

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Автоматизация системы управления подготовкой сырья на нефтеперерабатывающем заводе</b>

УДК 665.61-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т12	Коваленко Д. Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ИКСУ	Пякилля Б. И.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Петухов О. Н.	К. Э. Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭБЖ	Назаренко О. Б.	Д. Т. Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИКСУ	Лиепиньш А.В.	К. Т. Н.		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ИКСУ

\_\_\_\_\_Лиепиньш А.В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломной работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т12	Коваленко Денис Геннадьевич

Тема работы:

Автоматизация системы управления подготовкой сырья на нефтеперерабатывающем заводе
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<p>Объект исследования: производственный цикл подготовки сырья на нефтеперерабатывающем заводе;</p> <p>Режим работы – непрерывный;</p> <p>Объекты процесса: сепаратор топливного газа, трубчатая печь, теплообменник, насосы;</p> <p>Повышенные требования к безопасности объекта.</p>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<p>АСУ ТП производственного цикла подготовки сырья на НПЗ;</p> <p>Разработка ФСА по ГОСТ 21.208-13;</p> <p>Выбор измерительных средств, контроллеров и исполнительных механизмов;</p> <p>Разработка алгоритмов управления технологическим процессом на НПЗ;</p> <p>Разработка программного обеспечения для ПЛК;</p> <p>Разработка системы визуализации АСУ ТП с использованием SCADA.</p>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<p>Схема технологического процесса;</p> <p>Принципиальная схема;</p> <p>Функциональные схемы автоматизации;</p>

	Схемы внешних проводок; Схемы подключения внешних проводок.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич
Социальная ответственность	Назаренко Ольга Брониславовна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ИКСУ	Пякилля Борис Иванович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т12	Коваленко Денис Геннадьевич		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.16
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13.05.16	Основная часть	60
18.05.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
25.05.16	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ИКСУ	Пякилля Борис Иванович			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
ИКСУ	Лиепиньш Андрей Вилнисович			

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 108 с., 24 рис., 23 табл., 7 источников, 4 прил.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, программируемый логический контроллер, система визуализации, технологический процесс, алгоритм управления, нефтеперерабатывающий завод.

Объектом исследования является производственный цикл подготовки сырья на нефтеперерабатывающем заводе.

Цель работы – автоматизация системы управления подготовкой сырья на нефтеперерабатывающем заводе.

В процессе исследования проводились анализ и расследование технологического процесса, сравнительный анализ датчиков и исполнительных механизмов, разработка документации, разработка программного обеспечения и системы визуализации технологического процесса.

В результате исследования было осуществлено проектирование автоматизированной системы управления; составлена документация в виде функциональных-схем автоматизации, схем внешних проводок и их подключения; разработаны алгоритмы управления электрозадвижкой; разработаны мнемосхемы в SCADA системе WinCC; реализованы алгоритмы управления на языке LAD в Simatic Step7.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Область применения: нефтеперерабатывающие заводы и другие объекты нефтегазовой отрасли.

Экономическая эффективность/значимость работы: произведен расчет экономических показателей и перспективности внедрения системы, рассчитан экономический эффект, срок окупаемости, коэффициент эффективности.

## **Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки**

АС – автоматизированная система;

АСУ – автоматизированная система управления;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

РСУ – распределенная система управления;

ПАЗ – противоаварийная защита;

ПО – программное обеспечение;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

АРМ – автоматизированные рабочие места;

ИБП – источник бесперебойного питания;

ШРП – шкафной регуляторный пункт;

ЛВС – локальные вычислительные сети;

ВК – воздушная компрессорная;

ПЛК – программируемые логические контроллеры;

ПТС – программно-технические средства;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition.

## Оглавление

Введение .....	9
1 Техническое задание.....	10
1.1 Назначение и цели создания Системы.....	10
1.2 Характеристика объекта автоматизации.....	11
1.3 Требования к Системе .....	12
1.3.1 Требования к Системе в целом .....	12
1.3.2 Требования к структуре и функционированию Системы.....	13
1.3.3 Требования по сохранности информации при авариях .....	15
1.3.4 Требования к защите от несанкционированного доступа .....	15
1.3.5 Требования по стандартизации и унификации .....	16
1.3.6 Требования к снабжению электроэнергией.....	17
1.4 Требования к задачам, выполняемым Системой.....	19
1.5 Требования к видам обеспечения.....	21
1.5.1 Требования к техническому обеспечению .....	21
1.5.2 Требования к программному обеспечению .....	26
1.5.3 Требования к метрологическому обеспечению .....	30
1.5.4 Требования к информационному обеспечению .....	30
1.5.5 Требования к математическому обеспечению .....	30
2 Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта .....	33
3 Разработка рабочей документации по проектированию .....	35
3.1 Разработка структурной схемы .....	35
3.2 Разработка функциональной схемы автоматизации .....	38
3.3 Комплекс аппаратно-технических средств.....	39
3.3.1 Выбор контроллерного оборудования.....	39
3.3.2 Выбор контрольно-измерительной аппаратуры.....	45
3.3.3 Нормирование погрешности канала измерения .....	52
3.3.4 Выбор исполнительных механизмов .....	53
3.4 Разработка схемы внешних проводок.....	57
4 Разработка алгоритмов управления .....	58
4.1 Алгоритм управления электрозадвижкой.....	60
4.2 Алгоритм управления насосом.....	63
4.3 Разработка программно-алгоритмического обеспечения .....	67
5 Экранные формы АСУ ТП .....	70
5.1 Разработка мнемосхем SCADA-системы .....	70
5.2 Разработка процедур обработки сигналов в SCADA.....	72
6 Безопасность и экологичность.....	74
6.1 Общая характеристика помещения .....	75
6.2 Вредные и опасные производственные факторы .....	76
6.3 Техника безопасности .....	76
6.4 Производственная санитария.....	77
6.4.1 Производственный шум .....	77
6.4.2 Электромагнитные излучения. ....	78

6.4.3 Требования к рабочему месту.....	79
6.4.4 Микроклимат .....	81
6.4.5 Освещение .....	82
6.5 Пожарная безопасность .....	86
6.6 Охрана окружающей среды .....	89
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	93
7.1 Цели и задачи .....	93
7.2 Организация и планирование комплекса работ .....	94
7.3 Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений .....	98
7.4 Расчет затрат на перевооружение .....	100
Заключение .....	103
Список используемых источников.....	104
Приложение А. Структурная схема .....	105
Приложение Б. Схема технологического процесса.....	106
Приложение В. Функциональная схема автоматизации .....	107
Приложение Г. Схема внешних проводок .....	108



## **Введение**

Автоматизация технологических процессов является решающим фактором в повышении производительности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, экономии сырья и энергии.

Создание средств измерения, контроля и управления оборудованием и техническими процессами характеризуется переходом от решения частных, относительно простых задач автоматизации к созданию на основе микропроцессорной техники, устройств с программным управлением, решающих сложные функциональные задачи контроля и управления при большом объеме перерабатываемой информации.

В проекте подробно изучены процессы и аппараты объекта управления, описаны особенности узла, значимые для построения автоматизированной системы управления.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- исследовать техническое задание на автоматизацию объекта;
- провести технико-коммерческое предложение по оборудованию;
- разработать необходимую документацию;
- разработать алгоритмы управления технологическими процессами и программное обеспечение функционирования системы.

Для реализации системы автоматизации выбран программно-технический комплекс: контроллер Simatic S7-300, средство его программирования и конфигурирования Step7 и SCADA-пакет WinCC. В этих пакетах разработаны программы управления основными процессами, протекающими на участке.

В дипломном проекте также были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды и охраны труда.

# **1 Техническое задание**

## **1.1 Назначение и цели создания Системы**

Основной целью и назначением Системы является обеспечение безопасного и эффективного управления технологическим процессом (ТП) в реальном масштабе времени. Система предназначена:

- для повышения надежности и качества автоматического регулирования, контроля и управления работой технологических объектов;
- для снижения потерь продукта и снижения воздействий на окружающую среду;
- для стабилизации заданных режимов технологического процесса путем контроля значений технологических параметров, визуального представления и выдачи управляющих воздействий на ИМ, как в автоматическом режиме, так и в результате действий оператора-технолога;
- для предотвращения аварийных ситуаций на технологических объектах путем опроса подключенных к Системе датчиков в автоматическом режиме, анализа измеренных показаний и переключения технологического процесса в безопасное состояние путем выдачи управляющих воздействий на ИМ в автоматическом режиме, или по инициативе оперативного персонала;
- для архивирования информации с целью последующего использования для анализа и формирования отчетной документации;
- для достижения высокого уровня стабильности режимов.

Основными целями создания Системы управления являются:

- стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологических процессов установки;
- предоставление возможности анализа критических ситуаций (нештатный останов и т.д.) и выявления причины их возникновения;
- обеспечение устойчивости функционирования объекта;
- улучшение условий труда технологического и обслуживающего персонала.

## **1.2 Характеристика объекта автоматизации**

Установка цеха НПЗ предназначена для переработки нефти в бензин, авиационный керосин, мазут, дизельное топливо, смазочные масла, смазки, битумы, нефтяной кокс, сырьё для нефтехимии.

Объектами автоматизации являются:

1. Насосные агрегаты Н-1, Н-2, Н-3, с установленными на них датчиками температуры подшипников, сигнализаторов наличия перекачиваемой жидкости;

2. Конденсатные баки Е-1, Е-2, с установленными на них уровнемерами и датчиками температуры парового конденсата;

3. Трубопроводы подачи парового конденсата, на каждом установленные электроприводные задвижки, датчики температуры конденсата;

4. Трубопровод обратной подачи парового конденсата, с установленными на нем датчиками расхода и температуры и регулирующего клапана;

5. Трубопровод охлаждающей жидкости подшипников насосов, с установленными на нем датчиками расхода и температуры;

Большая часть оборудования будет размещена внутри помещений и эксплуатироваться при температуре окружающей среды от 0 до плюс 40 °С. Возможно аварийное снижение температуры в помещениях до минус 40 °С.

Оборудование, размещаемое снаружи помещений, должно работать при температурах в полном диапазоне от минус 40 до плюс 50 °С.

### **1.3 Требования к Системе**

#### **1.3.1 Требования к Системе в целом**

Система управления должна состоять из распределенной системы управления (PCY) и автоматической системы противоаварийной защиты (ПАЗ). Целью и назначением систем является обеспечение безопасного и эффективного управления ТП в реальном масштабе времени.

Программно-технические средства, входящие в Систему, должны иметь сертификаты соответствия, выданные органами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии при Министерстве промышленности и торговли РФ (Росстандарт), а также в установленных случаях другими лицензирующими органами РФ.

Связь между оборудованием нижнего и среднего уровней должна осуществляться при помощи проводных связей, посредством цифровых и унифицированных аналоговых, дискретных электрических сигналов.

Между средним и верхним уровнем должен осуществляться при помощи резервированных специализированных промышленных компьютерных сетей. Должна быть предусмотрена проводка резервированных оптоволоконных кабелей и кабелей типа «витая пара» категории не ниже «5е».

Структура PCY и ПАЗ должна быть предусмотрена такой, чтобы исключить наличие узлов, отказ которых приведет к отказу PCY и ПАЗ в целом. Для обеспечения минимальной вероятности отказов должно быть предусмотрено резервирование ответственных элементов и сетей системы.

В системе должна быть предусмотрена сохранность информации:

- при нештатных технологических ситуациях, выходе из строя компонентов системы и нештатном отключении электропитания;
- сохранение системной конфигурации, прикладного программного обеспечения (ПО), трендов и журналов событий в случае выхода из строя компонентов системы, нештатного отключения электропитания либо некорректных действий технологического персонала.

## **1.3.2 Требования к структуре и функционированию Системы**

### **1.3.2.1 Требования к уровням иерархии Системы**

Система должна иметь трехуровневую структуру:

- нижний уровень – уровень размещения контрольно-измерительных приборов (КИП) и ИМ – включает в себя полевое оборудование, установленное на технологических трубопроводах и аппаратах;
- средний уровень – уровень сбора информации с нижнего уровня, выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы, устройства приема/передачи данных на верхний уровень и должен включать в себя:
  - a) кроссовые шкафы;
  - b) шкафы автоматизации.
- верхний уровень – уровень, включающий серверный шкаф, АРМы:
  - a) АРМ старшего оператора;
  - b) два АРМ оператора-технолога;
  - c) АРМ машиниста насосного оборудования;
  - d) АРМ машиниста компрессорной;
  - e) АРМ начальника установки;
  - f) АРМ инженера РСУ и ПАЗ;
  - g) АРМ инженера КИП;
  - h) АРМ панелей визуализации.

На данном уровне обеспечивается доступ к технологической информации для обслуживающего, технологического персонала, инженерно-технических работников и административно-управленческого персонала.

Структурная схема комплекса представлена в приложении А.

### **1.3.2.2 Требования к способам и средствам связи для информационного обмена между компонентами Системы**

Обмен данными между оборудованием среднего и верхнего уровней должен осуществляться при помощи резервированных специализированных промышленных компьютерных сетей высокой производительности.

Физической средой передачи данных должен являться кабель «экранированная витая пара» категории 5е либо оптоволоконный кабель с применением специализированного сетевого оборудования.

#### 1.3.2.3 Требования к режимам функционирования Системы

Система должна обеспечивать непрерывную работу объекта в штатном режиме. При появлении нештатных ситуаций в Системе должны быть реализованы алгоритмы на перевод оборудования в безопасное состояние.

Режимы функционирования Системы:

- режим запуска Системы, во время которого осуществляется отладка, диагностика, комплексное опробование программно-технических средств, ввод Системы в режим опытной и промышленной эксплуатации;
- штатный режим, во время которого реализуются все автоматизируемые функции в полном объеме;
- нештатный режим, при котором отдельные компоненты полностью или частично прекращают свое выполнение в связи с отказами ПТС Системы;
- сервисный режим, во время которого обеспечивается проведение регламентных работ по ТО, изменению в процессе эксплуатации уставок сигнализации, блокировок и коэффициентов контуров регулирования Системы.

#### 1.3.2.4 Перспективы развития и модернизации Системы

Система должна обеспечивать возможность подключения дополнительных контроллеров, модулей, преобразователей, барьеров искрозащиты и других компонентов в объеме до 20 % от использованных.

Во всех шкафах и панелях, шасси контроллеров необходимо предусматривать не менее 20 % свободного места для размещения оборудования.

Должна обеспечиваться возможность по наращиванию Системы путем непосредственного дополнения, а не изменения, технических средств и минимального изменения ПО и конфигурации Системы.

### **1.3.3 Требования по сохранности информации при авариях**

Возможные основные ситуации, приводящие к потере информации и меры, обеспечивающие ее сохранность:

- для АРМ и серверов Системы должно быть предусмотрено периодическое резервное копирование данных на внешние накопители;
- энергонезависимая память контроллеров должна обеспечивать сохранение полной конфигурации и всех рабочих параметров без ограничения времени. Энергонезависимая память контроллеров не должна использовать сменные элементы питания (батарейки);
- полное обесточивание всей Системы. Работоспособность системы в данном случае должна поддерживаться за счет использования источников бесперебойного питания в течение не менее 60 мин;
- отказ канала связи. Вся информация в этом случае должна накапливаться в локальном буфере не менее чем 24 часа, оборудование должно функционировать самостоятельно, при восстановлении канала связи – накопленная информация должна передаваться для архивации в базу данных.

Информация об аварийных ситуациях должна автоматически отображаться на дисплее АРМ, а также записываться и храниться в протоколах сообщений системы на устройствах внешней памяти.

После восстановления работоспособности средств связи, обмен между контроллером и АРМ должен восстанавливаться автоматически с выдачей соответствующего сообщения на АРМ.

### **1.3.4 Требования к защите от несанкционированного доступа**

Подсистемы управления доступом, подсистемы регистрации и учета и подсистемы обеспечения целостности компонентов создаваемой Системы должны соответствовать требованиям Руководящего документа ФСТЭК РФ «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по

защите информации» по классу защиты от несанкционированного доступа не хуже 1Г.

Класс используемых межсетевых экранов должен быть не хуже 4 по классификации Руководящего документа ФСТЭК РФ «Средства вычислительной техники. Межсетевые экраны. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации».

Система должна автоматически вести журнал регистрации изменений программного и информационного обеспечения.

Должна быть предусмотрена защита Системы от несанкционированного доступа и компьютерных вирусов.

В Системе должно быть предусмотрено разграничение прав доступа с парольной защитой между лицами, имеющими доступ к управлению:

- старший оператор;
- оператор-технолог;
- машинист насосного оборудования;
- машинист компрессорной;
- начальник установки;
- инженер РСУ и ПАЗ;
- инженер КИП.

Предусмотреть разграничение прав доступа к системным настройкам, а также к настройкам, влияющим на работоспособность Системы.

### **1.3.5 Требования по стандартизации и унификации**

Создаваемая Система должна быть универсальной и соответствовать достигнутому мировому уровню в области создания систем по функциональному развитию, удобству эксплуатации и обслуживания.

Технические и программные решения, используемые в Системе, должны быть максимально унифицированы.



ПТС, входящие в Систему, должны иметь сертификаты соответствия, выданные органами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии при Министерстве промышленности и торговли РФ (Росстандарт), а также в установленных случаях другими лицензирующими органами РФ.

При создании Системы руководствоваться следующими документами:

- настоящими техническими требованиями;
- ПУЭ Правила устройства электроустановок;
- СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации;
- СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства;
- ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности;
- ГОСТ Р 50571.1-2009 (МЭК 60364-1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения;
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств".

### **1.3.6 Требования к снабжению электроэнергией**

Создаваемая Система производственного цикла подготовки сырья на НПЗ по обеспечению надежности электроснабжения относится к особой группе потребителей I категории электроснабжения.

Электропитание Системы должно осуществляться от резервированных независимых источников бесперебойного питания (ИБП) промышленного исполнения, в комплекте с батареями. Система бесперебойного питания должна состоять из двух дублированных независимых ИБП промышленного исполнения с антикоррозийным покрытием элементов и сохранять электроснабжение Системы в течение не менее 60 мин в случае его отсутствия.

Система бесперебойного питания должна быть оснащена внешним ручным байпасом.

