

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

---

Институт Энергетический  
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка системы автоматизации «Технологической площадки №1» объекта ш.3500-1.4 «Ново-Часельское УПН, КНС»</b>

УДК 622.276.001.6-047.37:665.662:65.011.56

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Рябова Татьяна Валериевна		

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шидловский Станислав Викторович	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., доцент		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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

---

Институт Энергетический  
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2В	Рябовой Татьяне Валериевне

Тема работы:

<b>Разработка системы автоматизации «Технологической площадки №1» объекта ш.3500-1.4 «Ново-Часельское УПН, КНС»</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 г. 435/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Наименование объекта автоматизации – технологическая площадка №1 установки подготовки нефти, кустовой насосной станции, которая включает в себя 2 входных сепаратора (ВС-1,2), 2 нефтегазовых сепаратора (НГС-1,2), 2 газосепаратора высокого давления (ГС-1/1,2), коллектор распределения газа от ГС-1/1,2. Режим работы – непрерывный. Требования к продукту – поддержание постоянного давления, уровня, температуры в аппаратах. Особые требования к особенностям функционирования объекта: а) обеспечение безопасности и экологичности: 1) контроль загазованности; 2) контроль повышения давления и уровня жидкости в аппаратах и трубопроводе; б) анализ экономической составляющей проекта.
---------------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>а) введение;</li> <li>б) системный анализ объекта автоматизации;</li> <li>в) разработка функциональной схемы;</li> <li>г) описание комплекта ТС;</li> <li>д) режим функционирования и диагностики;</li> <li>е) монтаж приборов;</li> <li>ж) разработка структурной схемы;</li> <li>и) идентификация объекта управления;</li> <li>к) расчет и построение заданного запаса устойчивости системы автоматизации;</li> <li>л) определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора;</li> <li>м) расчет, построение, оценка качества переходных процессов по каналу регулирующего воздействия S-Y;</li> <li>н) финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>п) социальная ответственность;</li> <li>р) вывод по проделанной работе.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>	Функциональная схема «Технологической площадки №1».

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.02.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шидловский Станислав Викторович	Д.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Рябова Татьяна Валериевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 88 с., 10 рис., 12 табл., 45 источников.

Ключевые слова: сепаратор, давление, температура, уровень жидкости, система автоматизации, схема автоматизации, объект проектирования, технологическая схема, измерительный прибор.

Объектом исследования является технологическая площадка №1 установки подготовки нефти, кустовой насосной станции.

Цель работы – изучение типовых технических решений по проектированию автоматизированных систем управления, применение навыков в проектной разработке схем автоматизации.

В процессе работы были проведены анализ и обработка информации по технической документации. Рассмотрена технологическая площадка №1, как объект автоматизации. Была проведена идентификация объекта управления газосепаратора, рассчитаны и построены переходный процесс, запас устойчивости системы. Произведен расчет бюджета проекта, рассмотрена социальная ответственность.

В результате исследования была разработана схема автоматизации для «Технологической площадки №1», установки подготовки нефти, кустовой насосной станции.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: нефтегазовые сепараторы НГС-1,2 (НГС-II-1,0-3000) с параметрами:  $V=100 \text{ м}^3$ ,  $D=3,0 \text{ м}$ ,  $L=15,24 \text{ м}$ ; входные нефтегазовые сепараторы ВС-1,2 (911-И.00-000), с параметрами:  $V=100 \text{ м}^3$ ,  $D=3,0 \text{ м}$ ,  $L=15,23 \text{ м}$ ; газовые сепараторы ГС-1/1,2 (СГВ-7-1200/16), с параметрами:  $V=4 \text{ м}^3$ ,  $D=1,2 \text{ м}$ ,  $H=4 \text{ м}$ .

Степень внедрения: проект в разработке, стадия проектирования.

Область применения: в нефтегазовой сфере деятельности, в установках подготовки нефти.

Экономическая эффективность/значимость работы: реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства путем улучшения безопасности и внедрения более универсального оборудования.

В будущем планируется исследование режимов работы технологического оборудования, обеспечивающих оптимальное ведение процесса на всей технологической площадке №1 установки подготовки нефти. Полученные знания будут использованы в дальнейшей работе по проектированию и улучшению методов автоматизации и повышения эффективности работы.

## Обозначения и сокращения

Установка подготовки нефти; УПН.

Кустовая насосная станция; КНС.

Технологический процесс; ТП.

Контрольно-измерительные приборы; КИП.

Технические средства автоматизации; ТСА.

Система автоматического регулирования; САР.

Автоматизированные групповые замерные установки; АГЗУ.

Дожимная насосная станция; ДНС.

Довзрывоопасная концентрация; ДВК.

Нижний концентрационный предел распространения пламени; НКПР.

Автоматизированная система управления технологическими процессами;  
АСУ ТП.

Регулирующее устройство; РУ.

Объект управления; ОУ.

Регулирующий орган; РО.

Исполнительный механизм; ИМ.

Заработная плата; ЗП.

## Содержание

Введение.....	11
1 Системный анализ объекта автоматизации.....	13
2 Система контроля и управления.....	19
3 Разработка функциональной схемы.....	22
3.1 Газосепараторы ГС-1/1,2 .....	23
3.2 Нефтегазовые сепараторы НГС-1,2 .....	25
3.3 Сепараторы входные ВС-1,2 .....	26
4 Описание комплекса технических средств .....	28
5 Режим функционирования и диагностики .....	32
6 Монтаж приборов .....	33
7 Разработка структурной схемы .....	35
8 Идентификация объекта управления, газосепаратора ГС-1/1,2.....	37
8.1 Типовые модели объектов управления .....	37
8.2 Определение характеристик объекта управления.....	38
9 Выбор исполнительного механизма .....	44
10 Расчет и построение заданного запаса устойчивости системы автоматизации.....	46
11 Определение оптимальных параметров настройки ПИ- регулятора .....	52
12 Расчёт, построение и оценка качества переходного процесса по каналу регулирующего воздействия S-Y .....	53
13 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59
13.1 Описание хозяйственных целей.....	59
13.2 Календарный план – график выполнения работ .....	60

13.3	Бюджет проекта .....	62
13.4	Затраты на оплату труда .....	64
13.5	Страховые отчисления .....	65
13.6	Расчет затрат на электроэнергию.....	66
13.7	Минимизация риска потери денежных средств в следствии аварии.....	67
14	Социальная ответственность .....	70
14.1	Воздействие шума .....	71
14.2	Метеорологические условия в рабочих помещениях.....	72
14.3	Производственное освещение .....	73
14.4	Электробезопасность .....	74
14.5	Пожаробезопасность .....	76
14.6	Повышенная запыленность или загазованность .....	79
14.7	Заключение по разделу социальная ответственность.....	80
15	Заключение .....	82
16	Список публикаций .....	84
17	Список использованных источников.....	85

Графический материал: на отдельных листах

ФЮРА. 421000.017 С2 Схема функциональная

## Введение

С давних времен человек стремится освободить себя от непосредственного выполнения функций управления технологическими процессам (ТП), отдавая предпочтения автоматизированным системам управления. Уже в древней Греции создавались свои автоматизированные системы управления, например, автоматическое открывание дверей в храм, движение куколок – марионеток и др.

На сегодняшний день невозможно себе представить технологические процессы без автоматизированной системы управления. Они встречаются и в быту и на производстве. С усложнением технических систем, автоматизация осуществляет не только задачи по управлению объектами, но и анализирует функционирование объекта и системы управления, а так же принимает решения по его улучшению.

Система автоматизации предназначена для реализации функций автоматизированного управления технологическим процессом, а также для эффективной защиты и своевременного останова технологического процесса при риске возникновения аварии и ее локализации по заданным алгоритмам.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка системы автоматизации для «Технологической площадки №1» объекта ш.3500-1.4 «Ново-Часельское. УПН. КНС.».

Задачи выпускной квалификационной работы заключаются в следующем:

- а) системный анализ технологической площадки;
- б) разработка функциональной схемы для «Технологической площадки №1»;
- в) анализ технических характеристик контрольно-измерительных приборов (КИП);
- г) выбор технических средств автоматизации (ТСА);

- д) выбор структуры системы автоматического регулирования (САР) давления газа в газосепараторах ГС-1/1,2;
- е) определение математической модели САР давления газа в газосепараторах ГС-1/1,2;
- ж) расчет контура регулирования давления газа в газосепараторах ГС-1/1,2;
- и) расчет экономической части;
- к) анализ части по безопасности жизнедеятельности.

## 1 Системный анализ объекта автоматизации

В качестве объекта автоматизации рассмотрена Технологическая площадка №1. Технологическая площадка состоит из 2-х входных сепараторов (ВС-1,2), 2-х нефтегазовых сепараторов (НГС-1,2), 2-х газосепараторов высокого давления (ГС-1/1,2), коллектора распределения газа от ГС-1/1,2.

Рассмотрим нефтегазовые сепараторы (НГС-1,2), рисунок 1.

Параметры: НГС-П-1,0-3000,  $V=100$  м<sup>3</sup>,  $D=3,0$  м,  $L=15,24$  м.

