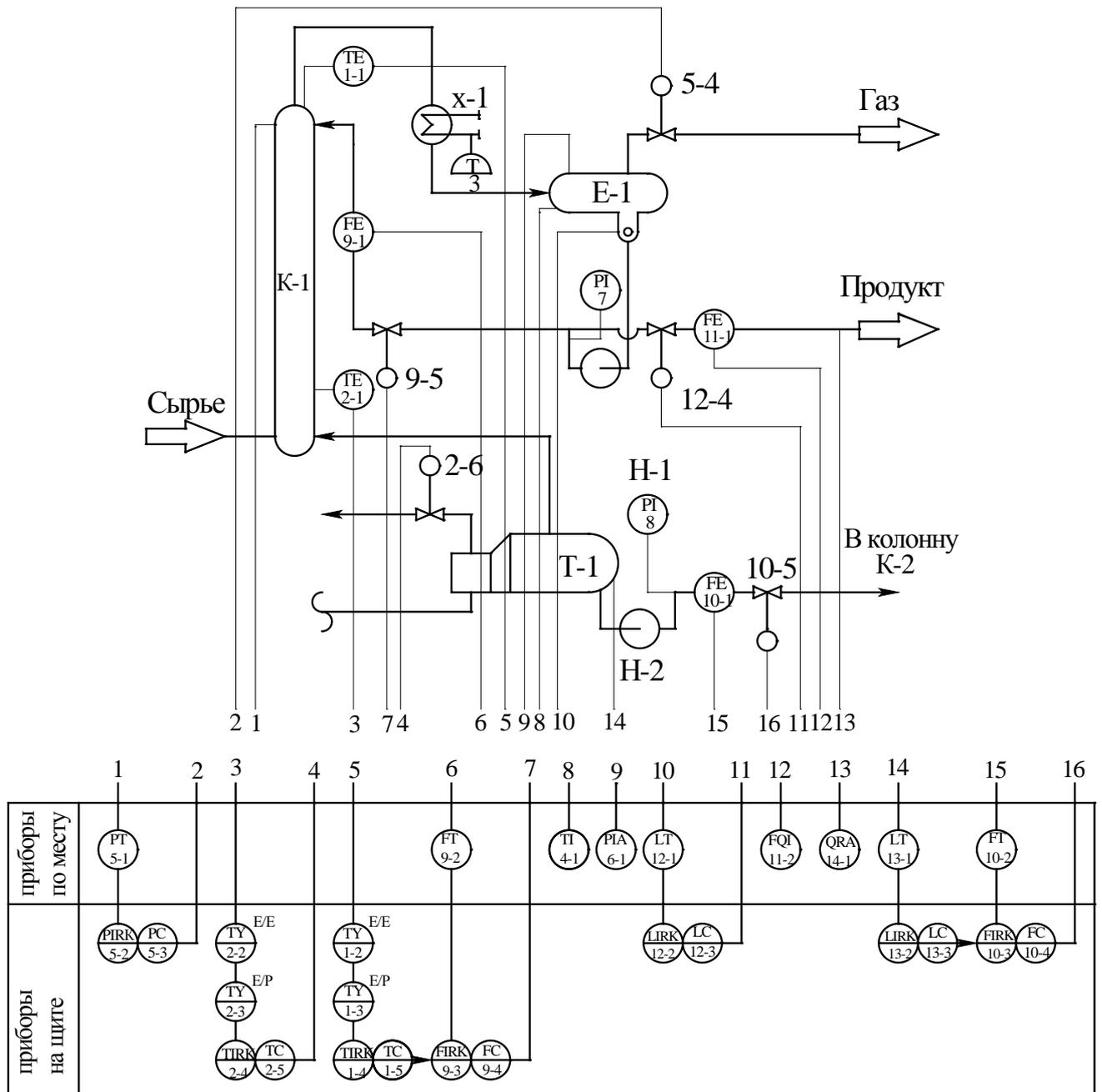
Приложение 9
 Схема автоматизации (упрощенная)