Предусмотреть шкаф ШРП с комплектом коммутирующей аппаратуры достаточной для организации питания ИБП, резервированного питания каждого узла Системы.

Электропитание шкафа ШРП осуществляется от двух индивидуальных 3-фазных вводов  $\sim 380$  В, 50 Гц (подводящий кабель питания не входит в комплект поставки Системы).

ИБП с батареями, шкаф ШРП расположить в помещении кроссовой здания операторной.

Мощность ИБП выбирается с запасом 30 % от расчетной максимальной нагрузки.

Электропитание АРМ начальника установки, АРМ машиниста компрессорной осуществить через напольные ИБП, обеспечивающие автономную работу при пропадании электроэнергии в течении 60 минут. Электропитание данных ИБП осуществить от существующей силовой розетки сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Электропитание оборудования нижнего уровня (датчики, преобразователи, электропневмопозиционеры и т.д.) выполнить от резервированных источников питания 24 В.

Блоки питания 24 В дискретных входов «сухой контакт», соленоидов и контроллеров должны быть резервированными и отдельными друг от друга.

## **1.4 Требования к задачам, выполняемым Системой**

Объем автоматизации определяется перечнем сигналов.

Основные функции РСУ:

- сбор, обработка и отображение для технологического персонала текущих значений технологических параметров и состояния оборудования. Отображение технологического процесса должно быть организовано в виде мнемосхем, таблиц, экранных полей различного назначения в реальном масштабе времени;
- выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы и оборудование в соответствии с заданными алгоритмами управления и регулирования или по заданию оператора;
- формирование отчетов, автоматический учет сырьевых, продуктовых и вспомогательных потоков на границе установки;
- отображение для технологического персонала сигнализации о выходе технологических параметров за допустимые значения и об изменении состояния оборудования;
- накопление информации о значениях технологических параметров, о состоянии оборудования, сигнализации и действиях оператора в долговременной памяти за конфигурируемый промежуток времени;
- регистрация срабатывания и контроль над работоспособным состоянием средств ПАЗ;
- выдача необходимой информации в вышестоящую систему;
- возможность внесения изменений в конфигурацию системы в режиме «on-line» (без остановки процесса управления и без внесения возмущений в контуры управления и блокировки, не затрагиваемые изменениями);
- возможность замены отказавшего оборудования и добавления новых узлов и плат без отключения питания;

- возможность синхронизации точного времени;
- цикл исполнения, установленный для каждого из алгоритмов управления, мониторинга и блокировки, должен быть фиксированным (не зависящим от размера программы).

Система должна быть ориентирована на работу в жестком реальном времени, то есть на обеспечение выполнения всех заданных функций с заданной периодичностью и в заданный срок.

ПАЗ должна обеспечивать защиту персонала, технологического оборудования и окружающей среды в случае возникновения нештатной ситуации, развитие которой может привести к аварии.

Команды от ПАЗ должны иметь приоритетное действие на исполнительные механизмы по отношению к командам от РСУ.

Информация о работе ПАЗ должна передаваться в РСУ и выводиться на экран на АРМ оператора, заноситься в память, протоколы ее работы должны распечатываться. Срабатывание блокировок должны регистрироваться с указанием времени.

Исполнение ПАЗ должно отвечать всем требованиям техники безопасности.

Должны быть предусмотрены сервисные ключи (реализуемые программно) для замены, ремонта и поверки блокировочных датчиков.

Для аналоговых модулей ввода/вывода должна быть обеспечена функция определения обрыва, замыкания линии и выхода параметра за пределы диапазона.

## **1.5 Требования к видам обеспечения**

### **1.5.1 Требования к техническому обеспечению**

1.5.1.1 Требования к техническим средствам нижнего уровня (к датчикам, приборам, вторичным приборам, исполнительным механизмам)

Технические средства полевой автоматики, устанавливаемые вне помещения, должны иметь пыле- и влагозащищенные корпуса. По степени конструктивной защищенности от внешних механических воздействий такие устройства должны иметь исполнение не ниже, чем IP 65 по ГОСТ 14254-96.

Все электрические и электронные средства полевых систем автоматизации, размещаемые во взрывоопасных или пожароопасных зонах должны применяться только во взрывозащищенном исполнении.

Передаваемые в Систему сигналы должны иметь следующие параметры:

- аналоговые: 4-20 мА, с HART-протоколом;
- цифровые: по протоколу Modbus RTU;
- дискретные сигналы типа «сухой контакт» или «открытый коллектор»;
- дискретные сигналы Namur;
- дискретные сигналы 24 В постоянного тока.

Передаваемые из Системы сигналы должны иметь следующие параметры:

- унифицированный аналоговый сигнал 4-20 мА (HART);
- дискретные сигналы постоянного тока 24 В;
- дискретные сигналы переменного тока 220 В.

1.5.1.2 Требования к техническим средствам среднего уровня

1.5.1.2.1 Требования к кроссовым шкафам

Подключение полевого оборудования к среднему уровню выполнить через кроссовые шкафы. Кроссовые шкафы расположить в помещении кроссовой здания операторной.

Кроссовые шкафы должны соответствовать габаритным размерам 2000x800x800 мм (ВxШxГ). Ширина дверей шкафа не должна превышать 400 мм.

Подвод кабелей к кроссовым шкафам должен осуществляться снизу.

Экраны кабелей соединяются с системой заземления внутри шкафа.

Концы входящих многожильных кабелей подключаются к входным клеммникам, компоновка которых разделяется по типам сигналов и цепей.

Отдельно должны быть проложены: «искробезопасные» цепи, «неискробезопасные» цепи и цепи 220 В.

Для подключения «неискробезопасных» сигналов и сигналов «220 В», приходящих с полевого уровня, должны быть предусмотрены клеммники с предохранителями.

Каждый провод или кабель внутри шкафа прокладывается в закрытом крышкой перфорированном коробе из ПВХ.

Все кабели, клеммники и зажимы должны быть промаркированы.

Все клеммники должны быть винтового типа, предпочтительно одноуровневые.

Для входных и выходных «искробезопасных» цепей клеммники должны быть с размыкателем (коммутационный ресурс для размыкателей должен быть рассчитан на весь период эксплуатации и составить не менее 1000 размыканий).

Зажимы для подключения полевых КИП и оборудования должны быть винтового типа с сечением, соответствующим сечению подключаемых проводников и токовой нагрузке на соединение.

Зажимы искробезопасных цепей должны быть светло-голубого цвета, а зажимы цепей заземления – желто-зеленого цвета.

Кроссовые шкафы должны содержать только клеммники. Размещение в кроссовых шкафах модулей ввода-вывода, промежуточных реле, барьеров, блоков питания и другого подобного оборудования не допускается.

Распределение входных/выходных каналов по кроссовым шкафам должно выполняться согласно типу сигнала (аналоговые входы, аналоговые

выходы, дискретные входы, дискретные выходы) и искрозащите (Ехі или нет).

Допускаются следующие конфигурации:

- отдельный кроссовый шкаф под аналоговые входы-выходы, отдельный шкаф под дискретные входы-выходы;
- одна сторона шкафа (двухстороннего доступа) аналоговая, другая - дискретная;
- одна сторона шкафа (двухстороннего доступа) под сигналы Ехі, другая - Ехd.

Клеммы расположить в кроссовом шкафу вертикальными рядами на DIN-рейках. При использовании кроссовых шкафов шириной 800 мм допускается не более двух вертикальных рядов.

Прокладку «полевых» и системных кабелей внутри кроссовых шкафов предусмотреть в перфорированных пластиковых коробах.

Предусмотреть не менее 20 % резерва смонтированного и не менее 20 % дополнительного резерва для будущего монтажа.

В комплектацию системы включить аксессуары необходимые для обслуживания клемм (щупы, адаптеры для тестеров и т.п.).

#### 1.5.1.2.2 Требования к техническому обеспечению РСУ и ПАЗ

Контроллеры с функциями автоматического управления (регулирования) технологическим процессом должны иметь:

- дублированные модули питания;
- дублированные модули центральных процессоров;
- дублированные модули передачи данных.

Загрузка каждого центрального процессора не должна превышать 50%.

Контроллеры системы не должны останавливаться при любых возможных ошибках в прикладном ПО, выполненном стандартными средствами разработки данной системы. При обнаружении ошибки в одном из программных модулей, контуров или схем управления другие модули или схемы управления должны гарантированно оставаться в работе. При этом

должны выдаваться информационные сообщения об обнаруженных отказах, неисправностях. Подключение входных/выходных дискретных сигналов должно производиться через промежуточные реле.

Ввод/вывод в систему искробезопасных сигналов должен быть выполнен через барьеры искрозащиты.

Каждый искробезопасный канал ввода-вывода должен быть индивидуально гальванически развязан от других каналов, от системных шин, интерфейсов и цепей питания.

Для аналоговых модулей ввода/вывода должна быть обеспечена функция определения обрыва, замыкания линии и выхода параметра за пределы диапазона.

PCU должна обеспечивать возможность подключения систем управления, поставляемых в комплекте с технологическим оборудованием. Полученные по цифровым каналам данные должны обрабатываться системой так же, как и данные от модулей ввода/вывода.

ПАЗ должна быть выполнена как выделенная отказоустойчивая система с аппаратным резервированием и наличием непрерывной самодиагностики, на базе контроллеров, сертифицированных на применение в системах защиты с уровнем полноты безопасности не ниже SIL2, с возможностью интегрирования в PCU.

Система должна обеспечивать полное сохранение функций безопасности в случае неисправности в системе или отказа отдельных блоков.

Контроллеры системы ПАЗ должны иметь:

- дублированные модули питания;
- дублированные модули центральных процессоров;
- дублированные модули передачи данных.

Загрузка каждого центрального процессора не должна превышать 50 %.

При необходимости, сигналы должны передаваться от ПАЗ в PCU физическими контактами и по резервированной сети передачи данных.



Ключи группового аварийного отключения технологического оборудования и технологических блоков должны быть физическими, располагаться на отдельном пульте возле АРМ оператора.

Подключение входных/выходных дискретных сигналов должно производиться через промежуточные реле.

Должен быть предусмотрен 20 % резерв каналов ввода-вывода и 20 % свободного места для возможной будущей установки дополнительных устройств (касается всего оборудования: модулей ввода/вывода, кроссовых и релейных шкафов, шкафов питания, сетевого оборудования).

Замена модулей ввода/вывода должна производиться на работающем оборудовании без отключения питания и снижения надежности системы.

Необходимо предусмотреть защиту от дребезга и электрических наводок на входные цепи.

#### 1.5.1.3 Требования к техническим средствам верхнего уровня

Система должна иметь специальную выделенную станцию инженера РСУ и ПАЗ с которой будут выполняться все операции по обслуживанию и диагностике. АРМ инженера РСУ и ПАЗ должно быть оснащено четырьмя мониторами с антибликовым покрытием размером не менее 22 дюйма, расположенные в два яруса по горизонтали.

Все оперативные и исторические данные РСУ и ПАЗ должны быть резервированы, т.е. храниться на резервированных носителях. Данные в резервированных носителях должны автоматически синхронизироваться.

Должна быть обеспечена возможность создания образов жесткого диска любой станции и сервера специальными программами, входящими в объем поставки Системы.

В составе Системы должна быть предусмотрена станция инженера КИП, предназначенная для конфигурирования и диагностики приборов и исполнительных механизмов, поддерживающих HART-протокол.

АРМ инженера КИП должно представлять собой переносной компьютер (ноутбук) во взрывозащищенном исполнении, укомплектованный USB HART модемом.

#### 1.5.1.4 Требования к техническим средствам передачи сигналов и данных

Обмен данными между контроллерами, серверами, станциями операторов и инженерными станциями должен выполняться по высокоскоростной резервированной линии связи со скоростью передачи не менее 1 Гбит/с.

Построение резервированных каналов передачи данных должно исключать нарушение нормальной работы системы управления при единичном отказе любого сетевого оборудования или обрыве одного кабеля связи. Электропитание активного оборудования так же должно быть резервировано.

Все активное сетевое оборудование должно быть промышленного исполнения (с улучшенным охлаждением). Система должна постоянно выполнять диагностику сетевого оборудования и при обнаружении неисправности формировать сообщение оператору и инженеру РСУ и ПАЗ.

При информационном взаимодействии компонентов Системы, размещенных в различных локальных вычислительных сетях (ЛВС) (или ЛВС различного уровня) обязательно применение межсетевых экранов.

### 1.5.2 Требования к программному обеспечению

#### 1.5.2.1 Требования к программному обеспечению РСУ и ПАЗ

Программирование контроллеров должно выполняться на стандартных языках программирования. Прикладное ПО РСУ должно соответствовать стандарту IEC 61131-3. Система должна иметь полный набор аппаратного и программного обеспечения для создания и редактирования аппаратной конфигурации и баз данных системы. При этом должна обеспечиваться возможность загрузки измененных или созданных программ в отдельные узлы при работе системы без нарушения ее работы.

ПО системы управления должно обеспечивать выполнение следующих функций:

- отображение на мнемосхемах АРМ данных о состоянии технологического процесса и оборудования;
- вычисление переменных, масштабирование, арифметические операции, линеаризация (табличная или полиномами);
- управление контурами регулирования: ПИД-регулирование, каскадное ПИД-регулирование, регулирование соотношения, двухпозиционное регулирование, выполнение последовательности операций по алгоритму;
- функции и алгоритмы усовершенствованного управления процессом.

Включение в работу вышеуказанных функций должно производиться путем конфигурации, т.е. внесения параметров в экранные формы, без программирования в текстовом виде или на «низком» уровне.

Все переменные, получаемые по цифровым каналам, должны быть доступны в прикладных программах и алгоритмах РСУ.

В состав ПО включаются все необходимые лицензии на количество конфигурируемых параметров + 20 % резерв.

При программировании ПАЗ допускается использование только стандартных методов программирования (например, функциональные логические схемы или релейная многозвенная логическая схема). Программирование в мнемонических символах и на языке высокого уровня не допускается.

Настройка уровней срабатывания сигнализации для аналоговых входов, настройка таймеров, конфигурирование нормально открытого/нормально закрытого режима для цифровых входов/выходов, должны осуществляться программно.

В системе ПАЗ должны быть предусмотрены средства формирования выходных сигналов тревоги.

Сигналы тревоги ПАЗ должны охватывать отказ источников питания, неисправность центрального процессора и т.д. В РСУ должны передаваться только общие сигналы тревоги.

В логических схемах реализация функций управления и защит должна быть выполнена на базе логических элементов.

В ПАЗ должны формироваться выходные сигналы аварийного отключения электрооборудования, закрытия/открытия запорной и отсечной арматуры. После срабатывания блокировки и возврата параметра в нормальное состояние сброс отображения аварийного параметра на АРМ оператора происходит автоматически. Перезапуск электрооборудования и открытие/закрытие запорной и отсечной арматуры производится оператором.

#### 1.5.2.2 Требования к программному обеспечению АРМ оператора

На АРМ оператора должен быть обеспечен вывод на мнемосхемы информации о технологическом процессе и состоянии оборудования в текстовом виде (значения параметров, сообщения) и графическом виде (тренды, анимация, гистограммы и т.д.).

Должно быть обеспечено построение трендов с количеством параметров не менее 8 на одном графике.

Реализация мнемосхем, организация окон, световая и звуковая сигнализации, иные поведенческие решения будут согласовываться дополнительно.

Все надписи и сообщения на мнемосхемах операторов должны быть выполнены на русском языке. Системные и диагностические сообщения, предназначенные для инженера РСУ и ПАЗ, могут выполняться на английском языке.

Все станции операторов должны быть взаимозаменяемыми и обеспечивать управление любым блоком технологической установки. С любой станции оператора должен обеспечиваться доступ ко всем данным в системе, включая данные реального времени, исторические данные, тренды, журналы

сигнализаций и т.д. Отказ любой станции не должен ограничивать выполняемые системой функции регулирования и мониторинга.

В системе должна обеспечиваться возможность получения данных станциями оператора непосредственно от контроллеров, без промежуточных серверов.

Время обновления данных на мнемосхемах АРМ операторов должно быть не более одной секунды.

#### 1.5.2.3. Требования к программному обеспечению АРМ инженера РСУ и ПАЗ

Обращение ко всем переменным в РСУ и ПАЗ должно выполняться по символьному имени без указания физического адреса. Система должна обладать развитым инструментарием для разработки и конфигурирования мнемосхем и отчетов. РСУ и ПАЗ должна обеспечивать конфигурирование контуров и алгоритмов управления для выполнения различных задач. Редактирование и изменение мнемосхем и алгоритмов управления на действующем оборудовании должно быть обеспечено без останова, перезагрузки или прерывания технологического процесса. Все изменения в РСУ и ПАЗ должны выполняться со станции инженера РСУ и ПАЗ. Все изменения должны выполняться в одном месте и автоматически распространяться на все узлы.

Со станции инженера РСУ и ПАЗ должно выполняться резервное копирование и восстановление базы данных системы. Копирование должно выполняться автоматически по расписанию или по требованию. Должна обеспечиваться возможность копирования базы данных на внешний носитель.

#### 1.5.2.4 Требования к программному обеспечению АРМ инженера КИП

Программное обеспечение станции инженера КИП должно обеспечивать ведение базы данных приборов, с регистрацией обнаруженных отказов и неисправностей, проведенного технического обслуживания, ремонтов и калибровки.

### **1.5.3 Требования к метрологическому обеспечению**

Полная приведенная погрешность модулей каналов аналогового ввода без учета первичного прибора (датчика, измерительного преобразователя) не должна превышать  $\pm 0,2$  %. При расчете погрешности должны учитываться все элементы, входящие в измерительную цепь (модули, барьеры и т.д.).

### **1.5.4 Требования к информационному обеспечению**

Для обеспечения правильного восприятия информации и выработки соответствующих навыков у оператора-технолога Система должна предусматривать возможность иерархической организации технологической информации в естественной для технологического персонала форме:

- установка;
- технологический блок или участок;
- единица оборудования;
- параметр.

Система, как в своей базе данных, так и для отображения, должна предусматривать организацию технологических параметров в виде «точек», т.е. полноценных наборов данных по каждому из технологических параметров (измеренное значение, уставки, задание, выход и настроечные параметры регулятора и др. в одной «точке»). Лицензирование системы должно исчисляться по количеству технологических параметров - «точек».