Нефтегазовые сепараторы применяются для сепарации газонефтяной смеси на первых, промежуточных и конечных ступенях в системах сбора и установках подготовки нефти (УПН) [1].

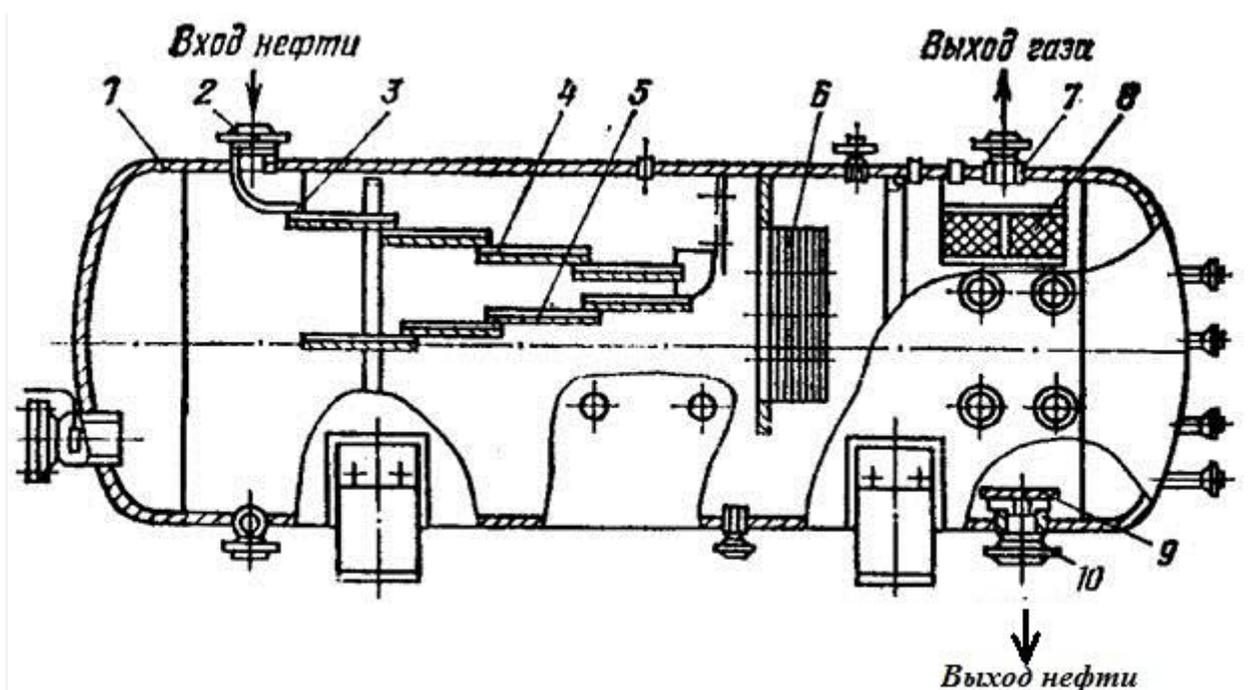


Рисунок 1 – Схема сепаратора нефтегазового

Нефтегазовые сепараторы НГС-1,2, состоят из горизонтальных ёмкостей (1), оснащенных патрубками для входа нефти (2), из входных сепараторов ВС-1,2, для выхода нефти (10) в ТФС-1 и газа (7) в площадку сбора конденсата. Внутри ёмкостей, непосредственно у патрубков для входа нефтегазовой смеси, установлены распределительные устройства (3) и

наклонные желоба (дефлекторы) (4) и (5). Около патрубков, через которые осуществляется выход газа, установлены горизонтальные (8) и вертикальные (6) сетчатые отбойники. Помимо этого, агрегат оснащен штуцерами и муфтами для монтажа технических средств автоматизации и автоматического регулирования режима работы.

Газонефтяная смесь проходящая в аппараты через входные патрубки (2), меняя перпендикулярно своё направление, и с помощью распределительных устройств (3) нефть вместе с остаточным газом устремляется в дефлекторы (4), (5). Отсепарированный из нефти газ поступает сначала в вертикальные каплеотбойники (6), а после в горизонтальные (8). Выделившийся в нефтогазосепараторе газ через патрубки (7), попадает в площадку сбора конденсата. Через патрубки 10, нефть поступает в ТФС-1.

В таблицах 1, 2, 3 представлен перечень измеряемых и управляемых параметров для сепараторов.

Таблица 1 – Перечень измеряемых и управляемых параметров для НГС-1,2

№	Наименование параметра	Функции системы					
		Измерение	Сигнализация состояния	Предупредительная сигнализация	Аварийная сигнализация	Управление	Регулирование
1	Давление в аппарате	+		+			+
2	Температура жидкости	+		+			
3	Уровень жидкости	+		+	+		+
4	Аварийный уровень жидкости				+		
5	Запорная арматура		+			+	+

Рассмотрим входные нефтегазовые сепараторы ВС-1,2.

Параметры: 911-И.00-000,  $V=100 \text{ м}^3$ ,  $D=3,0 \text{ м}$ ,  $L=15,23 \text{ м}$ .

Сепаратор входной нефтегазовый предназначен для:

- сепарации газонефтяной смеси на первой ступени сепарации в системе сбора и установках подготовки нефти (УПН);
- предварительного сброса пластовой воды, выделившейся из водонефтяной эмульсии в сборных трубопроводах при транспорте от скважин (АГЗУ) и до сборных пунктов (ДНС, УПН) [1].

Конструкция и принцип действия входного нефтегазового сепаратора аналогичны нефтегазовым сепараторам НГС-1,2 (см. выше).

Таблица 2 – Перечень измеряемых и управляемых параметров ВС-1,2

№	Наименование параметра	Функции системы				
		Измерение	Сигнализация состояния	Предупредительная сигнализация	Аварийная сигнализация	Управление
1	Давление в аппарате	+		+		
2	Температура газа	+				
3	Уровень жидкости	+				
4	Аварийный уровень жидкости				+	+
5	Запорная арматура		+			+

Рассмотрим газовые сепараторы ГС-1/1,2, рисунок 2.

Параметры: СГВ-7-1200/16,  $V=4 \text{ м}^3$ ,  $D=1,2 \text{ м}$ ,  $H=4 \text{ м}$ .

Газовый сепаратор предназначен для очистки нефтяного газа от капельной жидкости (нефть, конденсат) в промышленных системах сбора и подготовки нефти и газа [1].