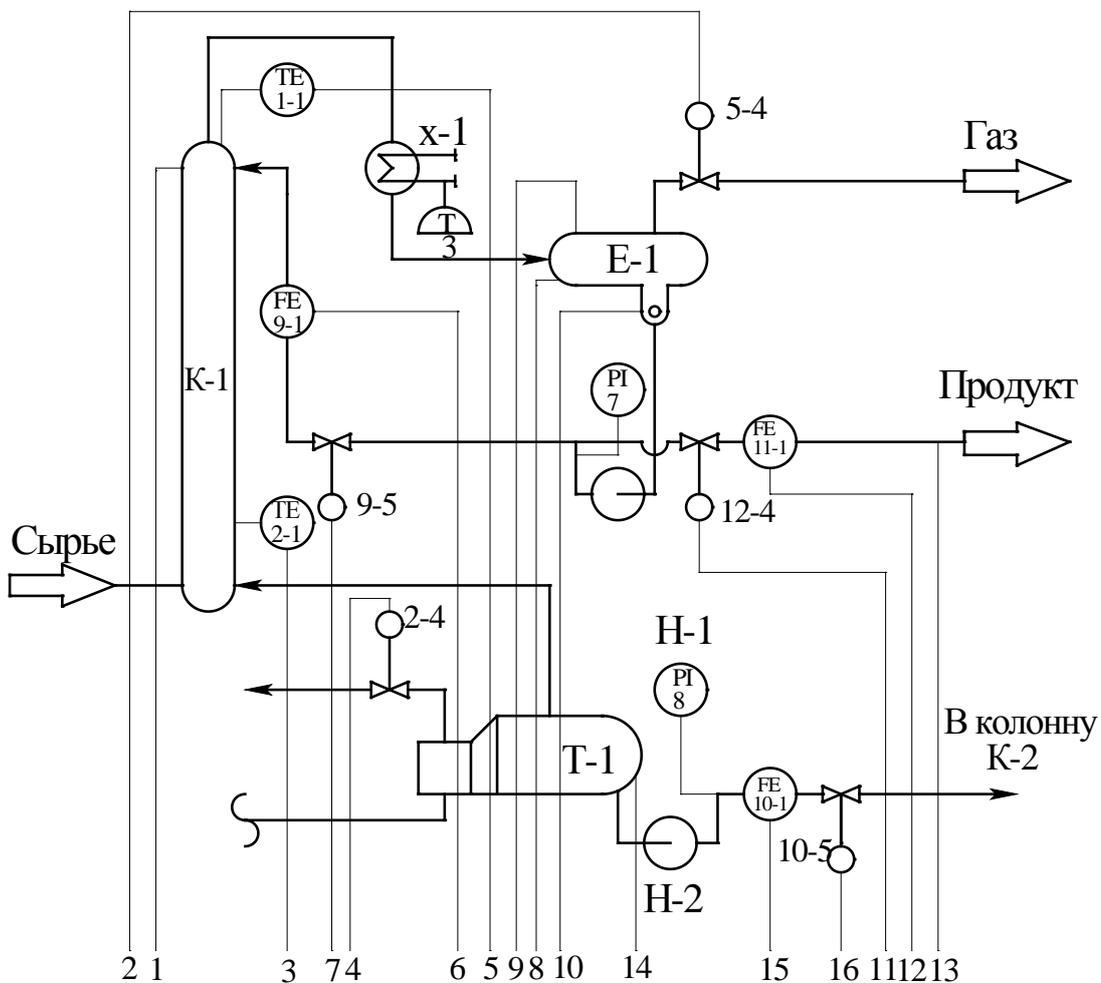
Приложение 10 Схема автоматизации (развернутая)



Приложение 11 Схема автоматизации (развернутая)