Пользовательская информация на экране дисплея и печатающих устройствах должна представляться на русском языке.

### **1.5.5 Требования к математическому обеспечению**

Алгоритмы, входящие в состав математического обеспечения Системы, должны обладать полнотой (охватывать всю совокупность технологических процессов и их взаимодействие между собой), четкостью (включать в себя все

возможные варианты исхода тех или иных ситуаций) и предусматривать выполнение всех функций системы.

В рамках математического обеспечения должны быть разработаны следующие алгоритмы:

- алгоритмы противоаварийных защит;
- алгоритмы регулирования параметров технологических процессов;
- алгоритмы управления исполнительными механизмами;
- алгоритмы, предотвращающие развитие аварийных ситуаций;
- алгоритмы расчета технико-экономических показателей работы агрегата.

Аварийная ситуация должна быть определена при достижении параметра аварийной границы. В тех случаях, где физический параметр контролируется несколькими датчиками, определение аварийной ситуации должно быть основано на показаниях как минимум двух датчиков (дискретных или аналоговых).

Предаварийная ситуация – достижение переменной по аналоговому сигналу технологической границы или появление соответствующего дискретного сигнала – должна предусматривать только сообщение оператору без автоматического управления исполнительными механизмами.

Алгоритмы противоаварийных защит должны представлять собой последовательность воздействий на исполнительные механизмы с контролем за их выполнением в автоматическом режиме для предотвращения возникновения аварии.

Алгоритмы регулирования технологических параметров должны обеспечивать оптимальные режимы работы агрегата.

Алгоритмы, предотвращающие развитие аварийных ситуаций, должны представлять собой последовательность действий управления исполнительными механизмами, изменение параметров ведения технологического процесса и т.д. с целью стабилизации работы агрегата в

случае нарушения нормального технологического режима, но параметры не достигли аварийных значений.

В алгоритмах также должно быть предусмотрено автоматическое включение резерва технологического оборудования (там, где это требуется).

При разработке математического обеспечения должны быть учтены процедуры диагностики программных и технических средств системы управления.



## **2 Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта**

Сырьё для окислительной колонны поз. К-1 из резервуаров поз. Е-1, Е-2 по линии № 1 подаётся насосами поз. Н-1, Н-2, Н-3 по линии № 2 в трубное пространство теплообменника поз. Т-1 и далее по линии № 4 в колонну поз. К-1 (второй поток). Битум из окислительной колонны поз. К-1 по линии № 3 насосами поз. Н-1, Н-2, Н-3 откачивается по линии № 5 через погружной теплообменник поз. Т-3 в ёмкости готовой продукции поз. Е-4÷14.

Для осуществления процесса окисления сырья в низ колонны поз. К-1 через распределительное устройство подаётся технологический воздух от воздушной компрессорной (ВК). Расход поступающего воздуха в окислительную колонну поз. К-1 производится регулятором расхода поз. FIRC-1, установленным непосредственно на линии воздуха в колонну.

Для нагрева сырья перед подачей его в окислительную колонну поз. К-1 используется трубчатая печь поз. П-1 шатрового типа односкатная. Печь состоит из радиантных и конвекционных камер, разделенных между собой перевальной стенкой.

В период пуска сырьё поступает через трубчатую печь поз. П-1 по первому потоку в окислительные колонны поз. К-1 с температурой не более 265°C. За контролем температуры сырья на выходе из печи поз. П-1 установлен прибор поз. TIRA-1 с выносом показаний на щит операторной. При достижении температуры сырья на выходе из печи поз. П-1 270°C, срабатывает световая и звуковая сигнализация.

После вывода колонн на нормальный режим подача сырьевой смеси осуществляется по второму потоку через теплообменники поз. Т-1, Т-2.

При работе окислительной колонны поз. К-1 подбор режима окисления для получения необходимой марки битума осуществляется путем изменения расхода сырья по первому, второму потокам и технологического воздуха, а также изменением качества поступающего сырья.

В период работы колонны поз. К-1 технологической схемой предусмотрена возможность подачи сырья на окисление по второму потоку через любой из теплообменников поз. Т-1, Т-2, а также через трубчатую печь поз. П-1 по первому потоку.

Температура в колонне окисления гудрона поз. К-1 измеряется в шести точках датчиками температуры поз. TIR-2...7.

Регулирование расхода сырья в колонне поз. К-1 по второму потоку производится регулятором расхода поз. FIRC-2 и регулирующим клапаном поз. FV-2, расположенным на трубопроводах пара к насосам поз. Н-2, Н-3. Расход сырья в окислительную колонну К-1 по линии № 4 измеряется датчиком расхода FIR-3.

Регулирование расхода сырья в колонне поз. К-1 по первому потоку производится регулятором расхода поз. FIRC-4 и регулирующим клапаном поз. FV-408, расположенным на трубопроводе пара к насосам поз. Н-2, Н-7.

Газы окисления, образующиеся в процессе окисления, из колонн поз. К-1 поступают в газосепараторы поз. К-3, К-3' и далее через огнепреградитель поз. Е-3 поступают на сжигание в печи дожига поз. П-2, П-2а.

Предусмотрена возможность охлаждения битума в емкостях поз. Е-4÷14 путём циркуляции битума насосами поз. Н-1, Н-2 через погружной холодильник поз. Т-3.

Принципиальная технологическая схема блока подготовки сырья приведена в приложении Б.

### **3 Разработка рабочей документации по проектированию**

#### **3.1 Разработка структурной схемы**

Структурная схема АСУ цикла подготовки сырья построена по трехуровневому иерархическому принципу:

- нижний уровень – уровень размещения контрольно-измерительных приборов (КИП) и исполнительных механизмов – включает в себя полевое оборудование, установленное на технологических трубопроводах и аппаратах (в объем поставки Системы не входит);
- средний уровень – уровень сбора информации с нижнего уровня, выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы устройства приема/передачи данных на верхний уровень и должен включать в себя:
  - a) кроссовые шкафы;
  - b) шкафы автоматизации.
- верхний уровень – уровень автоматизированного оперативного управления, включающий серверный шкаф и следующие АРМ:
  - a) АРМ старшего оператора;
  - b) два АРМ оператора-технолога;
  - c) АРМ машиниста насосного оборудования;
  - d) АРМ машиниста компрессорной;
  - e) АРМ начальника установки;
  - f) АРМ инженера РСУ и ПАЗ;
  - g) АРМ инженера КИП;
  - h) АРМ панелей визуализации.

На данном уровне обеспечивается доступ к технологической информации для обслуживающего, технологического персонала, инженерно-технических работников и административно-управленческого персонала.

Нижний уровень Системы состоит из первичных средств автоматизации:

- измерительные преобразователи и датчики:

- a) датчик давления Метран-150TG;
- b) датчик температуры Метран-281;
- c) сигнализатор уровня Rosemount 2100;
- d) датчик уровня Rosemount-5300;
- e) расходомер Rosemount 8800D;
- f) датчик загазованности GD10-P00;
- g) сигнализатор пламени Durag D-LX 200.
- исполнительные устройства и механизмы:
  - a) электроприводы ELESYB;
  - b) клапан КМР ЛГ с позиционером Sipart PS2 и фильтром.

Нижний уровень выполняет следующие функции:

- измерение параметров технологического процесса и оборудования и преобразования их в унифицированный сигнал;
- сбор и передачу информации о ходе технологического процесса и состоянии технологического оборудования на средний уровень;
- исполнение команд регулирования и управления;
- формирование световых и звуковых сигналов.

Средний уровень Системы состоит из программируемых логических контроллеров (ПЛК) PCY и ПАЗ, источников бесперебойного питания (ИБП), кроссовых шкафов и контроллерной сети RS-485 (Modbus RTU).

Средний уровень Системы выполняет следующие функции:

- сбор, первичная обработка (фильтрацию, линеаризацию и масштабирование) и контроль информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое управление технологическим оборудованием;
- регулирование параметрами технологического процесса;
- исполнение команд, поступающих с верхнего уровня;
- формирование управляющих воздействий на ИМ Системы;
- обмен информацией с верхним уровнем;

- поддержание единого времени в системе;
- работа в автономном режиме при нарушениях связи;
- формирование предупредительных и предаварийных сигналов;
- автоматическая диагностика комплекса;

Верхний (информационно-вычислительный) уровень Системы состоит из межсетевого экрана, серверов баз данных (основного и резервного), коммутаторов, ИБП, принтеров и МФУ и АРМ.

Верхний уровень Системы выполняет следующие функции:

- прием информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса со среднего уровня системы;
- формирование и оперативное отображение информации в реальном масштабе времени в виде мнемосхем с динамическими элементами, таблиц и графиков отражающими текущее состояние технологического процесса;
- формирование и ведение технологической базы данных;
- выборка информации из базы данных реального времени и архива;
- формирование и отображение протоколов событий;
- формирование и выдача команд дистанционного управления;
- обмен данными со средним уровнем системы;
- печать отчетной документации, сводок, трендов, протоколов событий, перечней неисправностей и/или отказов;
- бесперебойное питание технических средств верхнего уровня.

Структурная схема комплекса технических средств представлена в приложении А.

### **3.2 Разработка функциональной схемы автоматизации**

Функциональная схема автоматического контроля и управления предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме автоматизации изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса.

В данной работе функциональная схема автоматизации разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Функциональная схема автоматизации представлена в приложении В.

### 3.3 Комплекс аппаратно-технических средств

Комплекс аппаратно-технических средств (КАТС) АСУ ТП производственного цикла подготовки сырья включает в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, коммутационную аппаратуру, а также системы сигнализации и вспомогательное оборудование.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование обрабатывает сигналы, поступающие с измерительных устройств, осуществляет алгоритмы управления и выполнение задач вычисления, выдает сигналы управления на исполнительные устройства.

#### 3.3.1 Выбор контроллерного оборудования

АСУ ТП блока подготовки сырья НПЗ выполнена на базе программно-технического комплекса SIMATIC S7-300 фирмы Siemens (Германия). Данная система построена по модульному принципу, что обеспечивает замену компонентов или расширение ее без влияния на работу других частей системы.

Связь между локальным контроллером и контроллером верхнего уровня (коммуникационным) осуществляется на базе интерфейса Ethernet.



Рисунок 3.1 – Контроллер Siemens SIMATIC S7-300

Siemens SIMATIC S7-300 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Модульная конструкция SIMATIC S7-300, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. Эффективному применению контроллеров Siemens SIMATIC S7-300 способствует: возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей, и коммуникационных процессоров.

Контроллеры Siemens SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав:

- Модуль центрального процессора (CPU);
- Модули блоков питания (PS);
- Сигнальные модули (SM);
- Коммуникационные процессоры (CP);
- Функциональные модули (FM);
- Интерфейсные модули (IM).

Все модули работают с естественным охлаждением.

Выбранный ПЛК (Siemens SIMATIC S7-300 с процессорным модулем CPU315-2 PN/DP) удовлетворяет следующим параметрам:

1. Периферийные устройства (дисплей, принтер): не используются.
2. УСО ввода/вывода: 8 каналов ввода аналоговых сигналов и 1 канал вывода аналоговых сигналов (модуль ввода/вывода SM 334), 4 канала



- ввода дискретных сигналов (модуль ввода/вывода SM 323) (все унифицированные токовые сигналы).
3. Алгоритмы управления включают в себя числовые и битовые операции.
  4. Общий объем манипуляций для одного ПЛК: не менее 100 команд.
  5. Управление ПЛК: по прерываниям, по готовности или по командам человека. Необходимо управлять как минимум одним устройством.
  6. Контроль и управление следующих типов I/O-устройств: сенсоры (температура, давление, уровень, вибрация).
  7. Питания контроллера: напряжение 230В от сети переменного тока.
  8. Отказоустойчивость источник напряжения: высокой.
  9. Возможность ПЛК работы при напряжении сети питания технологической площадки: есть.
  10. Удерживание напряжения в узком фиксированном диапазоне изменений: есть.
  11. Рабочий ток: 140 мА.
  12. Возможность работы контроллера от сети: есть.
  13. Возможность работы контроллера от батарей: есть.
  14. Время работы батареи без перезарядки: не менее 24 часов в рабочем режиме и не менее 12 месяцев при работе в режиме ожидания.
  15. Ограничения по размеру, весу, эстетическим параметрам: нет.
  16. Требования к условиям окружающей среды:
    - температура: -40 °C до +70 °C;
    - атмосферное давление: от 1080 гПа до 660 гПа (соответствует высоте от -1000 м до 3500 м);
    - относительная влажность: от 10% до 95%, без конденсации.
  17. Пользовательское программное обеспечение базируется на: флеш-памяти (Flash EPROM). АС работает в режиме реального времени и для этого необходимо приобрести ядро программ реального времени.
  18. Для развития собственного ядра программ персонала и времени: не достаточно.

19.Степень защиты – IP-65 по ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)».

Блок-схема УСО ПЛК представлена на рисунке 3.2.

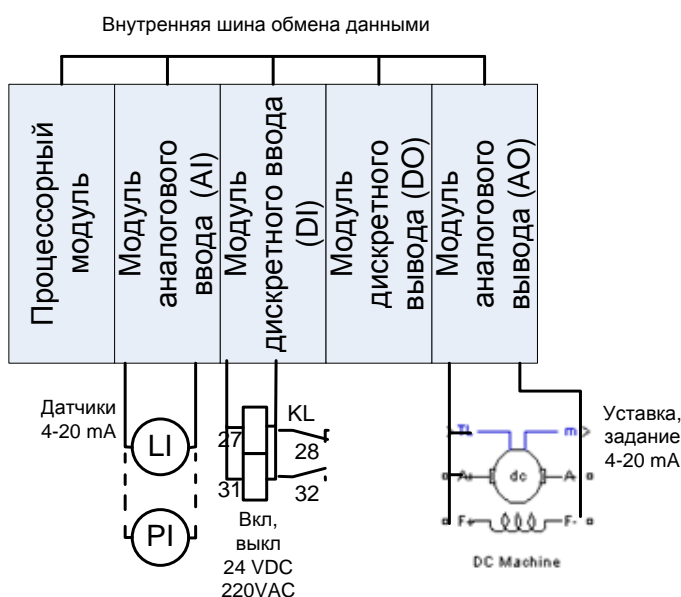


Рисунок 3.2 – Блок-схема УСО ПЛК

Технические характеристики процессорного модуля CPU315-2 PN/DP приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики модуля

Технические параметры		Значение
Минимальное время выполнения	логических операций/ операций со словами	0,1/0,2 мкс
	арифметических операций с фиксированной/ плавающей точкой	2/3 мкс
Типы интерфейсов		RS 485, PROFINET, Ethernet
Напряжение питания	номинальное	=24В
	допустимое	20,4...28,8 В
Потребляемый ток	холостой ход	100 мА
	Номинальный	0,8 А
	Пусковой	2,5 А
Потребляемая мощность		3,5 Вт
Габариты ШхВхГ (мм)		80x125x130
Масса (кг)		0,46
Диапазон рабочих температур		-40...+70 °C

Технические характеристики модуля ввода/вывода аналоговых сигналов SM 334 и модуля ввода/вывода дискретных сигналов SM 323 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические характеристики модуля

Технические параметры		Значения
<b>Модуль ввода/вывода дискретных сигналов SM 323</b>		
Габариты ШхВхГ (мм)		40x125x120
Масса (кг)		0,26
Количество входов		16
Количество выходов		16
Длина кабеля (обычного/экранированного), не более		600м/1000м
Фронтальный соединитель		40-полюсный
Напряжение питания	номинальное значение	=24В
	допустимый диапазон изменений	20,4...28,8 В
Количество одновременно опрашиваемых входов		16
Гальваническое разделение		есть
Потребляемый ток, не более		80мА
Потребляемая мощность		6,5Вт
Индикация состояний входов и выходов		1 зеленый диод на каждый канал
<b>Модуль ввода/вывода аналоговых сигналов SM 334</b>		
Габариты ШхВхГ (мм)		40x125x120
Масса (кг)		0,2
Количество входов		4
Количество выходов		2
Длина экранированного кабеля, не более		100м
Фронтальный соединитель		20полюсный
Напряжение питания нагрузки		=24В
Питание датчиков		есть

Защита от неправильной полярности		есть
Гальваническое разделение		есть
Защита датчиков от короткого замыкания		есть
Потребляемый ток, не более		80мА
Потребляемая мощность		2Вт
Параметры аналого-цифрового преобразователя	принцип измерения	интегрирование
	Разрешающая способность, включая знаковый разряд	12бит
	настройка параметров интегрирования	есть
	время интегрирования	20мс
	Базовое время ответа модулю	350мс
Параметры цифро-аналогового преобразователя	Разрешающая способность, включая знаковый разряд	12бит
	Время преобразования на канал, не более	500мкс
	Время установки выходного сигнала, не более	0,8мс

Выбор данной модели контроллера объясняется его архитектурой и характеристиками: возможность увеличения количества портов ввода/вывода, большое разнообразие модулей практически для любых назначений. Наличие собственной среды для разработки ПО делает работу с ним проще и удобнее. Данный контроллер удовлетворяет требованиям по временным характеристикам обработки воздействий. Контроллер и его модули хорошо зарекомендовали себя на производстве.

Источник питания SIEMENS SITOP POWER=24В/10А. От надежности работы источников питания зависит отказоустойчивость всей системы управления в целом. В АСУ ТП цеха НПЗ для обеспечения бесперебойным стабилизированным питанием устройств, требующих внешнего питания

напряжением 24 В постоянного тока используется источник питания SIEMENS SITOP POWER=24B/10A (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Внешний вид источника питания SIEMENS SITOP POWER=24B/10A

### 3.3.2 Выбор контрольно-измерительной аппаратуры

#### 3.3.2.1 Датчик избыточного давления Метран-150TG

Для измерения этого параметра выбирается датчик Метран-150TG. Преобразователь с сенсорным модулем на базе емкостной ячейкой для измерения разности давлений, избыточного, абсолютного давлений с верхними пределами измерений от 0,025 до 27580 кПа.

Улучшенный дизайн и компактная конструкция. Поворотный электронный блок и ЖКИ. Высокая перегрузочная способность. Защита от переходных процессов. Внешняя кнопка установки "нуля" и диапазона. Непрерывная самодиагностика.