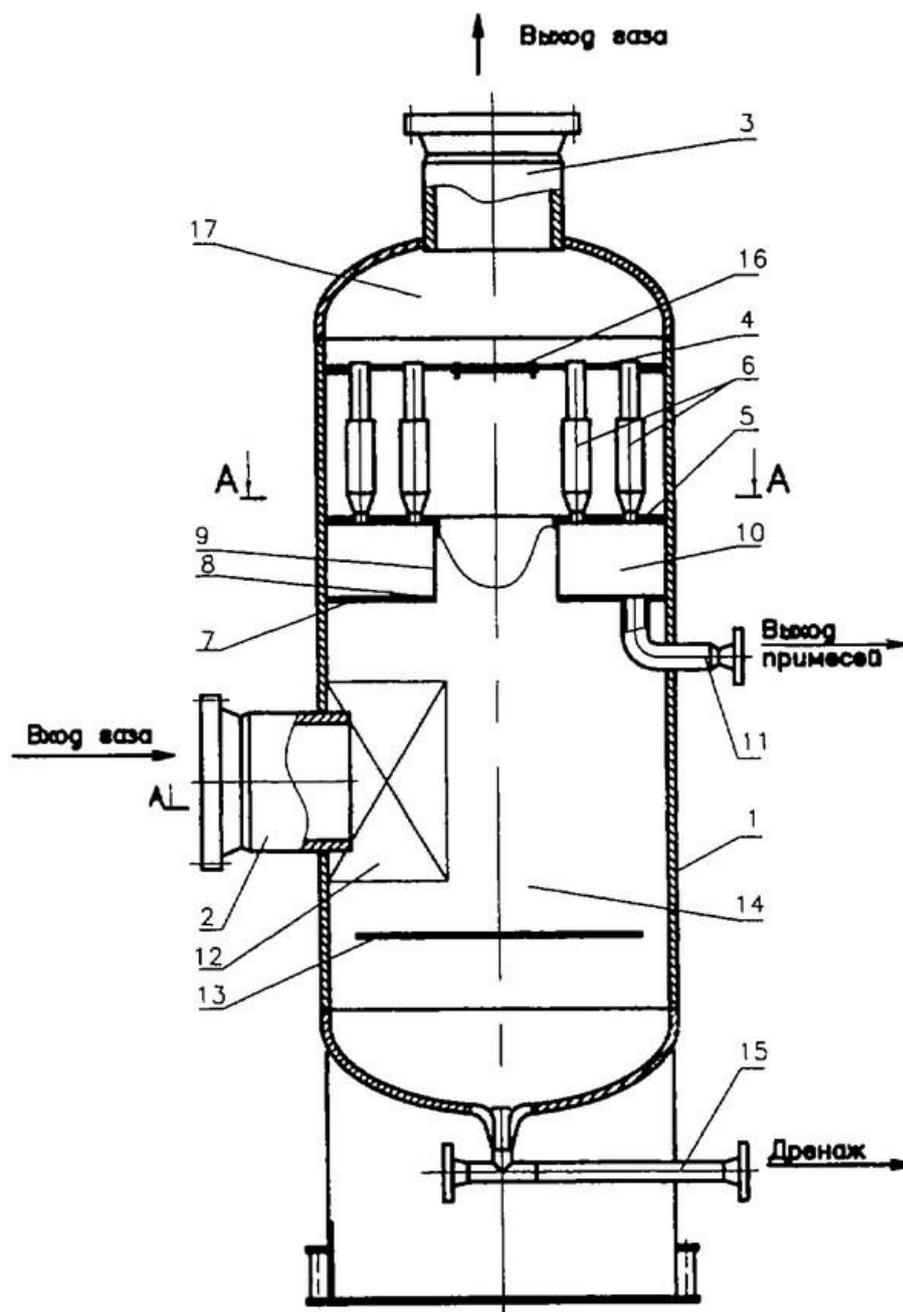


Рисунок 2 – Схема газосепаратора

Сепаратор состоит из корпуса (1), патрубков для входа (2) и для выхода (3) газа, верхней (4) и нижней (5) решетки, в пространство между которыми устанавливаются циклонные элементы (6). Под нижней решеткой (5) устанавливается тарелка (7) имеющая осевой проход, кромки (8) которой имеют герметичное соединение с помощью обечайки (9) с кромками прохода находящимися на внутренней стороне нижней решетки (5); на полости (10) расположенной в пространстве между нижней решеткой (5) и тарелкой (7) имеется патрубок для выхода примесей (11). В сепараторе

вблизи патрубка для входа газа установлено устройство (12) для предварительного очищения газа. Сверху над сборником примесей в нижней части сепаратора установлен защитный лист (13), который образуют полость (14) для дополнительного очищения газа. Выходящие отсепарированные примеси аппарата отводятся через специальный патрубок дренажа (15). Верхняя решетка может иметь в себе лаз (16) через который осуществляется обслуживание верхней полости (17). Обечайка (9) совмещает в себе функции лаза для возможности обслуживания зоны (17), для повышения надежности работы сепаратора. Работа сепаратора заключается в следующем. Газ, который загрязнен механическими примесями и жидкостями через штуцер (2) подается в корпус (1) сепаратора, где поступает в устройство предварительного очищения газа (12). Узел (12) также служит для обеспечения организованного вращательного движения газа в полости (14) сепаратора между тарелкой (7) и защитным листом (13). На этом этапе происходит дополнительное очищение газа.

В достаточной степени очищенный газ, вращаясь, попадает в обечайку (9) в дальнейшем газ перемещается в пространство образованное решетками (4) и (5), где перераспределяется между каждым циклонным элементом (6), на циклонных элементах происходит финальная очистка газа. Газ прошедший очистку попадает в полость (17) сепаратора расположенной над верхней решеткой, а затем в штуцер (3) выхода газа. Примеси, которые были выделены из газа оседают в полости (10) расположенной между нижней решеткой (5) и тарелкой (7), откуда они в дальнейшем будут выведены через патрубок (11) за пределы аппарата. Отделившиеся в устройстве (12) и в полости (14) аппарата различные примеси попадут в сборник примесей и выведутся наружу через патрубок дренажа (15).

Таблица 3 – Перечень измеряемых и управляемых параметров ГС-1/1,2

№	Наименование параметра	Функции системы					
		Измерение	Сигнализация состояния	Предупредительная сигнализация	Аварийная сигнализация	Управление	Регулирование
1	Давление в аппарате	+		+			+
2	Температура жидкости	+		+			
3	Уровень жидкости	+		+	+		
4	Аварийный уровень жидкости				+		
5	Запорная арматура		+			+	+

## 2 Система контроля и управления

Автоматизация технологической площадки №1 предусматривается в следующем объеме:

- а) дистанционный контроль загазованности на площадке;
- б) местная и дистанционная сигнализация при достижении ДВК горючих газов и паров на площадке 10% и 20% НКПР.

Автоматизация сепараторов входных (ВС-1, ВС-2) предусматривается в следующем объеме:

- а) местный контроль:
  - 1) давления в сепараторе;
  - 2) температуры газа в сепараторе;
- б) дистанционный контроль:
  - 1) давления в сепараторе;
  - 2) температуры газа в сепараторе;
- в) дистанционная сигнализация:
  - 1) отклонения давления в сепараторе от рабочего значения;
  - 2) максимально допустимого значения перепада давления на сетке;
  - 3) максимально допустимого уровня жидкости в аппаратах;
- г) автоматическое управление закрытием электроприводной арматуры 3э для ВС-1 и 8э для ВС-2 при достижении уровня жидкости в сепараторах 50 % от высоты сечения.

Автоматизация нефтегазовых сепараторов (НГС-1, НГС-2) предусматривается в следующем объеме:

- а) местный контроль:
  - 1) давления в сепараторе;
  - 2) давления после клапанов Кж1,2;
  - 3) температуры жидкости в сепараторе;
  - 4) уровня жидкости в сепараторе;
- б) дистанционный контроль:

- 1) давления в сепараторе;
  - 2) температуры жидкости в сепараторе;
  - 3) уровня жидкости в сепараторе;
- в) дистанционная сигнализация:
- 1) отклонения давления в сепараторах НГС-1,2 от рабочего значения;
  - 2) максимально допустимого значения перепада давления на сетке;
  - 3) минимально допустимого значения температуры жидкости;
  - 4) при достижении минимального значения уровня жидкости в сепараторе;
  - 5) при достижении максимального значения уровня жидкости в сепараторе;
- г) автоматическое управление закрытием клапанов Кж1,2 при предельном минимальном уровне жидкости в сепараторах НГС-1,2;
- д) автоматическое регулирование:
- 1) давления в аппаратах «ВС-НГС» клапанами Кг1,2;
  - 2) уровня жидкости в НГС-1,2 клапанами Кж1, Кж2.

Автоматизация газосепараторов высокого давления (ГС-1/1, ГС-1/2) и коллектора распределения газа предусматривается в следующем объеме:

- а) местный контроль:
- 1) давления в сепараторе;
  - 2) давления после клапанов Кж3,4;
  - 3) температуры жидкости в сепараторе;
  - 4) уровня жидкости в сепараторе;
  - 5) давления в коллекторе;
- б) дистанционный контроль:
- 1) давления в сепараторе;
  - 2) температуры жидкости в сепараторе;
  - 3) уровня жидкости в сепараторе;
  - 4) давления в коллекторе;

в) дистанционная сигнализация:

- 1) максимально допустимого значения перепада давления на сетке;
- 2) минимально допустимого значения температуры жидкости;
- 3) при достижении минимального значения давления жидкости в сепараторе;
- 4) при достижении максимального значения давления жидкости в сепараторе;
- 5) при достижении минимального значения уровня жидкости в сепараторе;
- 6) при достижении максимального значения уровня жидкости в сепараторе;

г) автоматическое управление:

- 1) при достижении максимального уровня в сепараторах открытие клапанов Кж3,4;
- 2) при достижении минимального уровня в сепараторах закрытие клапанов Кж3,4;
- 3) открытием клапана Кг4 по минимальному давлению в системе на второй ступени сепарации (после ГС-2/1,2);

д) автоматическое регулирование давления клапаном Кг3 (сброс избытка газа на факел) в сепараторах ГС-1/1,2.

### 3 Разработка функциональной схемы

Основной техникой документ, определяющий специфику решения функциональных задач таких систем, как автоматический контроль, управление, сигнализация ТП, а так же полный состав оснащения техническими средствами автоматизации объекта управления, является функциональная схема.

Технологическое оборудование на функциональных схемах рекомендуется изображать в соответствии со схемой соединений, принятой в основном комплекте марки ТХ или схемами инженерных систем. При этом допускается упрощать изображения технологического оборудования, не показывая на схеме оборудование, коммуникации и их элементы, которые не оснащаются техническими средствами автоматизации и не влияют на работу систем автоматизации.

Монтаж приборов и преобразователей предусматривается непосредственно на технологических трубопроводах или оборудовании, либо с помощью закладных конструкций, предусмотренных в проекте. Применение импульсных линий проектом не предусматривается. Все монтажные материалы, используемые в проекте, серийно выпускаются отечественной промышленностью, либо изготавливаются монтажными организациями по типовым чертежам, действующим в ассоциации «Монтажавтоматика».

В ходе проектирования функциональной схемы, поочередно были решены поставленные задачи, приведенные выше:

- а) анализ аналогов функциональных схем;
- б) анализ системы контроля и управления на объекте автоматизации;
- в) анализ и выбор структуры измерительных каналов;
- г) анализ ТСА, для обработки информации;
- д) расстановка ТСА на технологическом оборудовании, на щите автоматизации.

Функциональная схема автоматизации технологической площадки №1, разработанная в ВКР, представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.015 С2.

Функциональная схема разрабатывалась на основе ГОСТ 21.408, 21.208, а так же источников информации [4,5].