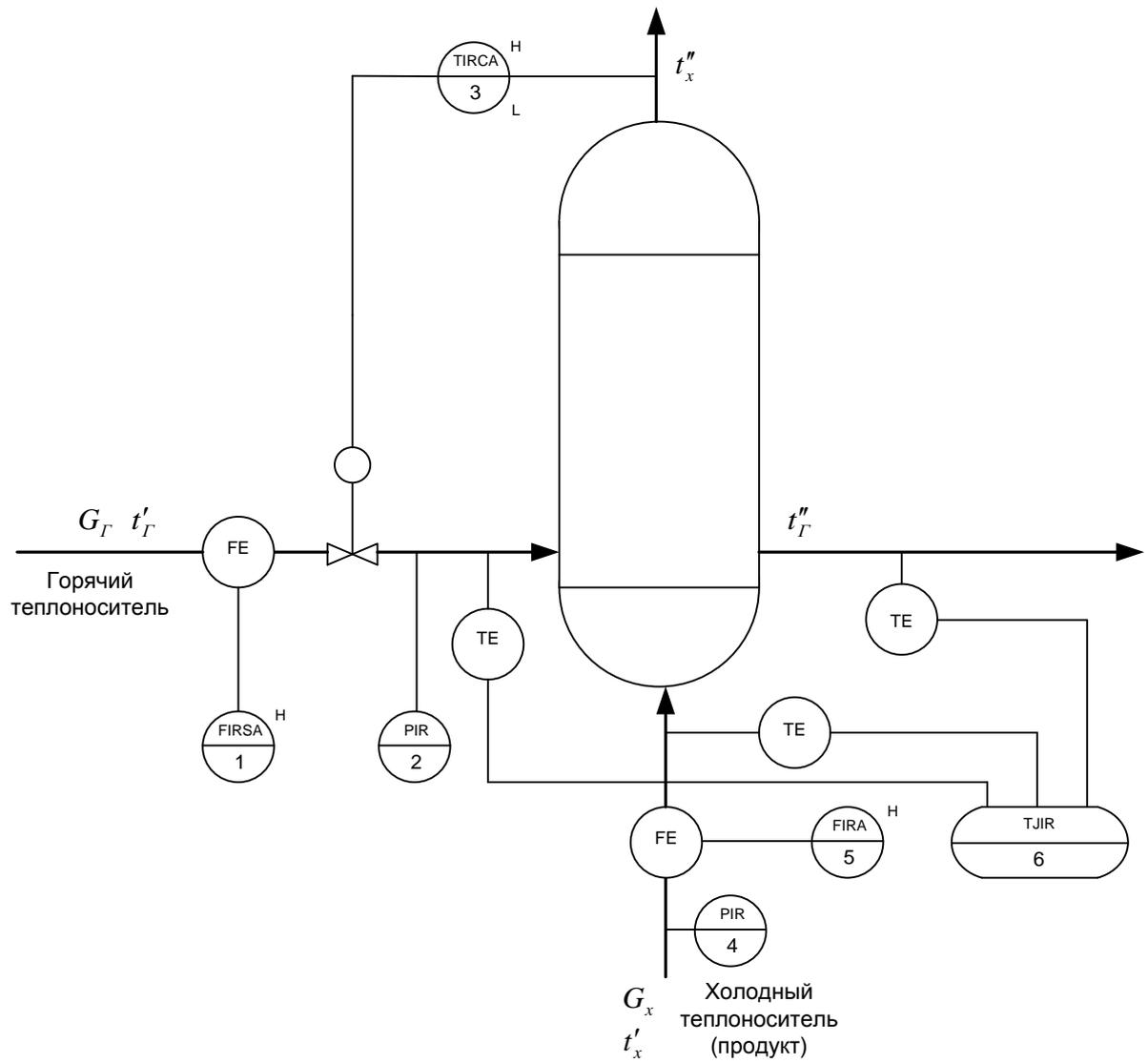


Приложение 12
Схема автоматизации (развернутая)