Таблица 3.3 – Технические характеристики датчика

Измеряемые среды	Газ, жидкость, в т.ч. нефтепродукты, пар
Диапазон измеряемых давлений	0,025 - 27580 кПа
Выходные сигналы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4-20 мА с Hart-протоколом;</li> <li>• экономичный 0,8-3,2;</li> <li>• 1-5 В с цифровым сигналом на базе HART-протокола;</li> </ul>
Основная допустимая погрешность	±0,5%;
Перенастройка диапазона	150:1

Температура окр. среды	-40 ... +80 °С
IP (Степень защиты от воздействия пыли и влаги)	IP66
Поворот корпуса/ поворот ЖКИ	±180° / ±360°



Рисунок 3.4 – Внешний вид датчика давления Метран-150TG

#### 3.3.2.2 Датчик температуры Метран-281

Интеллектуальные преобразователи температуры (ИПТ) Метран-281 предназначены для точных измерений температуры в составе автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Использование ИПТ допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким.



Рисунок 3.5 – Внешний преобразователя температуры Метран-281

Связь ИПТ Метран-281 с АСУ ТП осуществляется:

- по аналоговому каналу - передачей информации об измеряемой температуре в виде постоянного тока 4-20 мА;
- по цифровому каналу - в соответствии с HART-протоколом.

Для передачи сигнала на расстояние используются 2-х-проводные токовые линии.

- Высокая точность
- Высокая стабильность метрологических характеристик
- Выходной сигнал 4-20 мА/HART
- Цифровая передача информации по HART-протоколу
- Использование 2-х-проводных токовых линий для передачи сигналов
- Дистанционное управление и диагностика
- Внесены в Госреестр средств измерений под №23410-06, сертификат №24979, ТУ 4211-007-12580824-2002
- Свидетельство о взрывозащищенности электрооборудования №02.187 Метран 280Exia, №02.188 Метран 281Exd
- Сертификат соответствия №РОСС RU.ГБ06.В00126 требованиям ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р 51330.1, ГОСТ Р 51330.10
- Межповерочный интервал 2 года
- Модернизированные ИПТ Метран-281-1
  - гальваническая развязка входа от выхода;
  - повышенная защита от электромагнитных помех;
  - программируемые уровни аварийных сигналов и насыщения;
  - конструктив электронного преобразователя обеспечивает высокую надежность при длительной эксплуатации;
  - сокращен минимальный поддиапазон измерений

### 3.3.2.3 Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2100

Радарный уровнемер серии 2100 (рисунок 3.6) предназначен для проведения бесконтактных измерений уровня в промышленных, складских и прочих резервуарах.



Рисунок 3.6 – Внешний вид сигнализатора уровня Rosemount 2100

Исходя из требований технологического процесса выбрана модель датчика Rosemount 2100. Основные технические характеристики модели приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Технические характеристики уровнемера Rosemount 2100

Технические характеристики	Значение
Вид взрывозащиты	Exd IICT5, IICT6
Степень защиты корпуса датчика	не менее IP 65
Электрический подключение	Namur (Exd)
Технологическое подключение	Внешняя резьба G3/4. Включить в комплект поставки фланец Ду 200 с внутренней резьбой G3/4, исполнение 1 по ГОСТ 12815-80
Срок эксплуатации	не менее 20 лет
Гос. поверка	да
Межповерочный интервал	4 года
Условия гарантии	не менее 24 месяцев с даты получения оборудования на склад производителя

### 3.3.2.5 Датчик уровня Rosemount-5300

Для измерения уровня жидкости в резервуаре применяется волноводный уровнемер Rosemount-5300 с выходом по току 4-20мА.



Рисунок 3.7 – Внешний вид датчика уровня Rosemount-5300



Основные технические характеристики модели приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики индикатора уровня Rosemount-5300

Технические характеристики	Значение
Измеряемые среды	жидкие (нефть, темные и светлые нефтепродукты, вода, водные растворы, сжиженный газ, кислоты и др.), сыпучие (пластик, зольная пыль, цемент, песок, сахар, злаки и т.д.)
Диапазон измерений уровня	от 0,1 до 50 м
Межповерочный интервал	2 года
Выходные сигналы	4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола, RS485, Modbus

Уровнемеры Rosemount серии 5300 обладают высокой чувствительностью, обусловленной усовершенствованной обработкой сигнала и высоким отношением сигнала к уровню помех, что позволяет работать в условиях помех различного происхождения.

#### 3.3.2.4 Вихревой расходомер Rosemount 8800D

Вихревые расходомеры Rosemount 8800D (рисунок 3.8) предназначены для измерения расхода и количества газа, пара или жидкости. Исходя из условий технологического процесса была выбрана модель датчика Rosemount 8800DF040SD1N2D1I8M5Q4YRV0033. Основные технические характеристики модели приведены в таблице 3.6.



Рисунок 3.8 – Внешний вид вихревого расходомера Rosemount 8800D

Таблица 3.6 – Технические характеристики расходомера Rosemount 8800D

Технические характеристики	Значение
Тип расходомера	вихревой
Тип исполнения датчика	фланцевый
Присоединительный диаметр, мм	100
Материалы, контактирующие со средой	нержавеющие стали кованая 316L и литая CF-3M

Продолжение таблицы 3.6

Фланцы	DIN PN 16 2526 – Type D
Диапазон температуры среды, °C	от минус 40 до плюс 232 (стандартный)
Типоразмер резьбы кабельного ввода	M20x1,5
Выходной сигнал	4-20 мА (HART)
Калибровка	по семи точкам
Диапазон измерений, м <sup>3</sup> /ч	0 ... 5600
Напряжение питания, VDC	24

### 3.3.2.5 Инфракрасный точечный газовый извещатель GD10-P00

Датчик загазованности GD10-P00 (рисунок 3.9) обеспечивает эффективное реагирование на обнаружение газоопасности в промышленных условиях. Данные извещатели используют полупроводниковые источники ИК-излучения на основе кремния. Крайне быстрая реакция и не имеющий себе равных срок службы и стабильность работы – качество датчиков от компании Simtronics.



Рисунок 3.9 – Внешний вид датчика загазованности GD10-P00

Основные технические характеристики датчика загазованности GD10-P00 приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики GD10-P00

Технические характеристики	Значение
Метод обнаружения загазованности	поглощение инфракрасного излучения
Погрешность измерения	не более 3 % (от 0 до 50 % НКПР) не более 5 % (от 50 до 100 % НКПР)
Система забора пробы	конвекционная, непрерывная
Электропитание	от ПАЗ 24 В
Выходной сигнал	4-20 мА HART
Электрическое соединение	трехпроводное
Заводская калибровка	+
Солнцезащитный козырек	+
Степень защиты обеспечиваемая оболочкой	не менее IP65
Вид взрывозащиты	d
Гарантийный срок службы	не менее 5 лет
Срок службы ИК-сенсора	не менее 15 лет

### 3.3.2.6 Сигнализатор пламени Durag D-LX 200

Компактный монитор пламени D–LX 200 (рисунок 3.10) состоит из оптического датчика пламени и блока управления, расположенных в одном корпусе. Датчик пламени преобразует световой сигнал пламени в электрический сигнал, а блок управления обеспечивает самоконтроль, оценивает сигнал пламени и сообщает результат.

Основные технические характеристики модели приведены в таблице 3.8.



Рисунок 3.10 – Внешний вид компактного монитора пламени D–LX 200

Таблица 3.8 – Технические характеристики монитора пламени D–LX 200

Технические характеристики	Значение
Диапазон работы	от УФ до ИК
Конструкция датчика	компактного исполнения, с индикатором, с кнопочным интерфейсом
Режим работы	непрерывный
Функция самодиагностики	+
Электрическое подключение	питание – 24 VDC, сухой контакт сигнализации погасания горелки, передача данных интенсивности пламени горелки по RS-485 (протокол Modbus RTU)
Принадлежности	смотровое устройство, светодиодный индикатор, УФ и ИК тестовый источник света, шаровой юстировочный фланец, изолирующая вставка, шаровой запорный кран, клеммный бокс
Взрывозащита	Exi IIC5, IIC6
Степень защиты корпуса датчика	не менее IP 65
Срок эксплуатации	не менее 20 лет
Гос. поверка	да
Межповерочный интервал	4 года
Условия гарантии	не менее 24 месяцев с даты получения оборудования на склад производителя
HART-коммуникатор	1 шт.

### 3.3.3 Нормирование погрешности канала измерения

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации».

В качестве канала измерения выберем канал измерения расхода.

Требование к погрешности канала измерения не более 1 %. Разрядность АЦП составляет 16 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерений расходомера производится по формуле (4.1):

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_7^2)}, \quad (4.1)$$

где  $\delta = 1\%$  - требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

$\delta_2$  – погрешность передачи по каналу измерений;

$\delta_3$  – погрешность, вносимая АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7$  – дополнительные погрешности, вносимые температурой окружающего воздуха, помехами различного вида, давлением измеряемой среды и другими факторами соответственно.

Погрешность передачи по каналу измерений устанавливается рекомендациями:

$$\delta_2 = \frac{1 \cdot 4}{100} = 0,04\%.$$

Погрешность, вносимая 16-тиразрядным АЦП, рассчитывается следующим образом:

$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{16}} = 0,0015\%.$$

При расчете также учитываются дополнительные погрешности, вызываемые влиянием:

- температуры окружающего воздуха;
- помех различного вида;

- давления измеряемой среды;
- других факторов.

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием температуры окружающего воздуха, устанавливается рекомендациями:

$$\delta_4 = \frac{1 \cdot 33}{100} = 0,33\%.$$

Дополнительная погрешность, вносимая помехами различного вида, устанавливается рекомендациями:

$$\delta_5 = \frac{1 \cdot 1}{100} = 0,01\%.$$

Дополнительная погрешность, вносимая давлением измеряемой среды, устанавливается рекомендациями:

$$\delta_6 = \frac{1 \cdot 1}{100} = 0,01\%.$$

Дополнительная погрешность, вносимая остальными факторами, устанавливается рекомендациями:

$$\delta_7 = \frac{1 \cdot 36}{100} = 0,36\%.$$

Таким образом, подставив в формулу (4.1) полученные значения, рассчитаем допустимую основную погрешность расходомера:

$$\delta_1 = \sqrt{1^2 - (0,04^2 + 0,0015^2 + 0,33^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,36^2)} = 0,87 \ %.$$

В итоге видно, что основная погрешность выбранного датчика расхода не превышает допустимой расчетной погрешности. Следовательно, прибор пригоден для использования.

### 3.3.4 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительным устройством (ИУ) называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа (РО).

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – оптимизации и (или) стабилизации качества регулируемой величины.

Исполнительным устройством в проектируемой системе являются задвижки, оснащенные электроприводами, стоящие на всасывающих и нагнетательных трубопроводах.

В качестве способа регулирования расхода будем использовать метод дросселирования (рисунок 3.11).

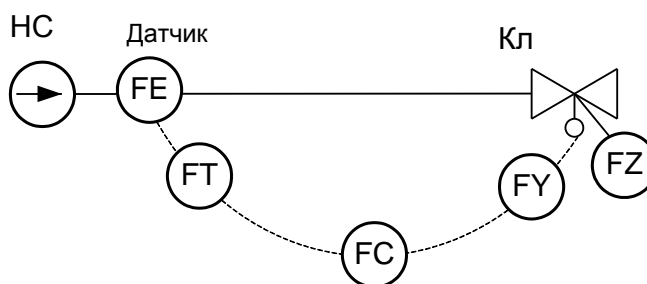


Рисунок 3.11 – Управление расходом посредством дросселирования:

НС – насос (компрессор); Кл – рабочий орган с исполнительным механизмом FZ; FE-FT-FC-FY – контур регулирования расхода (F)

Для управления задвижками используются взрывозащищенные электроприводы ELESYB V-01-L-4,5-18000, которые можно крепить к арматуре 100 мм.

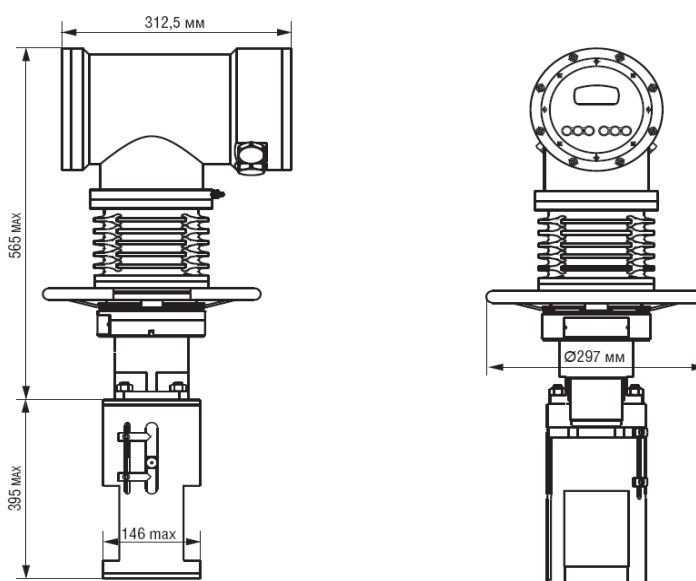


Рисунок 3.12 – Внешний вид привода V-01-L-4,5-18000

Для регулирования потока воды на напорных линиях применяются мощные приводы в исполнении ELESYB V-01-L-4,5-18000. Для управления потоком на всасывающих линиях используются менее мощные приводы в исполнении VN.10-XX, отличия которого от первого варианта отражены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Характеристики электропривода ELESYB V-01-L-4,5-18000

Номинальное напряжение питания от сети переменного тока, частотой (50) Гц, В	380
Предельное отклонение напряжения питания, %	от -40 до +30
Маркировка взрывозащиты	1ExdIIBT4
Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой	IP65
Срок службы, лет	30
Тип исполнения	Линейный
Номинальный крутящий момент на выходном звене, Нм	18000
Скорость перемещения, мм/с	4.5
Мощность электродвигателя, кВт	0,55
Максимальное усилие на маховике ручного дублера, Н	80
Масса, кг	45

Таблица 3.10 – Отличительные характеристики электропривода

Номинальный крутящий момент на выходном звене, Нм	900
Номинальная частота вращения выходного звена, об/мин.	1,80
Мощность электродвигателя, кВт	0,25
Масса, кг	43

Регулирующий клапан показан на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13 – Клапан КМР ЛГ с позиционером Siptart PS2 и фильтром

Таблица 3.11 – Технические характеристики клапана

<b>Техническая характеристика</b>	<b>Значение</b>
Условное давление $P_u$ , МПа	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0
Условный проход, мм	10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300
Пропускная характеристика	равнопроцентная, линейная; расширенный диапазон регулирования
Диапазон температур регулируемой среды	40/-60... + 225°C, -40/-60... + 450°C, -40/... +500/550/600/650°C, -90/-200... + 225°C
Диапазон температур окр. среды	-40/-50/-60... + 70°C,
Исходные положения плунжера клапана	НО – нормально открытое; НЗ – нормально закрытое
Присоединительные размеры	фланцев по ГОСТ 12815-80 (ответные фланцы с шипом исполнение №4 или другое по заказу) или по ANSI , под приварку
Материал корпуса	сталь 20, углеродистые низкотемпературные стали, 12X18H10T, 10X17H13M2T, специальные сплавы
Материал дроссельной пары	12X18H10T, 10X17H13M2T, специальные сплавы;
Класс герметичности для регулирующих клапанов по ГОСТ 23866-87(по DIN)	По ГОСТ выше IV (по DIN – V)
Класс герметичности по ГОСТ 9544-93	В-С (А – по специальному заказу)



### **3.4 Разработка схемы внешних проводов**

Схема соединений внешних проводов выполнена в соответствии с ГОСТ 21.408-2013. РМ 4-6-92 – это комбинированная схема, на ней изображены электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерном оборудовании и коммуникациях, вне щитов и на щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов. Эта схема показывает соединения составных частей изделия (установки) и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.).

Схема внешней проводки приведена в Приложении Г.

Для передачи сигналов от датчиков температуры на щит КИПиА используются по 4 провода, а для датчиков давления, расхода и уровня – 3 провода. В качестве кабеля, выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°C до +50°C. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены.

Для прокладки кабеля будем использовать специальные трубы, для защиты от внешних факторов, таких как пыль, грызуны и др.

## **4                    Разработка алгоритмов управления**

Разработка алгоритмов управления преследует следующие цели:

- повышение уровня информированности персонала и достоверности данных по состоянию технологического оборудования;
- повышение качества ведения технологического режима и его безопасности;
- повышение оперативности действий персонала;
- улучшение экологической обстановки на объекте;
- повышение надежности управления объектом.

Функционирование алгоритмов позволяет обрабатывать входные сигналы, и команды оператора, поступающие с АРМ оператора, а также выдавать управляющие воздействия на исполнительные механизмы и сообщения оператору.

Входной информацией для алгоритмов является:

- конфигурационные данные ПЛК;
- значения аналоговых и дискретных сигналов, поступающих на модули ввода ПЛК с датчиков и преобразователей;
- данные поступающие по интерфейсу;
- данные, формируемые при управлении технологическим оборудованием с АРМ оператора.

Кроме этого отдельные алгоритмы используют данные, полученные в результате функционирования других алгоритмов.

Принятая модель построения АСУ ТП соответствует реальному процессу и обеспечивает последовательную работу ее частей (исполнительных механизмов) в следующих режимах:

- автономное включение, настройка и проверка сети контроллеров;
- включение, настройка, проверка и запуск системы контроля и управления;
- текущая работа системы в режимах:

- a) местном (ручном);
  - b) дистанционном;
  - c) автоматическом;
  - d) настройки;
- восстановление работы системы.

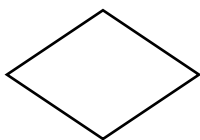
При представлении алгоритмов в виде блок-схем использованы следующие элементы:



– начало алгоритма (точка входа);



– конец алгоритма (точка выхода);



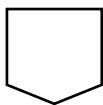
– ветвление по условию:

Да – действие при выполнении условия,

Нет – действие при невыполнении условия;



– выполняемые действия;



– переход на метку (перекрестную ссылку) другой страницы  
или продолжение алгоритма с другой страницы;



– вызов предопределенного процесса (подпрограммы);



– формирование сообщения оператору.