Отбор давления производится из трубопровода от коллектора распределения газа от ГС-1/1,2. На функциональной схеме АСР выделены каналы: измерение, управление. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя избыточного давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра  $P_{\text{раб}}=0,71$  МПа и передается на канал управления. Канал управления представляет собой контур, реализующий автоматическое регулирование давления газа в сепараторе. С помощью пусковой аппаратуры автоматически производится управление электродвигателем. При достижении минимального значения давления  $P_{\text{min}}=0,25$  МПа на второй ступени сепарации после ГС-1/1,2, срабатывает предупредительная сигнализация и осуществляется открытие клапана Кг4.

Загазованность по пропану определяется по измерительному каналу газоанализатором с выходным сигналом 4...20 мА. По каналу управления сигнал подается на сигнализаторы. При достижении значения загазованности 10% от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), срабатывает предупредительная световая сигнализация. Если значение загазованности превышает 20% от НКПР, то срабатывает аварийная светозвуковая сигнализация.

### 3.1 Газосепараторы ГС-1/1,2

Отбор давления производится из газосепараторов ГС-1/1,2. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя избыточного давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра  $P_{\text{раб}}=0,71$  МПа и передается на канал

управления. По заданным уставкам ( $P_{откл1}=0,65$  МПа,  $P_{откл2}=0,75$  МПа) осуществляется регулирование клапана Кг3 до нужного рабочего значения давления  $P_{раб}=0,71$  МПа в аппарате. Если происходит отклонение давления ( $P_{min}=0,6$  МПа,  $P_{max}=0,82$  МПа) от рабочего значения, то срабатывает предупредительная сигнализация. Отбор перепада давления производится из сепаратора. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя разности давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра, при отклонении максимального значения  $P_{max}=0,02$  МПа, срабатывает предупредительная сигнализация.

Измерение уровня жидкости в аппарате производится по измерительному каналу при помощи байпасного индикатора уровня с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение уровня  $L_{раб}=100-900$  мм и передается на канал управления. Канал управления представляет собой контур, реализующий автоматическое регулирование уровня жидкости в сепараторе. С помощью пусковой аппаратуры автоматически производится управление электродвигателем. По заданным уставкам ( $L_{от.min}=170$  мм,  $L_{от.max}=830$  мм) производится регулирование клапанов Кж3(Кж4) до нужного рабочего значения уровня в аппарате. При достижении минимального значения уровня  $L_{от.min}$  закрытие клапанов Кж3 (Кж4); при достижении максимального значения уровня  $L_{от.max}$  открытие клапанов Кж3 (Кж4). Если происходит отклонение уровня ( $L_{пред.min}=150$  мм,  $L_{пред.max}=850$  мм) от рабочего значения, то срабатывает предупредительная сигнализация. Сигнализатор уровня с выходным сигналом «сухой контакт» по измерительному каналу производит измерение максимального и минимального значения уровня. При отклонении уровня ( $L_{авар.min}=100$  мм,  $L_{авар.max}=900$  мм) от рабочего значения, срабатывает аварийная сигнализация.

Измерение температуры осуществляется по каналу измерения при помощи преобразователя температуры с выходным сигналом 4...20 мА. При

отклонении от рабочего значения температуры  $T_{\text{раб}}=+10^{\circ}\text{C}...+30^{\circ}\text{C}$ , срабатывает предупредительная сигнализация при  $T_{\text{min}}<+8^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2 Нефтегазовые сепараторы НГС-1,2

Отбор давления производится из сепараторов НГС-1,2. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя избыточного давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра  $P_{\text{раб}}=0,71$  МПа и передается на канал управления. Канал управления представляет собой контур, реализующий автоматическое регулирование давления газа в сепараторе. С помощью пусковой аппаратуры автоматически производится управление электродвигателем. По заданным уставкам ( $P_{\text{откл1}}=0,65$  МПа,  $P_{\text{откл2}}=0,75$  МПа) осуществляется регулирование клапанов Кг1(Кг2) до нужного рабочего значения давления  $P_{\text{раб}}=0,71$  МПа в аппарате. Если происходит отклонение давления ( $P_{\text{min}}=0,6$  МПа,  $P_{\text{max}}=0,82$  МПа) от рабочего значения, то срабатывает предупредительная сигнализация. Отбор перепада давления производится из сепаратора. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя разности давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра, при отклонении максимального значения  $P_{\text{max}}=0,05$  МПа, срабатывает предупредительная сигнализация.

Измерение уровня жидкости в аппарате производится по измерительному каналу при помощи байпасного индикатора уровня с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение уровня  $L_{\text{раб}}<3000$  мм и передается на канал управления. Канал управления представляет собой контур, реализующий автоматическое регулирование уровня жидкости в сепараторе. С помощью пусковой аппаратуры автоматически производится управление электродвигателем. По заданным уставкам ( $L_{\text{от.min}}=1000$  мм,  $L_{\text{от.max}}=1500$  мм) производится регулирование клапанов Кж1 (Кж2) до нужного рабочего значения уровня в аппарате. При достижении

минимального значения уровня  $L_{от.мин}$  закрытие клапанов Кж1 (Кж2); при достижении максимального значения уровня  $L_{от.маx}$  открытие клапанов Кж1 (Кж2). Если происходит отклонение уровня ( $L_{пред.мин}=1200$  мм,  $L_{пред.маx}=1800$  мм) от рабочего значения, то срабатывает предупредительная сигнализация. Сигнализатор уровня с выходным сигналом «сухой контакт» по измерительному каналу производит измерение максимального и минимального значения уровня. При отклонении уровня ( $L_{авар.мин}=1000$  мм,  $L_{авар.маx}=2000$  мм) от рабочего значения, срабатывает аварийная сигнализация.

Измерение температуры осуществляется по каналу измерения при помощи преобразователя температуры с выходным сигналом 4...20 мА. При отклонении от рабочего значения температуры  $T_{раб}=+10^{\circ}C...+30^{\circ}C$ , срабатывает предупредительная сигнализация при  $T_{мин}<+8^{\circ}C$ .

### 3.3 Сепараторы входные ВС-1,2

Отбор давления производится из сепараторов ВС-1,2. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя избыточного давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра  $P_{раб}=0,71$  МПа и передается на канал управления. Когда происходит отклонение давления ( $P_{мин}=0,6$  МПа,  $P_{маx}=0,82$  МПа) от рабочего значения, то срабатывает предупредительная сигнализация. Отбор перепада давления производится из сепаратора. В измерительном канале при помощи измерительного преобразователя разности давления с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра, при отклонении максимального значения  $P_{маx}=0,05$  МПа, срабатывает предупредительная сигнализация.

Измерение температуры осуществляется по каналу измерения при помощи преобразователя температуры с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение технологического параметра  $T_{раб}=+10^{\circ}C...+30^{\circ}C$ .

Измерение уровня жидкости в аппарате производится по измерительному каналу при помощи байпасного индикатора уровня с выходным сигналом 4...20 мА, фиксируется значение уровня  $L_{\text{раб}} < 3000$  мм. Сигнализатор уровня с выходным сигналом типа «сухой контакт» по измерительному каналу производит измерение максимального значения уровня. При отклонении уровня ( $L_{\text{авар.мак}} = 1500$  мм) от рабочего значения, срабатывает аварийная сигнализация. Далее по каналу управления производится автоматическое закрытие задвижек 3э (8э).

#### 4 Описание комплекса технических средств

Функционирование комплекса заключается в непосредственном контроле входных сигналов, полученных от первичных преобразователей, и принятия решения об управлении параметрами технологического процесса. Процесс контроля состоит в определении текущих величин входных параметров. Выполняемые комплексом функции по своей структуре могут быть разбиты на функции технологического уровня и функции уровня диспетчеризации [5]. На технологическом уровне, выполняемые функции делятся на информационные, регистрирующие, диагностические, управляющие и функции «стратегического выживания».

Проектируемая система АСУ ТП строится по трёхуровневому иерархическому принципу.

К нулевому уровню АСУ ТП относятся:

- а) местные показывающие приборы;
- б) первичные средства измерения и датчики технологических параметров;
- в) исполнительные механизмы;
- г) аппаратура местного управления.

В связи с распоряжением Компании (письмо от 24.04.2015 №СЗ-АШ-38164 «Об исключении ситуаций наличия в технических требованиях и закупочной документации упоминаний конкретных производителей оборудования») [6] решено обезличивать КИП, указываются только технические требования для каждого прибора.

При подборе приборов использовались следующие источники информации [7-24].