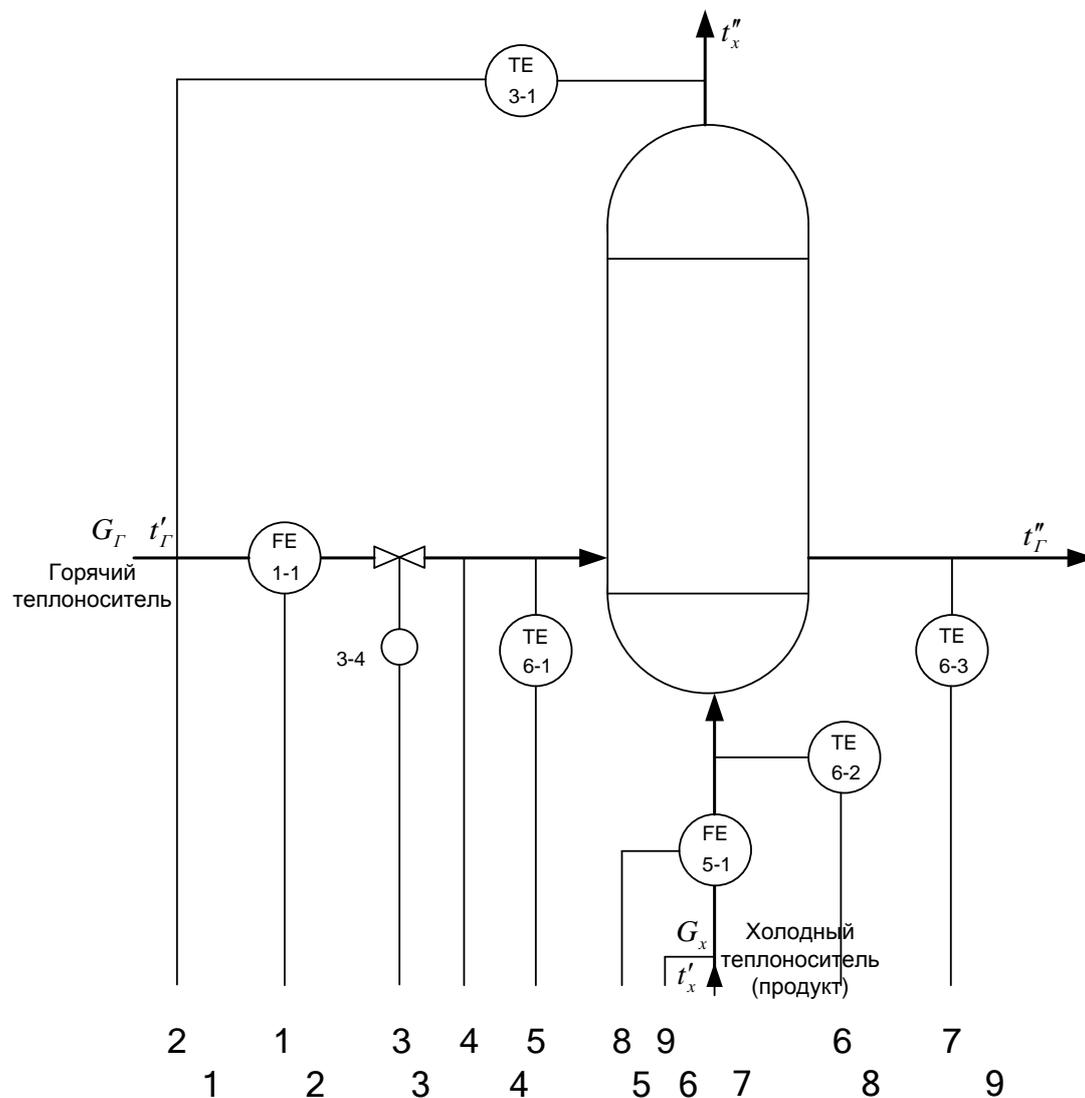


		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
МПК	приборы по месту	PT 5-1					FT 9-2		TI 4-1	PIA 6-1	LT 12-1		FQI 11-2	QRA 14-1	LT 13-1	FT 10-2	
	щит преобразователей	PY 5-2 I/I	PY 5-3 I/P	TY 2-2 E/E	TY 2-3 E/P	TY 1-2 E/E	FY 9-3 I/I	FY 9-4 I/P			LY 12-1 I/I	LY 12-3 I/P			LY 13-2 I/I	FY 10-3 I/I	FY 10-4 I/P
	I	●		●	●	●	●				●	●			●	●	●
	R	●		●	●	●	●				●	●			●	●	●
	C	●		●	●	●	●				●	●			●	●	●
	S	●		●	●	●	●				●	●			●	●	●
A																	
H																	

Приложение 13
 Схема автоматизации (упрощенная)



Приложение 14 Схема автоматизации (развернутая)



	2	1	3	4	5	8	9	6	7
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приборы по месту	FT 1-2				PT 2-1			FT 5-2	PT 4-1
Щит преобразователей	FY 1-3 E/E	TY 3-2 E/E	TY 3-3 E/P	PY 2-2 E/E	TY 6-4 E/E			FY 5-3 E/E	PY 4-2 E/E
МПК	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	H	H	H	H	H	H	H	H	H