#### **4.1           Алгоритм управления электрозадвижкой**

Входными сигналами состояния являются сигналы «Открыта», «Закрыта», «Отказ».

Выходными сигналами являются сигналы «Открыть», «Заккрыть», «Стоп», «Местное управление», «Дистанционное управление».

Если сигналы «Открыта» и «Заккрыта» активны одновременно, формируется сигнализация «Ошибка состояния электрозадвижки».

Если активен сигнал «Отказ», формируется сигнализация «Отказ привода электрозадвижки».

Если сигналы «Открыта» и «Заккрыта» неактивны одновременно, задвижка находится в положении «Промежуточное».

По команде «Открыть» выходной сигнал «Открыть» устанавливается в активное состояние на заданное время. При этом задвижка начинает двигаться в сторону открытия. Команда считается выполненной, когда состояние сигнала «Открыта» становится активным. Если за заданное время сигнал «Открыта» не переходит в активное состояние, формируется сигнализация «Отказ открытия электрозадвижки». Команда «Открыть» разрешена, если установлен дистанционный режим, не выполняется команда «Заккрыть», нет активных сигнализаций «Ошибка состояния электрозадвижки», «Отказ привода электрозадвижки».

По команде «Заккрыть» выходной сигнал «Заккрыть» устанавливается в активное состояние на заданное время. При этом задвижка начинает двигаться в сторону закрытия. Команда считается выполненной, когда состояние сигнала «Заккрыта» становится активным. Если за заданное время сигнал «Заккрыта» не переходит в активное состояние, формируется сигнализация «Отказ закрытия электрозадвижки». Команда «Заккрыть» разрешена, если установлен дистанционный режим, не выполняется команда «Открыть», нет активных сигнализаций «Ошибка состояния электрозадвижки», «Отказ привода электрозадвижки».

По команде «Стоп» значение выходного сигнала «Стоп» устанавливается в активное состояние на время, достаточное для разрыва цепи пускателя и снятия самоподхвата. Команда «Стоп» разрешена, если установлен дистанционный режим.

Управление положением задвижки осуществляется в местном и дистанционном режимах. Управление задвижкой в дистанционном режиме предусматривает либо открытие, закрытие и останов открытия или закрытия по командам оператора с панели управления задвижкой или по условию, либо автоматическое управление задвижкой (для задвижек с автоматическим управлением). В местном режиме дистанционное управление задвижкой блокируется, и управление осуществляется по месту.

Установка дистанционного режима осуществляется командой «Дистанционный». В результате выполнения команды сигнал «Дистанционное управление» устанавливается в активное состояние, сигнал «Местное управление» устанавливается в неактивное состояние. Дистанционный режим является основным.

Установка местного режима осуществляется командой «Местный». В результате выполнения команды сигнал «Местное управление» устанавливается в активное состояние, сигнал «Дистанционное управление» устанавливается в неактивное состояние. В местном режиме дистанционное управление задвижкой блокируется.

Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Входы алгоритма

Обозначение	Тип данных	Описание
vlv_on	bool	Состояние электрозадвижки «Открыта»
vlv_off	bool	Состояние электрозадвижки «Закрыта»
vlv_mask	bool	Режим электрозадвижки «Маскирование» включен
t_o_pusk	bool	Пуск сторожевого таймера на открытие электрозадвижки
t_o_reach	bool	Срабатывание таймера на открытие электрозадвижки
t_o_reset	bool	Сброс сторожевого таймера на открытие электрозадвижки
t_c_pusk	bool	Пуск сторожевого таймера на закрытие электрозадвижки
t_c_reach	bool	Срабатывание таймера на закрытие электрозадвижки
t_c_reset	bool	Сброс сторожевого таймера на закрытие электрозадвижки

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 4.2, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 4.2 – Выходы алгоритма

Обозначение	Тип данных	Описание
vlv_open	bool	Управляющий сигнал задвижки «Открыть»
vlv_close	bool	Управляющий сигнал задвижки «Заккрыть»

На рисунке 4.1 представлена блок-схема алгоритма открытия электрозадвижки (подпрограмма «Открытие электрозадвижки») и блок-схема алгоритма закрытия электрозадвижки (подпрограмма «Заккрытие электрозадвижки»).

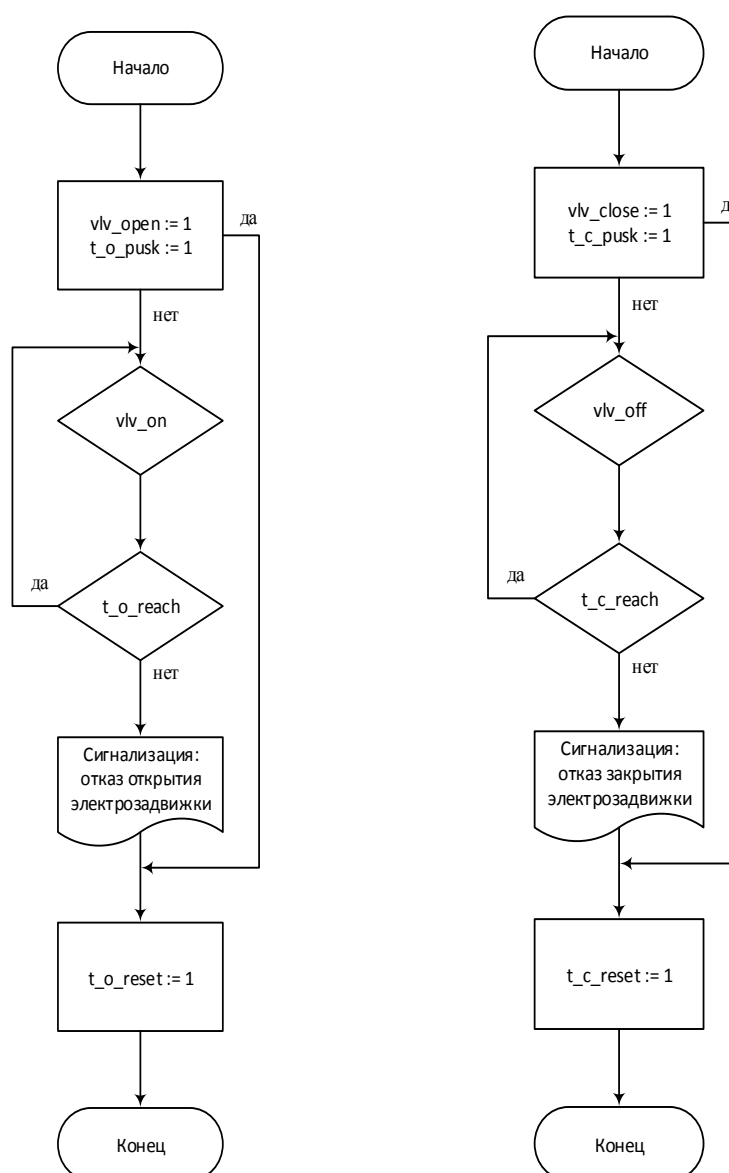


Рисунок 4.1 – Блок-схема алгоритма открытия электрозадвижки (слева) и блок-схема алгоритма закрытия электрозадвижки (справа)

## **4.2           Алгоритм управления насосом**

Алгоритм предназначен для управления насосом.

Входным сигналом состояния является сигнал насоса «Включен», «Дистанционное управление», «Местное управление». Выходными сигналами являются сигналы «Пуск», «Стоп».

Управление насосом осуществляется как по месту, так и дистанционно с АРМ оператора.

Если сигналы «Дистанционное управление» и «Местное управление» активны одновременно, формируется сигнализация «Ошибка режима управления насосом». Дистанционное управление насосом с АРМ оператора блокируется.

При неактивном сигнале «Дистанционное управление» и неактивном сигнале «Местное управление» режим управления насосом не определен.

В местном режиме управления дистанционное управление насосом с АРМ оператора блокируется. Управление осуществляется кнопками по месту.

Управление насосом в дистанционном режиме предусматривает запуск, останов насоса по командам оператора с панели управления насосом. Производится опрос состояния насоса. Если насос работает, то производится опрос команды «СТОП» с АРМ оператора. При получении команды производится останов насоса. Если насос не работает, то производится опрос команды «ПУСК» с АРМ оператора. При получении команды производится пуск насоса.

Предаварийный останов насоса осуществляется, если при пуске насос не вышел на рабочий режим за заданное время (давление на выкиде насоса не достигло рабочего значения).

Значения уставок времени пуска, останова, выхода насоса на режим, а также рабочего давления уточняются во время пусконаладочных работ в соответствии с инструкцией по эксплуатации насоса.

Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Входы алгоритма

Обозначение	Тип данных	Описание
Pump_Mask	bool	Режим насоса «Маскирование» включен
Pump_On	bool	Состояние насоса «Включен»
Pump_Remote	bool	Режим управления насосом «Дистанционное управление»
Pump_Loc	bool	Режим управления насосом «Местное управление»
Pump_Pusk_cmd	bool	Нажата кнопка «ПУСК» с АРМ оператора
Pump_Stop_cmd	bool	Нажата кнопка «СТОП» с АРМ оператора
Pump_Block	bool	Условие на останов насоса
Ts_Pusk	bool	Запуск таймера контроля времени набора давления на выкиде насоса
Ts_Reach	bool	Срабатывание таймера выхода насоса на рабочий режим по давлению
Ts_Reset	bool	Перезапуск таймера выхода насоса на рабочий режим по давлению
Pwrk	bool	Давление на выкиде насоса достигло рабочего значения
T_ON	bool	Запуск таймера контроля времени на включение насоса
T_ON_Reach	bool	Срабатывание таймера контроля времени на включение насоса
T_ON_Reset	bool	Перезапуск таймера контроля времени на включение насоса
T_OFF	bool	Запуск таймера контроля времени на отключение насоса
T_OFF_Reach	bool	Срабатывание таймера контроля времени на отключение насоса
T_OFF_Reset	bool	Перезапуск таймера контроля времени на отключение насоса

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 4.4, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 4.4 – Выходы алгоритма

Обозначение	Тип данных	Описание
Pump_Start	bool	Управляющий сигнал задвижки «Пуск»
Pump_Stop	bool	Управляющий сигнал задвижки «Стоп»

На рисунке 4.2 представлена блок-схема алгоритма пуска насоса (подпрограмма «Пуск насоса»).

На рисунке 4.3 представлена блок-схема алгоритма останова насоса (подпрограмма «Останов насоса»).

На рисунке 4.4 представлен алгоритмический модуль «Контроль состояния и дистанционное управление насосным агрегатом».



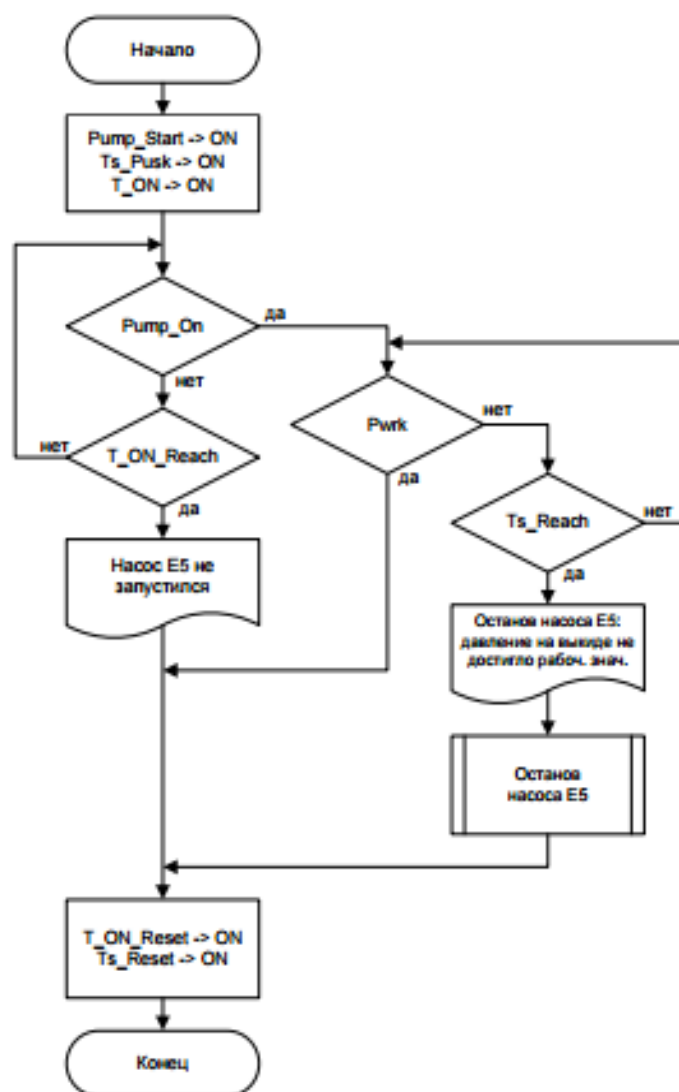


Рисунок 4.2 – Блок-схема алгоритма пуска насоса

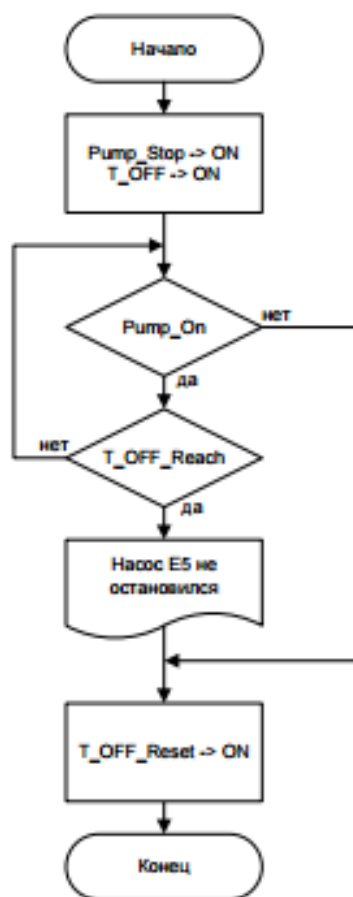


Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритма останова насоса

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ Н\_ДИСТ «КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАСОСНЫМ АГРЕГАТОМ»

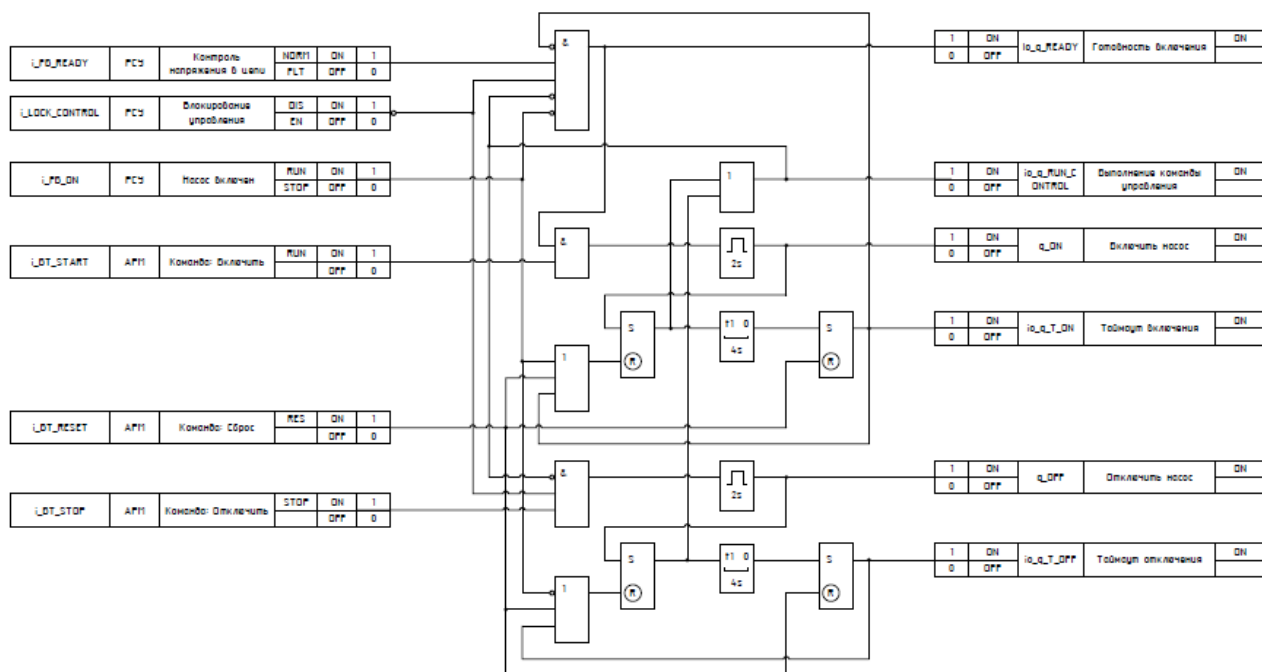


Рисунок 4.4 – Алгоритмический модуль состояния насоса

### **4.3 Разработка программно-алгоритмического обеспечения**

Simatic Step 7 – программное обеспечение фирмы Siemens для разработки систем автоматизации на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300. Программирование в Simatic Step 7 было проведено с помощью LAD линейных диаграмм.

LAD (Ladder Diagram) – релейные диаграммы. Редактор отображает программу в графическом представлении, похожем на электрическую монтажную схему. Логические схемы позволяют программе имитировать протекание электрического тока от источника напряжения через ряд логических условий на входах, которые активизируют условия на выходах. Источником напряжения выступает шина, находящаяся слева.

Основными элементами являются нормально замкнутые и нормально разомкнутые контакты.

Соответственно, замкнутые контакты позволяют потоку сигнала протекать через них к следующему элементу, разомкнутые контакты — препятствуют протеканию потока сигнала. Логика делится на сегменты, т.н. нэтворки (Network), программа выполняется слева направо и сверху вниз.

Особенностями редактора LAD является простота в использовании и понимании для начинающих программистов.

На рисунке 4.5 реализован алгоритм управления электродвигателем с помощью ПО Simatic Step 7 на языке релейно-контактной логики LAD.