Контроль параметров предусмотрен с использованием следующих технических средств :

- а) местный контроль температуры – манометрический термометр – диапазон температур среды: -20...60 °С; диапазон измерений: -10...50 °С;

класс точности: 1,5; тип присоединения: резьба наружная М20х1,5; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: IP66;

б) дистанционный контроль температуры – преобразователь температуры – диапазон температур среды: -50...80 °С; основная приведенная погрешность:  $\pm 0,25\%$ ; тип присоединения: резьба наружная М20х1,5; тип выходного сигнала: аналоговый 4...20 мА; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65;

в) местный контроль избыточного давления – манометр с трубчатой пружиной – диапазон измерений: 0...1,6 МПа; класс точности: 1,0; тип присоединения: резьба наружная М20х1,5; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65; температура эксплуатации от -60...60 °С;

г) дистанционный контроль избыточного давления – датчик избыточного давления – диапазон измерений: 0...1 МПа; температура эксплуатации от -55...85 °С; основная приведенная погрешность:  $\pm 0,075\%$ ; тип присоединения: резьба наружная М20х1,5; тип выходного сигнала: аналоговый 4...20 мА + HART-протокол; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65;

д) дистанционный контроль дифференциального давления – датчик разности давлений – диапазон измерений: 0...0,063 МПа; температура эксплуатации от -55...85 °С; основная приведенная погрешность:  $\pm 0,075\%$ ; тип присоединения: импульсные линии; тип выходного сигнала: аналоговый 4...20 мА + HART-протокол; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65;

е) местный контроль уровня жидкости в резервуарах – манометр с трубчатой пружиной – класс точности: 1,0; тип присоединения: резьба наружная М20х1,5; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65;

ж) дистанционный контроль уровня – уровнемер многофункциональный в составе:

1) датчик уровня ультразвуковой – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения уровня: не более  $\pm 5$  мм; тип присоединения: монтаж на втулку; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65;

2) вторичный блок – пределы допускаемой абсолютной погрешности цифроаналогового преобразования токового выхода:  $\pm 20$  мкА; тип выходного сигнала: аналоговый 4...20 мА и/или «сухой контакт» и/или интерфейс RS-485 (протокол Modbus RTU); тип присоединения: монтаж на DIN-рейку; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP20;

и) дистанционная сигнализация уровня – сигнализатор уровня в составе:

1) датчик положения уровня – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности контроля уровня: не более  $\pm 5$  мм; тип присоединения: монтаж на втулку; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP65;

2) вторичный преобразователь сигнализатора – тип выходного сигнала: «сухой контакт»; тип присоединения: монтаж на DIN-рейку; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: не ниже IP20;

к) контроль загазованности – газоанализатор – диапазон измерений 0...100% НКПР; температура эксплуатации от -60...85 °С; пределы допускаемой основной погрешности:  $\pm 5\%$  НКПР (в диапазоне 0...50% НКПР); тип выходного сигнала: токовый 4...20 мА + HART-протокол; RS-485 (ModBus RTU / ProfiBus DP); 2 сигнала типа «с/к» при превышении 2-х

программируемых реле; 1 сигнал типа «с/к» при неисправности газоанализатора; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь; степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: IP66;

л) местное световое оповещение – сигнализатор световой – степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: IP67; маркировка взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка;

м) местное светозвуковое оповещение – сигнализатор светозвуковой – степень защиты от пыли и влаги по ГОСТ 14254-96: IP67; маркировка взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка.

Все приборы и датчики, устанавливаемые на открытых технологических площадках, применены в исполнении для работы при температуре окружающего воздуха от минус 55 0С или устанавливаются в утепляющие чехлы с взрывозащищенным обогревателем.

Приборы, использованные в схеме, могут устанавливаться по месту или дистанционно. С помощью приборов с дистанционной передачей сигнала оператор может анализировать текущие значения технологических параметров всего объекта (давление в технологической линии, уровень в аппаратах объекта, состояние запорной арматуры с пневмо- или электроприводом и т.д.) и при необходимости с АРМа управлять всем технологическим процессом (пуск насосов, открытие задвижек и т.д.).

Технические средства измерения имеют сертификаты утверждения типа средств измерений и сертификаты соответствия.

Средства измерений во взрывозащищенном исполнении имеют сертификаты соответствия требованиям государственных стандартов РФ, разрешения на применение во взрывоопасных зонах.

Средства измерений сопровождаются технической и эксплуатационной документацией, документацией по техническому обслуживанию на русском языке и необходимыми услугами по технической поддержке, оказываемыми предприятиями, действующими на территории России.

## 5 Режим функционирования и диагностики

Аппаратно-программные средства АСУ ТП обеспечивают их работоспособность в непрерывном круглосуточном режиме. Управление технологическим оборудованием осуществляется в автоматическом режиме, в режиме дистанционного по командам оператора. Управление и контроль технологических параметров предусматривается из операторной УПН Ново-Часельского месторождения.

Для обеспечения непрерывного режима работы необходима разработка комплекса организационных мероприятий и создание службы, выполняющей ТО средств автоматизации и обеспечивающей их круглосуточную работу.

Техническое обслуживание аппаратно-программных средств представляет собой комплекс мероприятий по поддержанию нормального режима функционирования АСУ ТП в соответствии с требованиями, указанными в нормативно-технической и паспортной документации.

Сроки технического обслуживания должны быть согласованы с графиком ТО основного технологического оборудования.

Периодичность проведения технического обслуживания регламентируется документом, разработанным на предприятии и утверждённым ответственным за эксплуатацию лицом.

Диагностика включает в себя проверку работоспособности датчиков и исполнительных механизмов. Самодиагностика аппаратных средств осуществляется непрерывно в процессе работы АСУ ТП и включает в себя:

- а) проверку процессорных модулей контроллера;
- б) проверку модулей ввода/вывода контроллера;
- в) проверку работоспособности информационных сетей.

Проверка процессорных модулей обеспечивается контролем событий (состояний), характеризующих работу процессора.

Проверка модулей ввода/вывода обеспечивается постоянным контролем работоспособности включённых в конфигурацию модулей.

## 6 Монтаж приборов

Монтаж приборов и преобразователей предусматривается непосредственно на технологических трубопроводах или оборудовании с помощью закладных конструкций и отборных устройств. Для возможности монтажа датчика давления, без остановки технологического процесса, конструкцией отборного устройства предусмотрен вентиль, а для монтажа датчика температуры, установленного на трубопроводе – защитная гильза.

Дополнительных мероприятий по обогреву закладных конструкций не требуется и проектной документацией не предусмотрено, так как трубопроводы, на которых устанавливаются закладные конструкции (отборные устройства) имеют теплоизоляцию. Закладные конструкции полностью погружены под изоляцию трубопровода. Источником тепла под изоляцией трубопроводов воды служит электрообогрев трубопроводов.

Значение температуры воздуха в блоках не ниже  $5^{\circ}\text{C}$ , в связи с чем дополнительных мероприятий по обогреву средств автоматизации проектом не предусматривается.

На открытых площадках преобразователь температуры, уровнемер многофункциональный, сигнализатор уровня, КИП системы коммерческого учета нефтепродуктов устанавливаются в утепляющие чехлы с взрывозащищенным обогревателем; расходомер вихревой устанавливается в обогреваемом термошкафу. Все остальные приборы и датчики, устанавливаемые на открытых технологических площадках, применены в исполнении для работы при температуре окружающего воздуха от минус  $55^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$ .

На открытых площадках датчики загазованности устанавливаются на высоте 0,5 – 1,0 метра от поверхности земли, по периметру площадки на расстоянии не более 20 метров друг от друга, но не менее трех датчиков. Световые и звуковые оповещатели загазованности устанавливаются на опорах эстакад на высоте 2,3 м в местах наибольшего обзора.

В помещении насосной нефти и воды датчики загазованности устанавливаются у каждого перекачивающего агрегата в местах наиболее вероятных источников выделения взрывоопасных газов и паров, но не далее 3 м от источника, а также с учетом плотности выделяемых газов и паров не более 0,5 м над полом (в помещении насосной нефти – относительная плотность паров нефтяного газа по воздуху более 1,5). Световые и звуковые оповещатели загазованности устанавливаются у входа снаружи и внутри помещения насосной.

## 7 Разработка структурной схемы

Структурная схема – схема, предназначенная для отображения общей архитектуры устройства, т.е. изображаются основные блоки, узлы, связи между блоками [4,5].

Структура управления объектами автоматизации включает в себя части автоматической системы, которые могут быть разделены по характерному признаку, а также по различным путям передачи воздействий между данными частями. Выбранная структура управления оказывает значительное влияние на степень эффективности работы объекта автоматизации, уменьшение относительной стоимости системы управления, её общей надёжности и ремонтпригодности.

В качестве объекта управления рассмотрим газовые сепараторы ГС-1/1,2.

Структурная схема представлена на рисунке 3.