Приложение 16

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.	
		1-1	ДК6-150 ГОСТ 26969-86	Диафрагма камерная	2		
		5-1					
		1-2	Сапфир-22М-ДД	Преобразователь разности	2		
		5-2	ТУ 25-2472.0049-89	давлений			
			модель 2430				
		1-3	БПС-90К ТУ25-7439.0016-90	Блок преобразования сигналов,	2		
		5-3		искрозащиты и питания			
		2-1	Сапфир-22М-ДИ	Преобразователь избыточного	2		
		4-1	ТУ 25-2472.0049-89	давления			
			модель 2150				
		2-2	БПС-90П ТУ25-7439.0016-90	Блок преобразования сигналов,	2		
		4-2		искрозащиты и питания			
		3-1	ТСМ-0193-01,	Термопреобразователь	1		
			ТУ 311-00226253.035-93	сопротивления медный			
		3-2	НПТ-2, ТУ 4227-028-10474265-98	Преобразователь	1		
			42 2710 модель НПТ-2.1	температуры нормирующий			
		3-3	ЭПП-1	Преобразователь	1		
				электропневматический			
		3-4	25с48нж	Клапан регулирующий	1		
		6-1	ТСМ-0193-01,	Термопреобразователь	3		
		6-2	ТУ 311-00226253.035-93	сопротивления медный			
		6-3					
		6-4	Ш9327, ТУ4227-005-12296299-95	Преобразователь	1		
				температуры нормирующий			
КП – НТИ СКФУ – ИСЭА – *** – 14							
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
Разработ.	Иванов И. И.				Проектирование системы автоматизации процесса синтеза в производстве	Литера У	
Проверил	Лубенцов В.Ф.						Лист 1
Н. контр.							Листов 1
						НТИ СКФУ, гр. Н-АТП-мо-13-1	

Утв.	Болдырев Д.В.			карбамида	
------	---------------	--	--	-----------	--

Приложение 17
Образец штампа к чертежу

					(обозначение, принятое на кафедре)					
					(наименование темы ДП, КП)	Лит.		Масса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
..										
Разраб.										
Пров.										
Т.контр						Лист		Листов		
Н.контр.					(наименование изделия, схемы)	НТИ СКФУ гр. Н – АТП – мо – 13 – 1				
Утв.										

ЛИТЕРАТУРА

Перечень основной литературы:

- 1 Галас, В. П. Автоматизация проектирования систем и средств управления [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Галас. — Электрон. текстовые данные. — Владимир : Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2015. — 255 с. — 978-5-9984-0609-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57362.html>
- 2 Алиев, Т. И. Основы проектирования систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. И. Алиев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 120 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67499.html>

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостин, А. А. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Старостин, А. В. Лаптева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — 978-5-7996-1498-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68302.html>
- 2 Аверченков, В. И. Автоматизация проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. И. Аверченков, Ю. М. Казаков. — Электрон. текстовые данные. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 228 с. — 5-89838-130-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6990.html>

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕВИННОМЫССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ФИЛИАЛ)»**

Методические указания к самостоятельной работе
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ»

Направление подготовки 15.04.04

«Автоматизация технологических процессов и производств»

Направленность (профиль) «Информационно-управляющие системы»

Форма обучения - очно-заочная

Год начала обучения 2022

Реализуется в 3 семестре

Невинномысск 2022

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО в части содержания и уровня подготовки выпускников направления **15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**.

Методические указания содержат рекомендации по организации самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Проектирование систем автоматизации и управления».

Код	Формулировка
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
ОК-2	Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОК-3	Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3	Способность разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководить их созданием
ОПК-4	Способность руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-1	Способность разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний; новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК-2	Способность проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения
ПК-4	Способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты автоматизированных и автоматических производств различного технологического и отраслевого назначения, технических средств и систем автоматизации управления, контроля, диагностики и испытаний, систем управления жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизации проектирования, отечественного и зарубежного опыта разработки конкурентоспособной продукции, проводить технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности проектов, оценивать их инновационный потенциал и риски
ПК-5	Способность разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования
ППК-1	Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию систем и средств автоматизации и управления изготовлением продукции, ее жизненным циклом и качеством

Составитель

Э.Е. Тихонов

Содержание

1 Подготовка к лабораторным занятиям.....	4
2 Подготовка к практическим занятиям	5
3 Самостоятельное изучение материала тем.....	7
4 Подготовка к экзамену	9

1 Подготовка к лабораторным занятиям

Для того чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по рассмотренному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться студентом на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

2 Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с методическими указаниями, которые включают содержание работы. Тщательное продумывание и изучение вопросов основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений студенту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме и по возможности подготовить по нему презентацию.

Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы практическое занятие может состоять из четырех-пяти частей:

1. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.
2. Доклад и/или выступление с презентациями по выбранной проблеме.
3. Обсуждение выступлений по теме – дискуссия.
4. Выполнение практического задания с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания.
5. Подведение итогов занятия.