## **5 Экранные формы АСУ ТП**

Управление в АСУ ТП блока термической подготовки нефтебитума НПЗ реализовано с использованием SCADA-системы WinCC. Эта SCADA-система предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жестким требованиям в смысле надежности, стоимости и безопасности. SCADA-система WinCC обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

### **5.1 Разработка мнемосхем SCADA-системы**

Приведенные в данном пункте мнемосхемы SCADA-системы демонстрируют функциональные возможности операторов в задачах управления технологическими процессами нефтеперерабатывающего завода.

Разработанная SCADA система в WinCC (рисунок 5.1) позволяет оператору осуществлять переключение между экранными формами. Интерфейс АРМ оператора поддерживает все функции дистанционного контроля и управления технологическим процессом, доступные оператору на реальном АРМ.

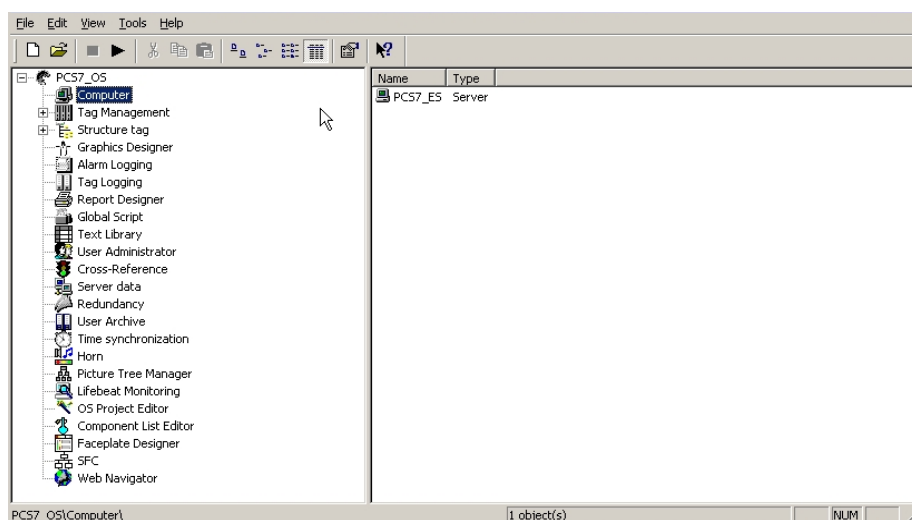


Рисунок 5.1 – Главное меню SCADA системы WinCC

Оператор АРМ имеет доступ к управлению запорно-регулирующей арматурой как в автоматическом режиме. На каждой экранной форме оператор имеет возможность видеть показания датчиков, состояние исполнительных механизмов и осуществлять управление ими. При этом отслеживая тренды и просматривая оперативные сообщения. Графический интерфейс АРМ позволяет управлять технологическими режимами установки в целом, а также отдельными характеристиками сырья и продукта НПЗ.

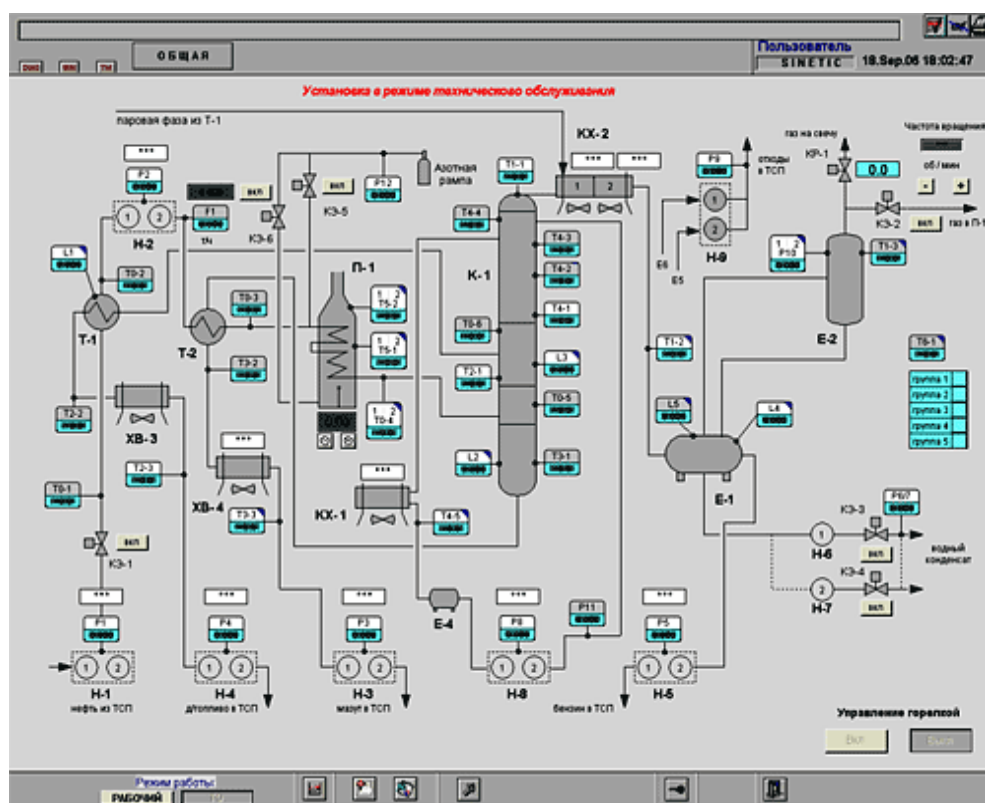


Рисунок 5.2 – Мнемосхема нефтеперерабатывающего завода

## 5.2 Разработка процедур обработки сигналов в SCADA

Визуализация выполнена в SCADA системе WinCC. Был реализован глобальный скрипт, который срабатывает по установленному триггеру (каждые 2 секунды), тем самым постоянно обновляются теги на возврат цвета насоса и оператор может наблюдать актуальное положение/состояние оборудования на представленных мнемосхемах.

Например, возвращение цвета насоса, которым оператор АРМ в режиме реального времени может управлять включая и отключая его. В случае неисправности согласно процедуре, приведенной на рисунке 5.3 возврат цвета объекта, в данном случае – насоса, будет серым, так как отсутствует реальное подключение к объекту.

На рисунке 5.4 приведена мнемосхема насоса, в работу насос приводится в автоматическом режиме оператором АРМ. Данный блок реализован стандартным набором библиотек, который включает в себя уже продуманные и реализованные объекты, которые можно использовать непосредственно на мнемосхеме своего продукта. Из стандартных библиотек можно использовать как насосы, так электроздвижки, электромагнитные задвижки, вакуумные переключатели и многое другое.

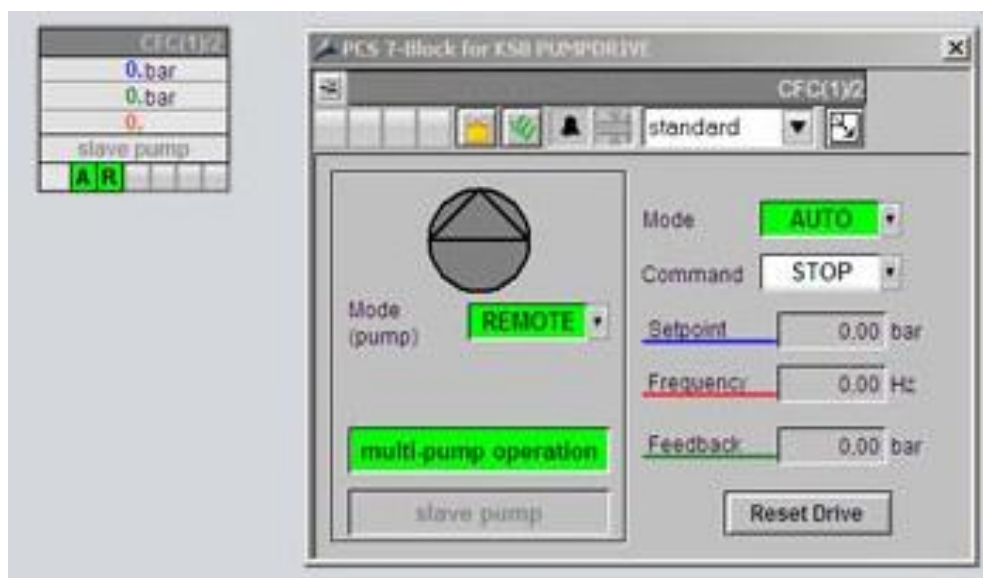


Рисунок 5.3 – Мнемосхема управления насосом



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т12	Коваленко Денис Геннадьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Бакалаврская работа	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды</li> </ul> <p>(метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Инженер-проектировщик использует в работе ЭВМ, многофункциональное устройство, бумажные документы.</p> <p>Вредные факторы: повышенный уровень ионизирующих и электромагнитных излучений от работы монитора, повышенный уровень шума оборудования, недостаточная освещенность рабочего места, некомфортный для работы микроклимат, монотонность работы, умственное напряжение, эмоциональные перегрузки.</p> <p>Опасные факторы: опасность поражения электрическим током.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, НРБ-99, ГОСТ 12.1.006-84, СанПиН 2.2.4.1191-03, СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.1.003-83, СНиП П-12-77, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03,</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты</li> </ul> <p>(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– воздействие опасных и вредных факторов на организм человека;</li> <li>– определение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– определение средств индивидуальной защиты, если их применение необходимо</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> </ul>	<p>Анализ выявленных опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (статическое электричество – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>

защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Охрана окружающей среды: – снижение потребления электроэнергии; – утилизация производственных отходов; Ссылки на НТД по охране окружающей среды.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Защита в чрезвычайных ситуациях: – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	– План расположения светильников в помещении; – План эвакуации людей при пожаре;

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	26.03.2014
---	------------

#### **Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Назаренко Ольга Брониславовна	Доктор технических наук		

#### **Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т12	Коваленко Денис Геннадьевич		

## **6 Безопасность и экологичность**

Любая сфера деятельности человека сопровождается опасными для его здоровья и безопасности факторами. Освоение новых компьютерных

технологий не является исключением. Количество и влияние вредных для здоровья факторов определяется характером и организацией труда.

Данный раздел ВКР посвящен обнаружению и изучению опасных и вредных производственных факторов при работе с ПЭВМ, отрицательно влияющих на здоровье человека; оценке условий труда, микроклимата рабочей среды; ослаблению действия этих факторов до безопасных пределов или исключению их, если это возможно. Также, рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

Объектом исследования является процесс разработки дипломного проекта инженером-проектировщиком.

### **6.1 Общая характеристика помещения**

Объем лабораторного помещения комнаты предприятия, где находится рабочее место разработчика, составляет  $60 \text{ м}^3$ , при ширине равной 3 метра, длине 5 метров, и высоте помещения 4 метра. Площадь, соответственно, равна  $15 \text{ м}^2$ . В данном помещении может работать максимум 2 человека. Следовательно, на одного работника приходится  $30 \text{ м}^3$  объема помещения и  $7,5 \text{ м}^2$  площади.

Таким образом, это удовлетворяет санитарным нормам, которые устанавливают, что площадь помещения для работников ВЦ из расчета на одного человека, следует предусматривать величиной не менее  $6 \text{ м}^2$ , объем - не менее  $24 \text{ м}^3$  с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

Одним из наиболее важных недостатков лаборатории является отсутствие принудительной вытяжной вентиляции. Имеется лишь естественная вентиляция (воздух поступает и выводится через вытяжное отверстие, щели и дверь, а в летний период – через окно). При естественной вентиляции на одного работающего человека необходим объем  $40 \text{ м}^3$ . Таким образом, можно сделать вывод, что в данном помещении естественной вентиляции недостаточно. Для соблюдения санитарных норм рекомендуется уменьшить количество рабочих

мест или установить устройство принудительной вентиляции, например кондиционер.

## **6.2 Вредные и опасные производственные факторы**

Основным опасным фактором, на данном рабочем месте, является опасность поражения электрическим током от электрической проводки, кабелей, устройств распределения, а также от самих компьютеров.

Вредными производственными факторами в рассматриваемой аудитории являются:

- производственный шум, ультразвук, инфразвук от работы блока питания компьютера, монитора;
- неионизирующие электромагнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля (в т.ч. и геомагнитное), электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц), электромагнитные излучения радиочастотного диапазона, электромагнитные излучения оптического диапазона (в т.ч. лазерное и ультрафиолетовое), источниками которых являются монитор, лазерный принтер и сканер;
- ионизирующие излучения от монитора и лазерного принтера.

## **6.3 Техника безопасности**

Согласно классификации помещений по опасности поражений электрическим током, работа велась в помещении без повышенной опасности, т.е. оно не характеризовалось наличием таких условий, как повышенная влажность (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокая температура (более 35<sup>0</sup> С), токопроводящая пыль, токопроводящие полы, возможность одновременного соприкосновения к имеющим соединения с землей металлическим элементам и металлическим корпусам электрооборудования.

Электрические установки, к которым относится ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации

или проведения профилактических работ человек может коснуться комплектующих, находящихся под напряжением.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлен. Заземление выполняется изолированным медным проводом сечением  $1.5 \text{ мм}^2$ , который присоединяется к общей шине заземления с общим сечением  $48 \text{ мм}^2$  при помощи сварки. Общая шина присоединяется к заземлению, сопротивление которого не должно превышать  $4 \text{ Ом}$ . Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

Для снижения величин возникающих разрядов целесообразно применение покрытия из антистатического материала. К организационно – техническим мероприятиям относится инструктаж по технике безопасности.

## **6.4 Производственная санитария**

### **6.4.1 Производственный шум**

Последствия воздействия шума и вибрации на организм человека:

- снижение функции органов слуха;
- затруднение разборчивости речи;
- снижение работоспособности (повышение утомляемости);
- снижение реакции (ослабление внимания);
- ухудшение памяти.

Основными источниками шума на производстве могут служить: оборудование, кондиционеры, преобразователи напряжения, осветительные приборы, а также различные внешние источники.

Работа с персональным компьютером накладывает определённые ограничения на предельно допустимый уровень звука, допустимые значения которого представлены в таблице 6.1 согласно нормам.

Таблица 6.1 – Предельно допустимый уровень звука

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентный уровень звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В большинстве случаев шумы создаваемые непосредственно персональными компьютерами (системными блоками) и периферийным оборудованием (принтерами) находятся в пределах норм. Лишь в некоторых случаях, при использовании специфичной техники (например, матричных принтеров) этот параметр может превышать норму на 5 Дб.

В помещении рассматриваемой комнаты нет вентиляторов, кондиционеров и других дополнительных установок, в связи с чем, основным источником шума являются компьютеры (охладительные установки, накопители на жестких и мягких магнитных дисках, CD-ROM) и периферийные устройства – мониторы, принтеры и сканеры. Необходимо указать и такой дополнительный источник шума, как работающие светильники люминесцентных ламп.

Основываясь на субъективной оценке, можно сделать вывод, что уровень шума в рабочем помещении лежит в установленных пределах.

#### **6.4.2 Электромагнитные излучения.**

Электрические сигналы цепей при работе компьютера являются источниками электромагнитного излучения. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряженностей электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно–сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

### **Ионизирующее излучение**

Источником ионизирующего излучения являются дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить торможение функций кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям.

При работе дисплеев возникают побочные эффекты: генерация рентгеновского излучения от экрана и отражения. Для устранения последнего все дисплеи размещены вдоль стен. Прямое рентгеновское излучение уменьшается за счет специального внутреннего покрытия экрана монитора и установки дополнительного защитного фильтра.

### **6.4.3 Требования к рабочему месту**

Решение проблем, связанных с эргономикой конкретного рабочего места, является неотъемлемой частью в решении вопросов охраны труда на этом рабочем месте. Наиболее правильная организация рабочего места позволяет значительно снять напряженность в работе, уменьшить неблагоприятные чрезмерные нагрузки на организм и, как следствие, повысить производительность труда.

Одним из основных эргономических требований является правильная рабочая поза. Необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Основной рабочей позой является

поза «сидя». Необходимо скорректировать конструкцию кресла так, чтобы как можно равномернее распределить давление тела на площадь опоры.

Удобное и рациональное размещение персонального компьютера, клавиатуры и печатающего устройства позволяет исключить лишние движения. Монитор устанавливается таким образом, чтобы рабочая поверхность стола, со стороны пишущей руки, была свободна. Высота стола позволяет держать руки свободно в согнутом состоянии, при котором можно без особых усилий работать с клавиатурой. Экран монитора установлен на расстоянии 0,5 м, что позволяет работнику не напрягать глаза при чтении.

Правильная организация рабочего места оператора ЭВМ предусматривает соблюдение следующих положений:

Наличие одноместного стола, конструкция которого предусматривает: две отдельные поверхности: одна - горизонтальная для размещения ПЭВМ или ВДТ с плавной регулировкой по высоте в пределах 520 - 760 мм и вторая - для клавиатуры с плавной регулировкой по высоте и углу наклона от до 15 градусов с надежной фиксацией в оптимальном рабочем положении (12 - 15 градусов), что способствует поддержанию правильной рабочей позы, без резкого наклона головы вперед; ширину поверхностей для ПЭВМ, ВДТ и клавиатуры не менее 750 мм (ширина обеих поверхностей должна быть одинаковой) и глубину не менее 550 мм; опору поверхностей для ПЭВМ или ВДТ и для клавиатуры на стояк, в котором должны находиться провода электропитания и кабель локальной сети; отсутствие ящиков; увеличение ширины поверхностей до 1200 мм при оснащении рабочего места принтером;

Высота края стола, обращенного к работающему с ПЭВМ и ВДТ, и высота пространства для ног должна соответствовать росту оператора;

Уровень глаз при вертикально расположенном экране ВДТ должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана и оптимальное её отклонение от



перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, не должно превышать 5 градусов;

Рабочее место с ПЭВМ и ВДТ должно оборудоваться стулом, основные размеры которого должны соответствовать росту оператора.

Рабочее место разработчика удовлетворяет вышеуказанным нормам. Оно представляет собой стол высотой 70 см с расположенным на нем монитором. Стул со спинкой, по росту разработчика. Предусмотрено пространство для ног. Угол наклона экрана монитора регулируется по усмотрению работника, то же самое касается яркости и контрастности изображения.

#### **6.4.4 Микроклимат**

Желательно, чтобы в комнате были созданы оптимальные микроклиматические условия, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности согласно.