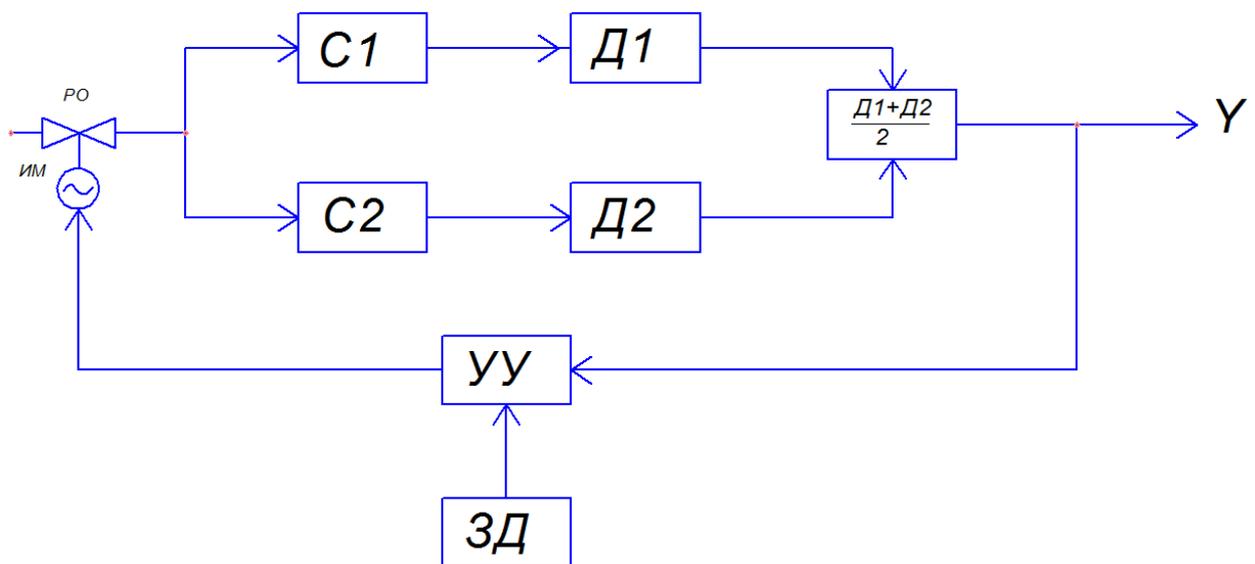


Рисунок 3 – Структурная схема:

ЗД – задатчик; УУ – устройство управления; ИМ – исполнительный механизм; РО – регулирующий орган; С1,2 – газосепараторы ГС-1/1,2; Д1,2 – датчики давления в

аппаратах ГС-1/1,2;  $\frac{Д1+Д2}{2}$  – устройство для нахождения среднего арифметического значения двух сигналов; У – выходной сигнал.

Датчики избыточного давления, снимающие показания с газовых сепараторов ГС-1/1,2, подают сигнал на суммирующее устройство, где усредненный сигнал поступает на УУ и сравнивается с сигналом ЗД ( $P_{раб}=0,71$  МПа). Если сигнал больше или меньше заданного значения, сигнал воздействует на ИМ, который в свою очередь воздействует на клапан, открывая или закрывая его.

## 8 Идентификация объекта управления, газосепаратора ГС-1/1,2

Расчет оптимальных значений параметров регулирующего устройства (РУ), требуется для обеспечения устойчивой работы САУ с приемлемыми показателями общего качества управления. Для этого, первоочередно, нужно определять статические и динамические параметры объекта управления. Идентификация проведена с использованием источника [25].

### 8.1 Типовые модели объектов управления

Обобщенно, объект управления представляется как звено, располагающее выходной координатой  $y(t)$ , являющейся управляемой переменной, и входную переменную  $x(t)$ , создающую управляющее воздействие. Матмоделью объекта, в данном случае является выражение, которое определяет зависимость между двумя этими переменными:

$$y(t) = F(x(t)), \quad (1)$$

модель объекта также можно представить в виде:

$$W_0(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}, \quad (2)$$

где  $P$  – оператор Лапласа;

$X(s), Y(s)$  – соответственно изображения входной и выходной переменных в операторной форме.

Дифференциальные уравнения, которые могут описывать объекты управления с самовыравниванием, имеют вид:

а) для объекта первого порядка с запаздыванием:

$$T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K_0 x(t - \tau_0), \quad (3)$$

где  $T_0$  – постоянная времени, с;

$\tau_0$  – запаздывание объекта, с;

$K_0$  – коэффициент передачи.

б) для объекта второго порядка, где постоянные времени разные:

$$T_{01} \cdot T_{02} \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + (T_{01} + T_{02}) \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K_0 x(t - \tau_0), \quad (4)$$

где  $T_{01}, T_{02}$  – постоянные времени, с.

в) для объекта второго порядка, где постоянные времени одинаковые:

$$T_0^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_0 x(t - \tau_0). \quad (5)$$

Соответственно передаточные функции для этих дифференциальных уравнений будут иметь вид:

$$W_0(P) = \frac{K_0 e^{-\tau_0 P}}{T_0 P + 1}, \quad (6)$$

$$W_0(P) = \frac{K_0 e^{-\tau_0 P}}{(T_{01} P + 1)(T_{02} P + 1)}, \quad (7)$$

$$W_0(P) = \frac{K_0 e^{-\tau_0 P}}{(T_0 P + 1)^2}. \quad (8)$$

Т.к. объекты в интервале отклонений выходных и входных переменных от их программных значений рассматриваются как линейные, то их статические характеристики задаются коэффициентами передачи  $K_0$ , а параметры динамических характеристик объектов являются значения постоянных времени  $T_{01}, T_{02}, T_{03}$  и времени запаздывания  $\tau_0$ . Если нет запаздывания в выражениях (3)-(8), тогда  $\tau_0 = 0$ .

## 8.2 Определение характеристик объекта управления

Одним из распространенных и эффективных способов нахождения статических и динамических характеристик объекта управления является изучение реакции ОУ на скачкообразное изменение входной переменной.

Обычно, уравнением высокого порядка описывают реальный ОУ, при доминирующей постоянных времени (1 или 2). Благодаря чему, кривую

переходного процесса можно аппроксимировать уравнениями первого или второго порядков с запаздыванием и найти его коэффициенты.

Алгоритм нахождения параметров динамических характеристик ОУ по эмпирическим переходным функциям:

а) необходимо задать скачок управляющего воздействия на входе ОУ со связыванием начального  $x(t_0)$  и конечного  $x(\infty)$  значений. В момент, когда подается скачок, ОУ находится в стационарном состоянии. Подбор величины скачка производится эмпирически с учетом того, чтобы величина выходной переменной была в интервале (80-90) % от шкалы регистрирующего прибора, и не отклонялась от его предела измерения;

б) регистрируем реакцию объекта  $y(t)$  на скачок:

$$\Delta x = x(\infty) - x(t_0). \quad (9)$$

Фиксируем момент задания скачка  $\Delta x$  на диаграммной ленте самопишущего прибора. Регистрация переходного процесса осуществляется путем получения графика на диаграммной ленте прибора с определенной скоростью подачи ленты. При получении графика, его размер должен соответствовать заданной погрешности (2-3)% измерений отрезков. Стандартно, график переходного процесса, до достижения установившегося режима, составляет 300-500 мм. Полученный график, рисунок 4, выполнен в программе Matlab и представляет собой математическую модель объекта регулирования, которая описывается апериодическим звеном 1-го порядка с запаздыванием. На рисунке 5 представлен график входного ступенчатого воздействия, где начальное положение РО  $H_0 = 60\%$ ; конечное положение –  $H_{\max} = 64\%$ .