Первая часть – обсуждение теоретических вопросов – проводится в виде фронтальной беседы со всей группой и включает выборочную проверку преподавателем теоретических знаний студентов. Примерная продолжительность — до 15 минут. Вторая часть — выступление студентов с докладами, которые должны сопровождаться презентациями с целью усиления наглядности восприятия, по одному из вопросов практического занятия. Обязательный элемент доклада – представление и анализ статистических данных, обоснование социальных последствий любого экономического факта, явления или процесса. Примерная продолжительность — 20-25 минут. После докладов следует их обсуждение – дискуссия. В ходе этого этапа практического занятия могут быть заданы уточняющие вопросы к докладчикам. Примерная продолжительность – до 15-20 минут. Если программой предусмотрено выполнение практического задания в рамках конкретной темы, то преподавателями определяется его содержание и дается время на его выполнение, а затем идет обсуждение результатов. Подведением итогов заканчивается практическое занятие.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

3 Самостоятельное изучение материала тем

Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – неременное правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с

выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В текстуальном конспекте сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению тематического конспекта предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

4 Подготовка к экзамену

Экзаменационная сессия – очень тяжелый период работы для студентов и ответственный труд для преподавателей. Главная задача экзаменов – проверка качества усвоения содержания дисциплины.

На основе такой проверки оценивается учебная работа не только студентов, но и преподавателей: по результатам экзаменов можно судить и о качестве всего учебного процесса. При подготовке к экзамену студенты повторяют материал курсов, которые они слушали и изучали в течение семестра, обобщают полученные знания, выделяют главное в предмете, воспроизводят общую картину для того, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программы курса и конспект, которые указывают, что в курсе наиболее важно. Основной материал должен прорабатываться по учебнику, поскольку конспекта недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть проработан в течение семестра, а перед экзаменом важно сосредоточить внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением в памяти его краткого содержания в логической последовательности.

До экзамена обычно проводится консультация, но она не может возместить отсутствия систематической работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает лишь ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы. Польза от консультации будет только в том случае, если студент до нее проработает весь материал. Надо учиться задавать вопросы, вырабатывать привычку пользоваться справочниками, энциклопедиями, а не быть на иждивении у преподавателей, который не всегда может тут же, «с ходу» назвать какой-либо факт, имя, событие. На экзамене нужно показать не только знание предмета, но и умение логически связно построить устный ответ.

Получив билет, надо вдуматься в поставленные вопросы для того, чтобы правильно понять их. Нередко студент отвечает не на тот вопрос, который поставлен, или в простом вопросе ищет скрытого смысла. Не поняв вопроса и не обдумав план ответа, не следует начинать писать. Конспект своего ответа надо рассматривать как план краткого сообщения на данную тему и со-

ставлять ответ нужно кратко. При этом необходимо показать умение выражать мысль четко и доходчиво.

Отвечать нужно спокойно, четко, продуманно, без торопливости, придерживаясь записи своего ответа. На экзаменах студент показывает не только свои знания, но и учится владеть собой. После ответа на билет могут следовать вопросы, которые имеют целью выяснить понимание других разделов курса, не вошедших в билет. Как правило, на них можно ответить кратко, достаточно показать знание сути вопроса. Часто студенты при ответе на дополнительные вопросы проявляют поспешность: не поняв смысла того, что у них спрашивают, начинают отвечать и нередко говорят не по сути.

Следует помнить, что необходимым условием правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, поэтому подготовка к экзаменам не должна быть в ущерб сну. Установлено, что сильное эмоциональное напряжение во время экзаменов неблагоприятно отражается на нервной системе и многие студенты из-за волнений не спят ночи перед экзаменами. Обычно в сессию студенту не до болезни, так как весь организм озабочен одним - сдать экзамены. Но это еще не значит, что последствия неправильно организованного труда и чрезмерной занятости не скажутся потом. Поэтому каждый студент помнить о важности рационального распорядка рабочего дня и о своевременности снятия или уменьшения умственного напряжения.

Перечень основной литературы:

- 1 Галас, В. П. Автоматизация проектирования систем и средств управления [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Галас. — Электрон. текстовые данные. — Владимир : Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2015. — 255 с. — 978-5-9984-0609-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57362.html>
- 2 Алиев, Т. И. Основы проектирования систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т. И. Алиев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 120 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67499.html>

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостин, А. А. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Старостин, А. В. Лаптева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — 978-5-7996-1498-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68302.html>
- 2 Аверченков, В. И. Автоматизация проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. И. Аверченков, Ю. М. Казаков. — Электрон. текстовые данные. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 228 с. — 5-89838-130-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6990.html>