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа инженера - разработчика относится к категории Ia (работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением).

Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха,
-------------	--	-------------------------	----------------------------------

			%
Холодный	Ia (до 139)	22-24	60-40
	Iб (140-174)	21-23	60-40
	IIa (175-232)	19-21	60-40
	IIб (233-290)	17-19	60-40
	III (более 290)	16-18	60-40
Теплый	Ia (до 139)	23-25	60-40
	Iб (140-174)	22-24	60-40
	IIa (175-232)	20-22	60-40
	IIб (233-290)	19-21	60-40
	III (более 290)	18-20	60-40

Температура воздуха в рабочем помещении в холодное время года поддерживается в диапазоне от 22 до 24<sup>0</sup>С, в теплое – от 23 до 25<sup>0</sup>. Влажность воздуха не превышает 60%. Следовательно, в аудитории соблюдаются оптимальные микроклиматические условия.

#### **6.4.5 Освещение**

Чтобы предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания необходимо обеспечить рациональное освещение рабочего места. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность и увеличивает производительность труда. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы работающий мог без напряжения зрения выполнять свою работу.

Существуют три вида освещения:

- естественное;
- искусственное;
- совмещенное.

В рассматриваемом помещении применяется совмещенное освещение. Основным источником освещения являются 4 светильника типа ШОД, в каждом из которых установлено 4 люминесцентных лампы типа ЛБ-40. Итого в

помещении находятся  $4 \cdot 4 = 16$  люминесцентных лампы. Светильники расположены равномерно по всей площади потолка, создавая при этом равномерное освещение рабочих мест.

Рассмотрим расчет основной осветительной установки методом проверки минимально необходимого количества светильников и расстояния между ними. План размещения светильников представлен на рисунке 6.1.

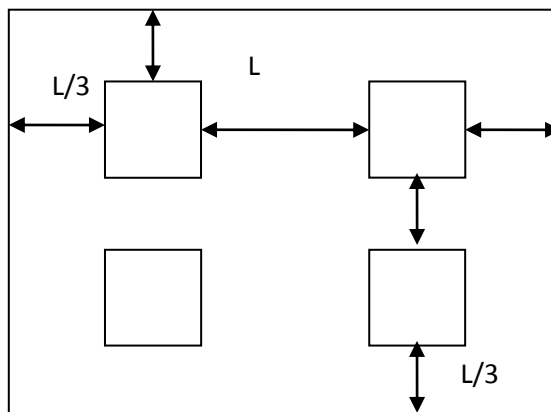


Рисунок 6.1 – План размещения светильников

Необходимо найти величину  $L$  – расстояние между светильниками в одном ряду. Это расстояние можно найти по формуле:  $L = \lambda \cdot h$  (6.1),

где  $h$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью;

$\lambda$  – коэффициент, определяющий равномерность освещения.

Т.к. светильники типа ШОД имеют нулевую высоту свеса, то высота подвеса светильника над рабочей поверхностью определяется как  $h_n = H - h_p$  (6.2),

где  $H$  – общая высота помещения;

$h_p$  – высота рабочей поверхности;

$h_n$  – высота подвеса светильника.

Подставляя значения в формулу 14, получим  $h_n = 4 - 0,7 = 3,3$  м.

Коэффициент  $\lambda$  для люминесцентных светильников с защитной решёткой типа ШОД может составлять от 1,1 до 1,3. Примем его равным 1,2.

Подставляя полученные значения в формулу (6.1) находим искомую величину:  $L = 1,2 \cdot 3,3 = 3,96$  м.

Величина светового потока каждой лампы определяется по формуле

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot n}, (6.3) \quad \text{где}$$

$E$  - требуемая освещённость, ( $E = 300$  Лк – для данной категории помещений);

$n$  - количество ламп в помещении;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока - отношение полезного светового потока, достигающей освещаемой поверхности, к полному световому потоку в помещении;

$k$  - коэффициент запаса;

$S$  - площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп равен 1,1).[19]

Для определения коэффициента  $\eta$  необходимо знать индекс помещения  $i$ , значения коэффициентов отражения стен  $\rho_{\text{ст}}$  и потолка  $\rho_{\text{п}}$ , и тип светильника. Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a + b)}, (6.4) \quad \text{где}$$

$a, b$  - стороны помещения, м;

$h$  - высота подвеса светильников, м;

Определим высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью

$$h = H - h_c - h_p, (6.5) \quad \text{где}$$

$h_c = 0$  - свес светильника типа ШОД;

$h_p = 0.7$  м - высота рабочей поверхности.

$$h = 4 - 0,7 = 3,3(м)$$

Подставляя численные значения в формулу (6.4), получим:

$$i = \frac{15}{3,3 \cdot (5 + 3)} = 0.568$$

Коэффициенты отражения  $\rho_{ст}$  и  $\rho_{п}$  имеют следующие значения:

$\rho_{ст} = 50\%$  (стены гипсокартонные окрашенные с окнами);

$\rho_{п} = 70\%$  (потолок гипсокартонный окрашенный).

Для полученных значений  $i$ ,  $\rho_{ст}$ ,  $\rho_{п}$ , коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,27$ .

Коэффициент запаса  $K$  в помещениях с малым выделением пыли равен 1.5.

Минимальное значение освещённости для работ средней точности при малом контрасте с тёмным фоном составляет 300 лк.

Подставив найденные значения в формулу (6.3) найдём световой поток каждой лампы, для обеспечения нужной освещённости:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 1,1}{0,27 \cdot 16} = 1718,75(лм).$$

Из таблицы 6.3 выберем тип лампы со световым потоком, приблизительно равным рассчитанному выше.

Таблица 6.3 – Характеристики люминесцентных ламп

Мощ-	Напряже-	Напряже-	Ток	Световой поток, лм
------	----------	----------	-----	--------------------

ность, Вт	ние сети, В	ние на лампе, В	лампы, А	ЛДЦ	ЛД	Л ХБ	ЛБ	ЛТ Б
15	127	54	0,33	600	700	800	835	820
20	127	57	0,37	850	1000	1020	1200	1100
30	220	104	0,36	1500	<b>1800</b>	1940	2180	2020
40	220	109	0,43	2200	2600	3100	3200	3150
80	220	102	0,67	3800	4300	5200	5400	5200
125	220	120	1,25	-	-	-	6500	-

Наиболее подходящей для обеспечения требуемой освещенности является люминесцентная лампа типа ЛД мощностью 30 ватт, световой поток которой составляет 1800 лм.

## 6.5 Пожарная безопасность

Пожар в помещении наносит материальный ущерб, так как он грозит уничтожением ЭВМ, аппаратуры, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, а также несет угрозу жизни и здоровья людей, находящихся в этом помещении.

Возникновение пожара в лаборатории может обуславливается следующими факторами:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электро-соединений и электрораспределительных щитов;
- возгоранием устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгоранием мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;

- возгоранием устройств искусственного освещения.

По степени взрывопожарной и пожарной опасности помещение лаборатории в соответствии с классификацией производств по пожарной безопасности (ОНТП 24-86) относится к категории Д (пожароопасные помещения), т.е. к помещениям с твердыми сгораемыми веществами. В связи с чем, в аудитории необходимо проводить следующие мероприятия:

а) пожарно-профилактические:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

б) организационные мероприятия

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

в) эксплуатационные мероприятия

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.

В аудитории рабочие места программистов размещены таким образом, чтобы исключить взаимное соприкосновение кабелей и шнуров питания соседних компьютеров, что соответствует нормам.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

В случае возникновения пожара, прежде всего, необходимо вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, где возник пожар, а после этого принять меры по пожаротушения.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные щиты, находящиеся на досягаемом расстоянии.

Необходимость строгого соблюдения мер пожарной безопасности при работе с оборудованием и бытовыми приборами требует регулярного проведения инструктажей работников по пожарной безопасности и их действий в случае возникновения пожара в помещении или в соседних аудиториях.

План эвакуации при пожаре представлен на рисунке 6.2.

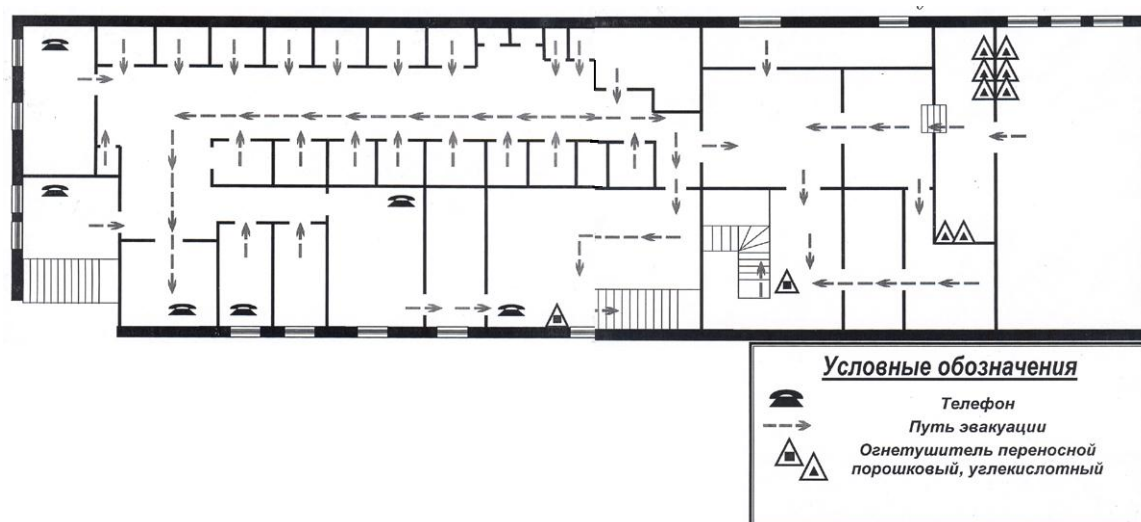


Рисунок 6.2 – План эвакуации при пожаре



## 6.6 Охрана окружающей среды

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. В то же время прогресс расширяет возможности устранения создаваемых человеком ухудшений природной среды.

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений.

Одна из самых серьезных проблем - потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то и другое не обходится без нарушения экологической обстановки. Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как:

- изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;
- изменение ландшафта Земли.

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением. В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое. Стоит также отметить, что для снижения вреда, наносимого окружающей среде при производстве электроэнергии, необходимо искать принципиально новые виды производства электроэнергии.

При производстве, в том числе производстве программных продуктов, возникает необходимость утилизировать производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным направлением развития технологии и позволяет сберегать природные ресурсы.

Оценив условия труда анализируемого помещения, в том числе, освещение и определение соответствия эргономическим требованиям рабочего места, и определив меры пожарной безопасности, можно сделать следующие выводы по производственной и экологической безопасности человека, а также работе, выполняемой им:

- по занимаемой площади и объему помещение удовлетворяет нормативным требованиям;
- микроклиматические условия соответствуют допустимым;
- шумовая обстановка на рабочем месте соответствует норме;

- система освещения в помещении соответствует норме и создает нормальные условия для работы;
- монитор компьютера служит источником ЭМП – вредного фактора, который отрицательно влияет на здоровье работника при непрерывной работе более 4 часов;
- рабочее место сотрудника удовлетворяет требованиям;
- по состоянию пожаробезопасности помещение соответствует нормам.

При рассмотрении вопроса об охране окружающей среды можно сказать, что деятельность помещения не является экологически опасной.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т12	Коваленко Денис Геннадьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Бакалаврская работа	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Общая стоимость ресурсов научного исследования: 25 млн.руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Приобретение оборудования. Расходы на демонтаж, монтаж и наладку оборудования. Организационные расходы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В данном разделе этот пункт не рассматривается

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Организация и планирование комплекса работ	Рассмотрение основных этапов процесса разработки с указанием исполнителей работ. Составление линейного план-графика. Диаграмма Ганта.
2. Оценка коммерческого и инновационного потенциала ИР	Расчет по технологии QuaD. Получение средневзвешанного значения показателя качества и перспективности НИ.
3. Расчет затрат на перевооружение	Расчет сметной стоимости КАТС и капитальных вложений на перевооружение АС.
4. Расчет условно-годовой экономии от автоматизации	Расчет среднегодовой выручки и экономических потерь.
5. Расчет экономического эффекта, коэффициента эффективности и срока окупаемости	Оценка эффективности и экономической целесообразности капитальных вложений.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. Линейный график работ по реализации проекта

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЭН	Петухов Олег Николаевич	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т12	Коваленко Денис Геннадьевич		

## **7            Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **7.1            Цели и задачи**

Целью данной выпускной подготовки сырья цеха НПЗ в связи с перевооружением существующего цеха НПЗ. Перевооружение проводится в связи с необходимостью оптимизации и повышения безопасности производства. В связи с этим будет произведен подбор необходимого оборудования.

Перевооружение позволит повысить надежность технологического оборудования, а также предотвратить аварийные ситуации, тем самым добиться непрерывного протекания технологического процесса с меньшими трудозатратами. Эти показатели приведут к положительному экономическому эффекту.

К задачам раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно отнести следующее:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала;
- обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерного решения;
- анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению;
- расчет технико-экономического эффекта.

## 7.2 Организация и планирование комплекса работ

Для построения линейного графика, разбиваем всю работу на этапы, количество и содержание которых определяется спецификой темы. Объективный экономический расчет позволяет равномерно распределить время работы и нагрузку на исполнителей, а также увеличить эффективность работ.

Система планирования основана на графическом представлении комплекса работ, необходимых для достижения поставленных задач: определение исполнителей работы, установление продолжительности работ.

Процесс разработки делится на три этапа: подготовительный; основной; заключительный.

Исполнителями работ являются: инженер-проектировщик (далее Инженер); научный руководитель (далее Руководитель).

Перечень основных этапов ВКР приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Перечень основных этапов ВКР

Этап проведения ВКР	Вид работы	Исполнители
1 Подготовительный	1 Получение и анализ ТЗ	Руководитель, Инженер
	2 Подбор и изучение требований нормативной документации	Руководитель, Инженер
	3 Обзор, изучение и анализ литературы	Инженер
2 Основной	1 Анализ технологического процесса	Инженер
	2 Анализ существующих разработок	Руководитель, Инженер
	3 Разработка структурной схемы АСУ ТП	Инженер
	4 Разработка ФСА	Инженер
	5 Выбор КАТС	Руководитель, Инженер
	6 Разработка схем соединений и подключений внешних проводок	Инженер
	7 Разработка алгоритмов управления	Руководитель, Инженер
	8 Моделирование САР	Руководитель, Инженер
	9 Разработка экранных форм АСУ ТП	Инженер
	10 Технико-экономическое обоснование ВКР	Инженер
	11 Оценка безопасности и экологичности проекта	Инженер
3 Заключительный	1 Подведение итогов работы	Руководитель, Инженер
	2 Написание пояснительной записки	Инженер
	3 Оформление графического материала	Инженер

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов и видов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях, и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов, поэтому ожидаемое значение трудоемкости рассчитывается по формуле (7.1):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (7.1)$$

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения работ, чел.-дн.;

$t_{min}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения работ (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения работ (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Сроки  $t_{min}$  и  $t_{max}$  устанавливаются методом экспертных оценок.

В связи с тем, что при выполнении работ существует вероятность того, что исполнители не уложатся в указанный срок, для каждой работы по формуле (7.2) оценивается дисперсия ( $\sigma(t)$ ), то есть среднее значение квадрата отклонения продолжительности работы от ее ожидаемого значения:

$$\sigma^2 = 0,04 \cdot (t_{max} - t_{min})^2. \quad (7.2)$$

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях ( $T_{РД}$ ), а затем перевести полученное количество рабочих дней в календарные дни ( $T_{КД}$ ). Длительность этапов в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) рассчитывается по формуле (7.3):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{c \cdot p \cdot K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (7.3)$$

где  $t_{ож}$  – трудоемкость работы, чел.-дн.;

$c$  – число работников, занятых в выполнении данной работы,  $c = 2$ ;

$p$  – количество смен в сутки,  $p = 1$ ;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения нормы,  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на консультации и согласование работ,  $K_{Д} = 1,2$ .

Длительность этапов работ в календарных днях ( $T_{КД}$ ) рассчитывается по формуле (7.4):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{К}, \quad (7.4)$$

где  $T_{КД}$  – длительность этапов работ в календарных днях;

$K_{К}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности ( $K_{К}$ ) рассчитывается по формуле (7.5):

$$K_{К} = \frac{T_{К}}{T_{К} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (7.5)$$

где  $T_{К}$  – календарные дни,  $T_{К} = 365$  дн.;

$T_{ВД}$  – выходные дни,  $T_{ВД} = 92$  дн.;

$T_{ПД}$  – праздничные дни,  $T_{ПД} = 28$  дн.

Подставив значения календарных, выходных и праздничных дней в формулу (10.5), получим значение коэффициента календарности ( $K_{К}$ ):

$$K_{К} = \frac{365}{365 - 92 - 28} \approx 1,5.$$

Остальные результаты расчетов с использованием формул (7.1) – (7.4) приведены в таблице 7.2.



Таблица 7.2 – Трудозатраты на проведение ВКР

Содержание этапа	Трудоемкость работ, чел.-дн.			Дисперсия $\sigma^2$	Длительность работ, дн.	
	$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$		$T_{РД}$	$T_{КД}$
Подготовительный этап						
Получение и анализ ТЗ	1	2	1,4	0,04	0,84	1
Разработка и утверждение ТЗ	5	8	6,2	0,36	3,72	6
Анализ предметной области	4	6	4,8	0,16	2,88	4
Обзор источников	4	5	4,4	0,04	2,64	4
Основной этап						
Анализ ТП	3	4	3,4	0,04	2,04	3
Анализ существующих разработок	3	4	3,4	0,04	2,04	3
Разработка структурной схемы АСУ ТП	2	4	2,8	0,16	1,68	3
Разработка ФСА	5	8	6,2	0,36	3,72	6
Выбор КАТС	10	12	10,8	0,16	6,48	10
Разработка схем соединений и подключений внешних проводок	6	7	6,4	0,04	3,84	6
Разработка алгоритмов управления	3	6	4,2	0,36	2,52	4
Моделирование САР	8	14	10,4	1,44	6,24	9
Разработка экранных форм АСУ ТП	9	12	10,2	0,36	6,12	9
Технико-экономическое обоснование НИР	4	5	4,4	0,04	2,64	4
Оценка безопасности и экологичности проекта	4	5	4,4	0,04	2,64	4
Заключительный этап						
Подведение итогов	2	3	2,4	0,04	1,44	2
Написание пояснительной записки	12	15	13,2	0,36	7,92	12
Оформление графического материала	7	9	7,8	0,16	4,68	7
Итого:	92	129	106,8	-	64,08	95

### 7.3 Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений

Для оценки экономического потенциала перевооружения производственного цикла подготовки сырья на НПЗ используем технологию QuaD.