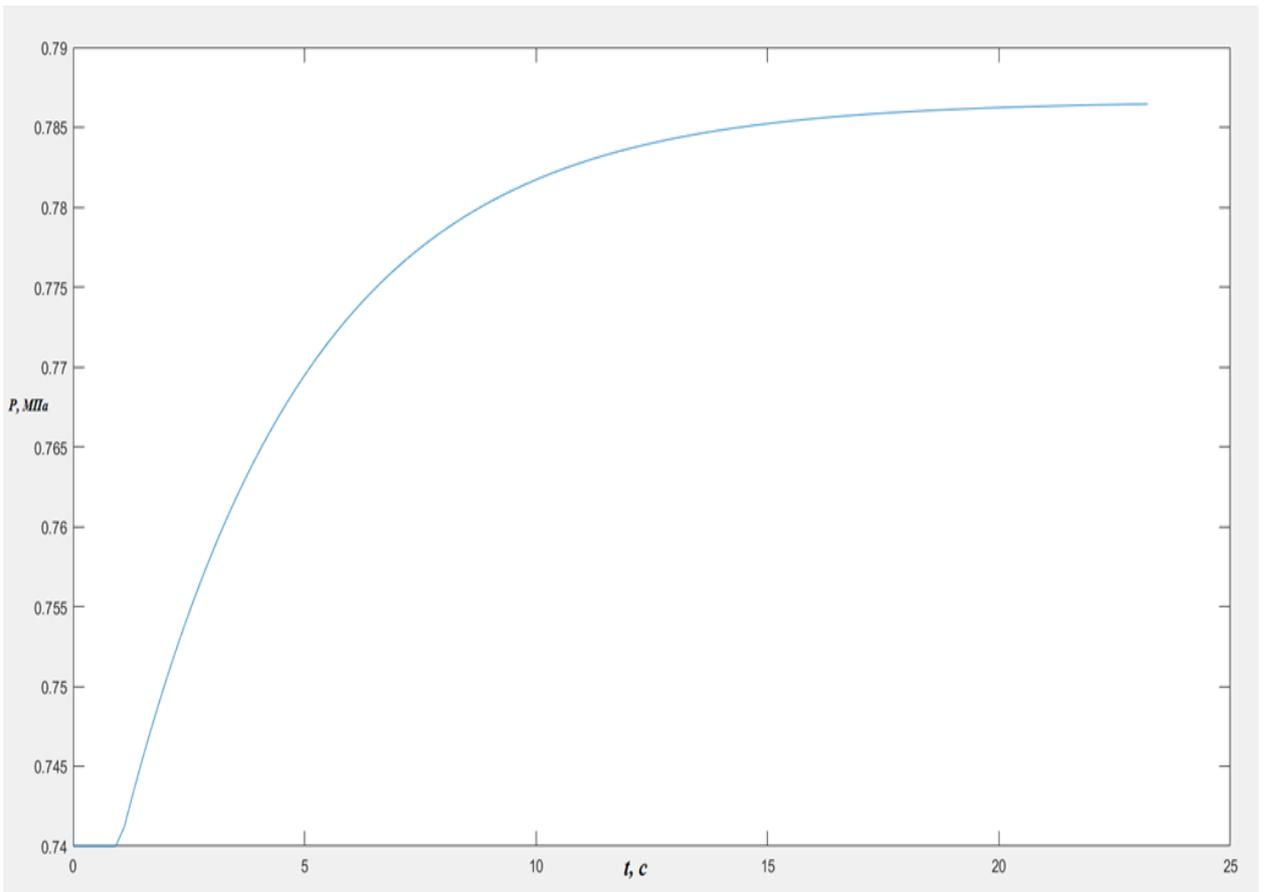


Рисунок 4 – График переходной характеристики

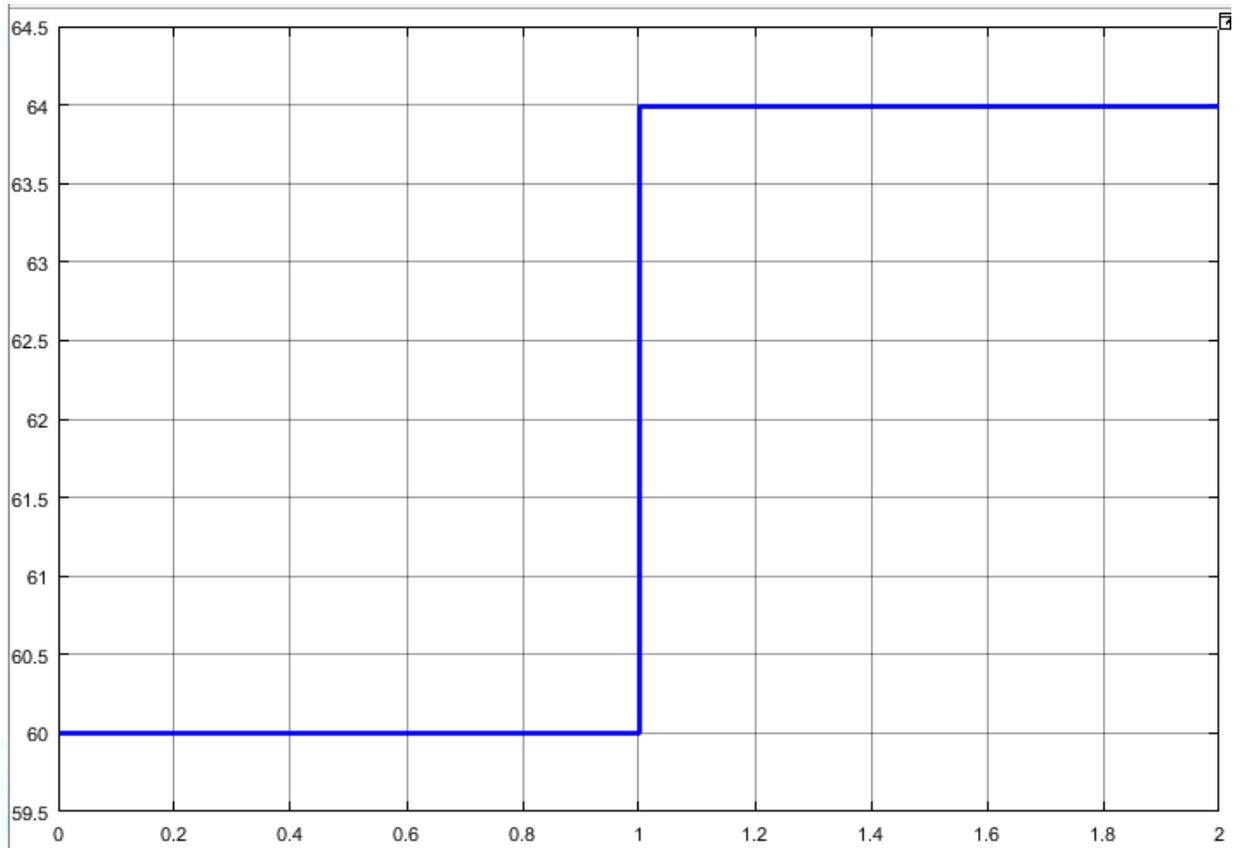


Рисунок 5 – Скачок входного воздействия

в) определим коэффициент передачи ОУ по величинам входной и выходной переменных в установившемся режиме:

$$K_0 = \frac{y(\infty) - y(t_0)}{x(\infty) - x(t_0)} = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (10)$$

где  $\Delta y = \frac{0,787 - 0,74}{0,74} \cdot 100\% = 6,35\%$ ;

$$\Delta x = 64\% - 60\% = 4\%.$$

Тогда, подставляя значения в формулу (10), получим:

$$K_0 = \frac{6,35\%}{4\%} = 1,5875;$$

г) находим по графику 4 время  $t_7$ , при котором

$$y(t) = y_7 = 0,7K_0 \cdot \Delta x + y(t_0) = 0,7 \cdot \Delta y + y(t_0) = 0,7 \cdot 0,047 + 0,74 = 0,7729. \quad (11)$$

Далее определим:

$$\Theta_7 = t_7 - \tau = 5,895 - 0,921 = 4,974, \quad (12)$$

где  $\tau = 0,921$  – найденное значение «чистого» запаздывания по графику 4;

д) в момент времени  $t_2$ :

$$t_2 = \tau + \frac{\Theta_7}{3} = 0,921 + \frac{4,974}{3} = 2,579, \quad (13)$$

находим по графику 4  $y(t) = y_2 = 0,7552$ ;

е) далее находим значение  $\bar{y}_2$ :

$$\bar{y}_2 = \frac{y_2 - y(0)}{\Delta y} = \frac{0,7552 - 0,74}{0,047} = 0,323, \quad (14)$$

ж) т.к.  $\bar{y}_2 > 0,33$ , следовательно объект управления необходимо аппроксимировать с помощью уравнения первого порядка:

$$y(t) = y(t_0) + K_0 \cdot \Delta x (1 - e^{-\frac{(t-\tau_0)}{T_0}}), \quad t \geq \tau_0, \quad t_0 = 0, \quad (15)$$

и) для того, чтобы определить динамические характеристики, необходимо найти значение времени  $t_3$ , при котором:

$$y(t) = y_3 = 0,33 \cdot \Delta y + y(t_0) = 0,33 \cdot 0,047 + 0,74 = 0,75551. \quad (16)$$

С помощью интерполяции находим время  $t_3$ :

$$t_3 = 2,579 + \frac{0,75551 - 0,7552}{0,7566 - 0,7552} \cdot \frac{2,763 - 2,579}{1} = 2,6197. \quad (17)$$

Определим значение  $\Theta_3$ :

$$\Theta_3 = t_3 - \tau = 2,6197 - 0,921 = 1,6987, \quad (18)$$

Все найденные точки приведены на рисунке 6 ниже.