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение о целесообразности вложения денежных средств в инженерный проект.

Оценка проекта по технологии QuaD приведена в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Оценочная карта по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1 Энергоэффективность	0,07	85	100	0,85	0,06
2 Надежность	0,1	90	100	0,90	0,09
3 Унифицированность	0,1	95	100	0,95	0,10
4 Уровень материалоемкости разработки	0,06	70	100	0,70	0,04
5 Безопасность	0,1	90	100	0,90	0,09
6 Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	90	100	0,90	0,07
7 Простота эксплуатации	0,07	80	100	0,80	0,06
8 Качество интеллектуального интерфейса	0,08	85	100	0,85	0,07
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
1 Перспективность проекта	0,08	70	100	0,70	0,06
2 Цена	0,06	60	100	0,60	0,04
3 Послепродажное обслуживание	0,05	60	100	0,60	0,03
4 Финансовая эффективность научной разработки	0,07	75	100	0,75	0,05
<b>Итого:</b>	1	-	-	-	-

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле (7.6):

$$\Pi_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot \text{Б}_i, \quad (7.6)$$

где  $\Pi_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес  $i$ -го показателя (в долях единицы);

$\text{Б}_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Таким образом, подставив значения из таблицы 7.3 в формулу (7.6) имеем:

$$\Pi_{\text{ср}} = 62,2.$$

Полученное значение  $\Pi_{\text{ср}}$  позволяет говорить о том, что перспективность разработки выше среднего. В свою очередь, перспективность и экономическая эффективность данного проекта состоит в увеличении безопасности, снижении количества аварийных ситуаций и излишних остановок технологического процесса.

#### 7.4 Расчет затрат на перевооружение

Единовременные затраты на перевооружение АС ( $K$ ) определяются по формуле (7.7):

$$K = K_{\Pi} + K_{\text{К}}, \quad (7.7)$$

где  $K_{\Pi}$  – предпроизводственные затраты, руб.;

$K_{\text{К}}$  – капитальные затраты, руб.

На создание необходимого программного обеспечения потребуется 150 тысяч рублей. Эта сумма отнесена к итогу по производственным затратам. Таким образом,  $K_{\Pi} = 150$  тыс. руб.

Величина капитальных затрат ( $K_{\text{К}}$ ) определяется по формуле (7.8):

$$K_{\text{К}} = K_{\text{КАТС}} + K_{\text{М}} - K_{\text{В}} + K_{\text{Т}} + K_{\text{З}} + K_{\text{ДМ}}, \quad (7.8)$$

где  $K_{\text{КАТС}}$  – затраты на приобретение КАТС, руб.;

$K_{\text{М}}$  – затраты на установку, монтаж и запуск приборов и автоматики (принимаются в размере 20 % от стоимости КАТС), руб.;

$K_{\text{В}}$  – сметная стоимость технических средств, высвобожденных в результате внедрения АС, руб.;

$K_{\text{Т}}$  – транспортные расходы (принимаются в размере 5 % от суммы затрат на приобретение КАТС и запасных инструментов и приспособлений (ЗИП)), руб.;

$K_{\text{З}}$  – затраты на приобретение ЗИП (принимаются в размере 3 % от стоимости КАТС), руб.;

$K_{\text{ДМ}}$  – затраты на демонтаж высвобожденных технических средств (принимаются в размере 7 % от стоимости КАТС), руб.

Сметная стоимость КАТС приведена в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Сметная стоимость КАТС

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цена (за ед.), руб.	Общая стоимость, руб.
<b>Измерительные приборы и датчики</b>			
Манометр	9	7 194,42	64 749,78
Датчик избыточного давления Метран	1	34 666	34 666
Уровнемер Rosemount	1	526 464	526 424
Датчик температуры Метран	6	13 876	83 256
Расходомер Rosemount	1	639 168,75	639 168,75
<b>Измерительные приборы и датчики</b>			
Кориолисовый расходомер	3	1 685 868,75	5 057 606,25
Сигнализатор загазованности	8	168 373,45	1 346 987,6
<b>Исполнительные механизмы</b>			
Пневмоклапан с сервоприводом и позиционером	1	4 850 442,44	4 850 442,44
	2	3 819 862,58	7 639 725,16
Электропривод	47	32 424	1 523 928
Пост кнопочный ПВК-125У	3	3 530	10 590
Сигнализатор световой ВС-4-С	6	4 350	26 100
Сигнализатор звуковой	3	4 350	13 050
<b>Прочие комплектующие</b>			
Кабельная продукция	10 (км)	403 800 (за 1 км)	4 038 000
<b>Итого:</b>	-	-	<b>26 155 899,98</b>

Расчет основных статей расхода капитальных затрат приведен в таблице 7.5. Расчет осуществлен по формуле (7.8).

Таблица 7.5 – Расчет капитальных затрат на перевооружение цеха НПЗ

Статья расхода	Величина расхода, руб.
Затраты на приобретение КАТС ( $K_{КАТС}$ )	26 155 899,98
Затраты на установку, монтаж и запуск КИПиА ( $K_M$ )	5 231 180
Стоимость высвобожденных технических средств ( $K_B$ )	10 462 359,99
Транспортные расходы ( $K_T$ )	1 347 028,85
Стоимость ЗИП ( $K_З$ )	784 677
Затраты на демонтаж высвобожденного оборудования ( $K_{ДМ}$ )	1 830 913
<b>Сумма капитальных затрат (<math>K_K</math>)</b>	<b>24 887 338,84</b>

Таким образом, капитальные вложения на перевооружение Системы ( $K_K$ ) составят 24 887 338,84 руб.

Следовательно, единовременные затраты на перевооружение АС согласно формуле (7.7) составят:

$$K = 150\,000 + 24\,887\,338,84 = 25\,037\,338,84 \text{ руб.}$$

## **7.5 Расчет условно-годовой экономии от автоматизации**

Условно-годовая экономия представляет собой прирост прибыли, который может быть получен в основном производстве за счёт сокращения текущих затрат на изготовление продукции после автоматизации.

Для рассматриваемого цеха НПЗ условно-годовая экономия выражается в автоматизации производства, то есть на данный момент автоматика цеха НПЗ построена исключительно на морально устаревших пневматических устройствах и приборах. Таким образом, на данный момент полная автоматизация производства не достигнута. Нет наглядного визуального отображения протекания технологического процесса. Что, в свою очередь, достижимо посредством введения в эксплуатацию новой автоматизированной системы управления.

Следовательно, введение новой АСУ позволит быстрее и эффективнее выявлять опасные и безопасные отказы оборудования и наиболее эффективно устранять их. Следовательно, необходимость в частых остановах технологического процесса в связи с ТР и ТО будет устранена. Следовательно, производительность цеха НПЗ будет увеличена.

## **Заключение**

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была проведена автоматизация системы управления производственным циклом подготовки сырья НПЗ. Спроектирована документация в виде функциональных схем автоматизации, схемы внешних проводок. Кроме того, в данном дипломном проекте был разработан алгоритм работы электрозадвижкой, а также прорисованы необходимые для реализации блок-схемы.

Используя Simatic Step7 было разработано программно-алгоритмическое обеспечение для ПЛК Siemens S7-300 и системы диспетчеризации Siemens WinCC, с помощью которой производится мониторинг и управление всеми протекающими технологическими процессами в производственном цикле подготовки сырья на нефтеперерабатывающем заводе..

После проведения модернизации наблюдается стабильность протекания технологического процесса, снижен потенциальный риск аварии. Выбранное контрольно-измерительное оборудование функционирует и проводит измерения с достаточной точностью, что, в свою очередь, позволяет с высокой точностью регулировать параметры технологического процесса.

Выполнено технико-экономическое обоснование проекта, рассмотрены вопросы безопасности труда и производственной санитарии.

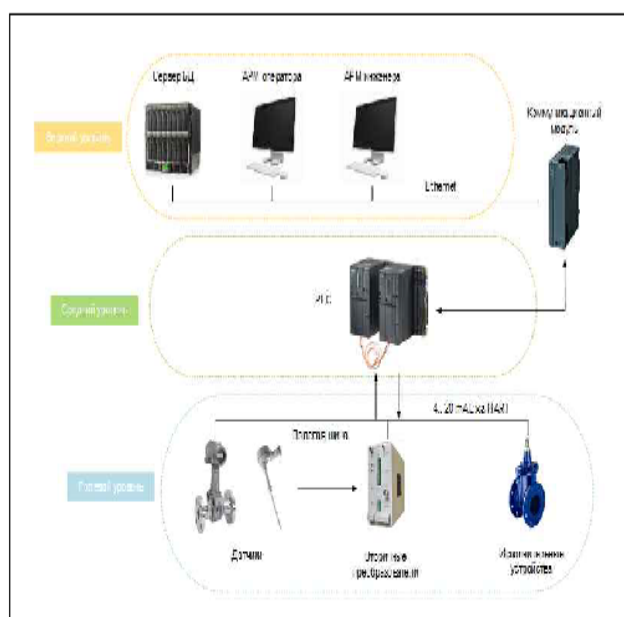
Таким образом, в результате выполнения выпускной квалификационной работы был обеспечен автоматический контроль технологических параметров технологического процесса нефтеперерабатывающего завода и дистанционное автоматизированное управление со SCADA системы.

### **Список используемых источников**

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
3. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.— 44с.
4. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
5. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
6. РМГ 62-2003. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации ВНИИМС Госстандарта России. М., 2003. – 17 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.



## Приложение А. Структурная схема

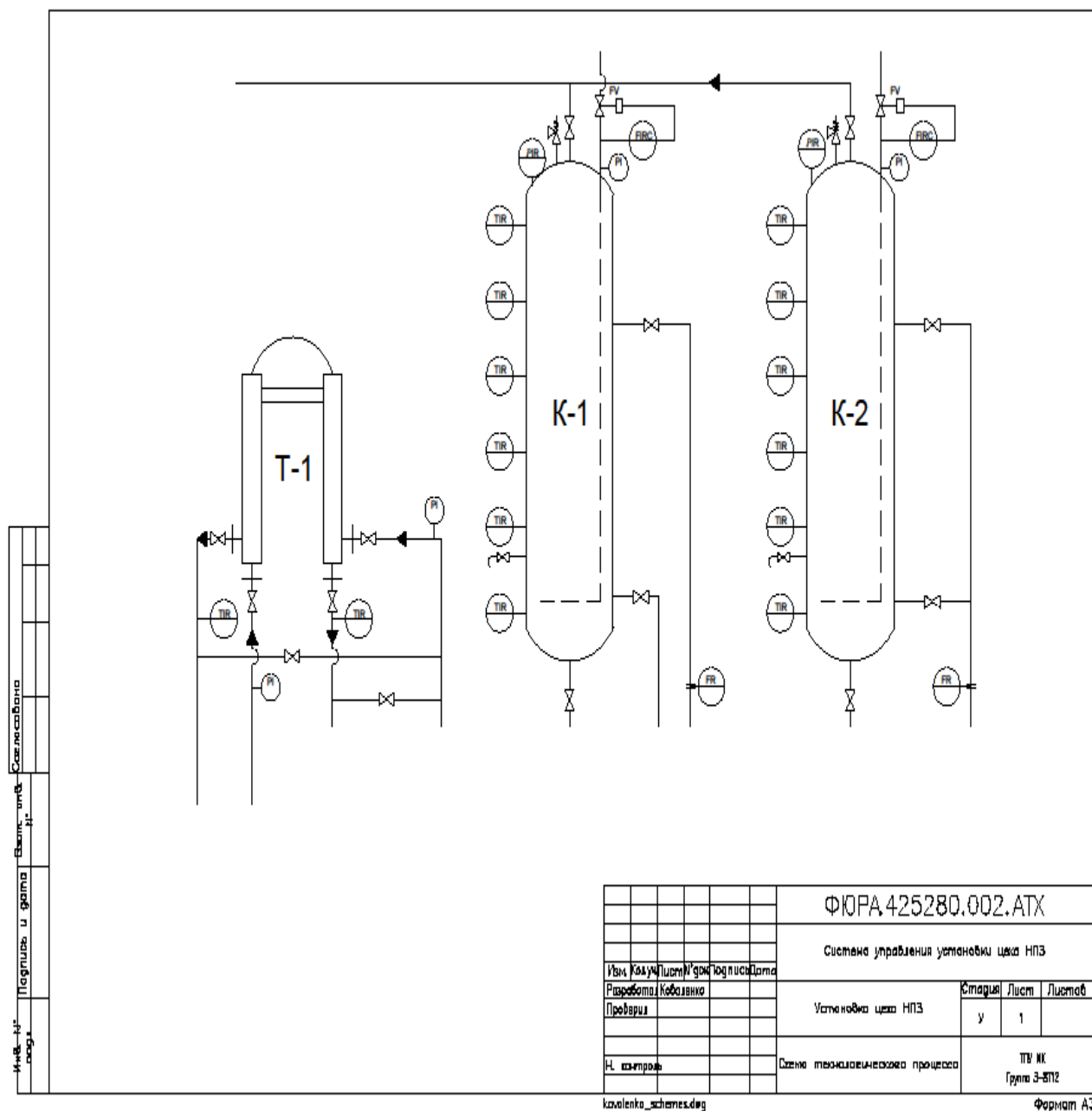
[illegible]

			ФЮРА.425280.001.АТХ		
			Система управления установкой цеха НПЗ		
Имя	Код	Число	Год	Подпись	Дата
Разработал	Колодкин				
Проверил					
			Установка цеха НПЗ		
			Страница	Лист	Листов
			у	1	
			Структурная схема		
Н. контроль				ИТУ ИК	Группа 3-ВР.2

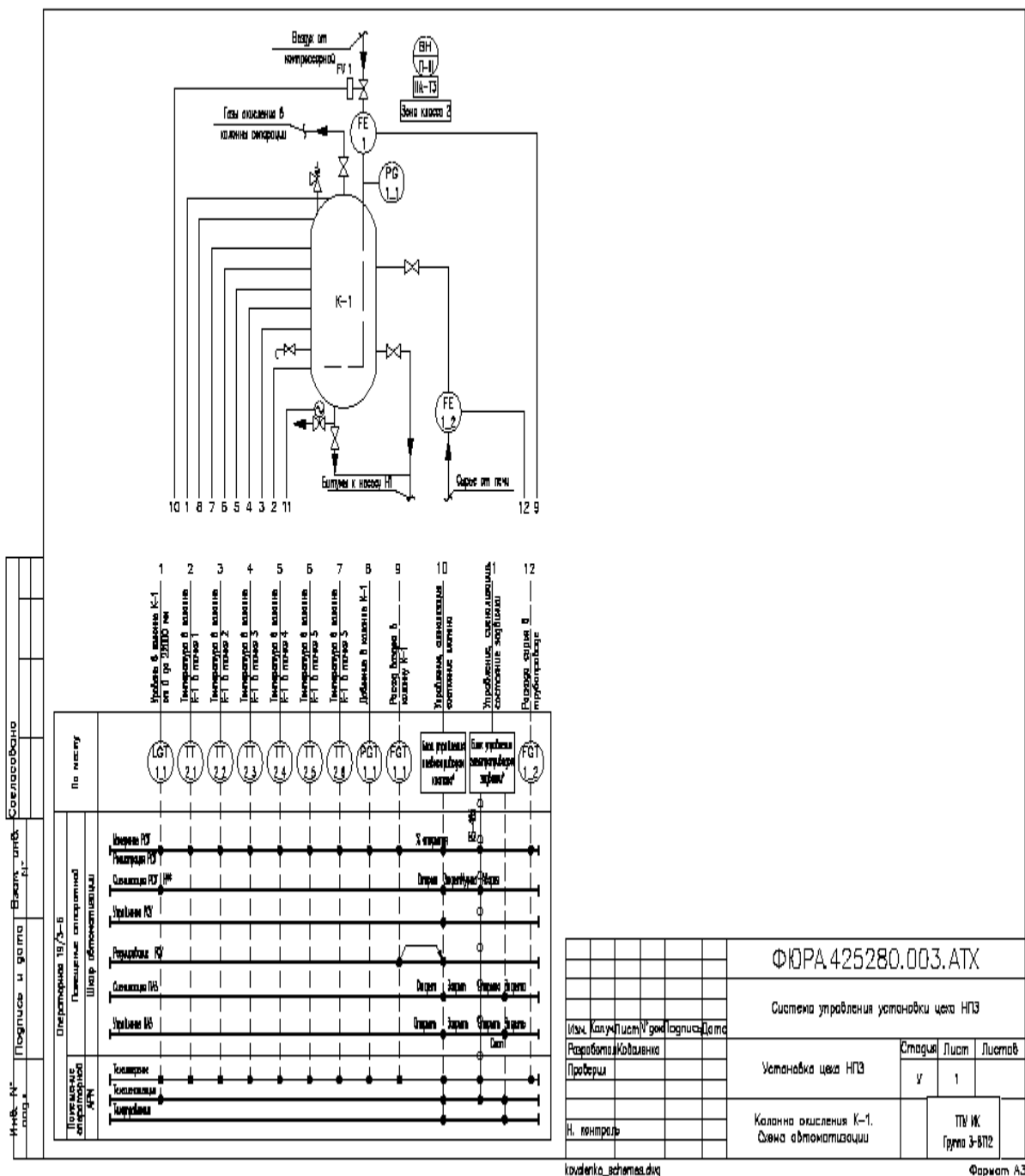
kovalenko\_achemba.dwg

Формат А3

## Приложение Б. Схема технологического процесса



## Приложение В. Функциональная схема автоматизации



## Приложение Г. Схема внешних проводок