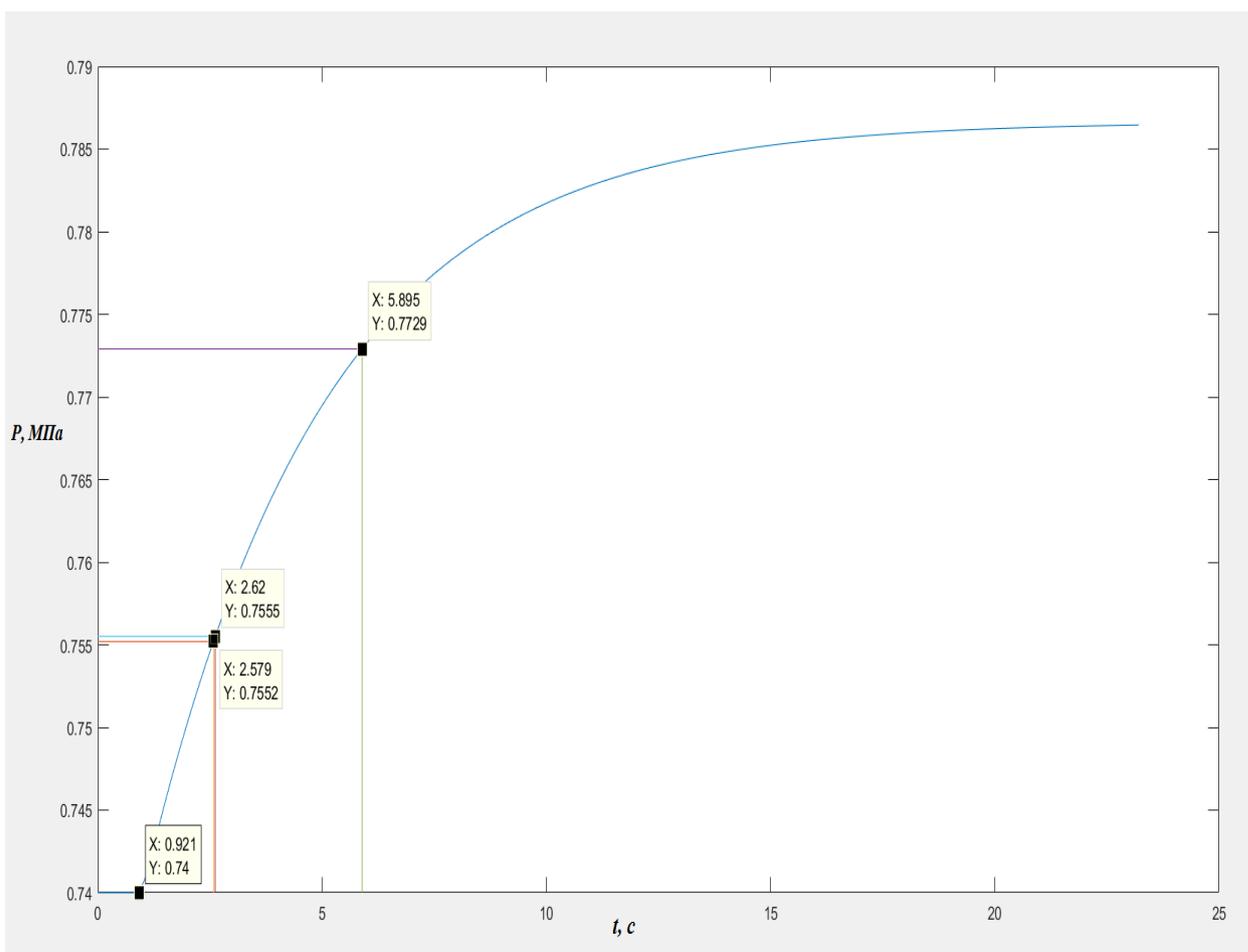


Рисунок 6 – Найденные координаты графика: время  $t$  и значение выходной переменной  $y$

к) определяем динамические характеристики объекта управления:

1) время запаздывания:

$$\tau_0 = \tau + 0,5(3\Theta_3 - \Theta_7) = 0,921 + 0,5(3 \cdot 1,6987 - 4,974) = 0,98205, \quad (19)$$

2) постоянная времени:

$$T_0 = 1,25(\Theta_7 - \Theta_3) = 1,25(4,974 - 1,6987) = 4,094. \quad (20)$$

Таким образом, найдены все необходимые характеристики ОУ:  
 $K_0, \tau_0, T_0$ .

## 9 Выбор исполнительного механизма

Исполнительные механизмы (ИМ) являются приводной частью регулирующего органа и предназначены для его перемещения. Принципом работы исполнительных механизмов является преобразование электрической энергии во вращательное движение выходного вала в соответствии с командами, которые поступают от автоматических устройств регулировки и управления, а также с помощью команд со щитов управления [26].

При автоматизации объектов нефтегазовой отрасли преимущественно используются электрические ИМ. В общем случае электрический ИМ включает электропривод (электрический двигатель и мультипликатор), блок сигнализации положения и штурвал. Блок сигнализации имеет в своем составе блок концевых выключателей и датчик положения ИМ. Концевые выключатели дают возможность отключать электрический двигатель при достижении предельных положений выходного вала ИМ. В зависимости от предназначения ИМ укомплектовываются различными датчиками положения: индуктивным, реостатным, токовым.

Обычно используют ИМ с сервоприводом постоянной скорости – это такой исполнительный механизм, у которого поршень сервопривода или выходной вал перемещается с постоянной скоростью независимо от значения управляющего сигнала [26].

Передаточная функция такого ИМ будет выглядеть следующим образом, формула (21):

$$W_{им}(P) = \frac{1}{T_{им} \cdot P}, \quad (21)$$

где  $T_{им}$  – время, необходимое для перемещения РО из одного крайнего положения в другое.

При выборе исполнительного механизма, использовался источник информации [27].

Выбор типа ИМ (однооборотный – МЭО, однооборотный фланцевый – МЭОФ, прямоходный постоянной скорости – МЭП) определяется типом трубопроводной арматуры. В данной работе будем использовать МЭОФ – встраивается непосредственно на трубопроводную арматуру и соединяется с валом регулирующего органа с помощью соединительной тяги.

Расчет максимального значения крутящего момента:

- а) внутренний диаметр трубопровода 300 мм;
- б) максимальный крутящий момент  $M_{\max}$  МЭОФ, Н·м:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338, \quad (22)$$

$$M_{\max} = 6,89 \cdot 300 - 338 = 1729 \text{ Н·м.}$$

При выборе ИМ должно выполняться условие  $M_H > M_{\max}$ , поэтому выбираем механизм электроисполнительный однооборотный фланцевый с номинальным значением момента на выходном валу равному 2500 Н·м, номинальное время полного хода выходного вала 63 с, номинальный полный ход выходного вала 0,25 оборота, в составе с токовым блоком сигнализации положения выходного вала.

Тогда передаточная функция ИМ примет вид:

$$W_{им}(P) = \frac{1}{63 \cdot P}.$$

## 10 Расчет и построение заданного запаса устойчивости системы автоматизации

Рассмотрим корневой метод параметрического синтеза систем автоматического регулирования, основанный на понятии расширенных амплитудно-фазовых частотных характеристик (РАФЧХ) [28].

Для того, чтобы построить границу заданного запаса устойчивости с ПИ-регулятором, необходимо произвести расчет.

Исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные

Коэффициент передачи объекта	$K_o$	1,5875
Постоянная времени объекта, с	$T_o$	4,094
Запаздывание объекта, с	$\tau_o$	0,98
Постоянная времени ИМ, с	$T_{им}$	63
Требуемая степень затухания переходного процесса	$\psi$	0,9
Заданный интегральный критерий качества работы системы	$I$	$I_2$

Для начала определим значение степени колебательности  $m$  системы по формуле (23):

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{\ln(1 - 0,9)}{2 \cdot 3,14} = 0,367, \quad (23)$$

где  $\psi$  – степень затухания переходного процесса в системе регулирования.

Передаточная функция системы будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{K_o \cdot e^{-\tau_o \cdot P}}{(T_o \cdot P + 1) \cdot T_{им} \cdot P}. \quad (24)$$

Подставим исходные данные из таблицы 4 в выражение (24):

$$W(P) = \frac{1,5875 \cdot e^{-0,98 \cdot P}}{(4,094 \cdot P + 1) \cdot 63 \cdot P}.$$

Для нахождения расширенных частотных характеристик объекта регулирования какого-либо звена используют подстановку в передаточную

функцию этого звена  $W(p)$  оператор  $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$  или  $p = -\eta + i \cdot \omega$ , в выражении для оператора Лапласа  $\omega$  – частота,  $c^{-1}$ . Для первого случая формулы для расчета метода обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы  $m$ , для второго – получение границы заданной степени устойчивости системы  $\eta$  в пространстве параметров настройки регулятора.

Подставив замену оператора  $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ , в результате получим выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W(m, i \cdot \omega) = \frac{1,5875 \cdot e^{-0,98(-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}}{(4,094 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1) \cdot 63 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}.$$

Используя математический пакет MATHCAD, предварительно задав начальное значение частоты  $\omega = 0,01 c^{-1}$  и шаг по частоте  $\Delta\omega = 0,01 c^{-1}$ , рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до  $\omega = 10 c^{-1}$ .

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$Re_{o\sigma}(m, \omega) = Re(W(m, i\omega)). \quad (25)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$Im_{o\sigma}(m, \omega) = Im(W(m, i\omega)). \quad (26)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ)

$$A_{o\sigma}(m, \omega) = \sqrt{Re_{o\sigma}^2(m, \omega) + Im_{o\sigma}^2(m, \omega)}. \quad (27)$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o\sigma}(m, \omega) = \arctan\left(\frac{Im_{o\sigma}(m, \omega)}{Re_{o\sigma}(m, \omega)}\right). \quad (28)$$

Результаты расчётов сведём в таблицу 5, приведенную ниже.

Таблица 5 – Рассчитанные значения расширенных частотных характеристик объекта регулирования

частота $\omega$ , $\text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{\text{об}}(m, \omega)$	$\text{Im}_{\text{об}}(m, \omega)$	$A_{\text{об}}(m, \omega)$	$\varphi_{\text{об}}(m, \omega)$ , рад
0,01	-0.94463	-2.215	2.408	1.168
0,05	-0.29487	-0.414	0.509	0.952
0,09	-0.21559	-0.192	0.289	0.728
0,13	-0.17275	-0.096	0.198	0.507
0,17	-0.13862	-0.043	0.145	0.301
0,21	-0.10982	-0.013	0.111	0.115
0,25	-0.08625	4.227e-3	0.086	-0.049
0,29	-0.06761	0.013	0.069	-0.192
0,33	-0.05317	0.017	0.056	-0.318
0,37	-0.04207	0.019	0.046	-0.429
0,41	-0.03353	0.02	0.039	-0.529
0,45	-0.02692	0.019	0.033	-0.619
0,49	-0.02174	0.018	0.028	-0.701
0,53	-0.01766	0.017	0.025	-0.778
0,57	-0.0144	0.016	0.022	-0.849
0,61	-0.01177	0.015	0.019	-0.916
0,65	-0.00962	0.014	0.017	-0.98
0,69	-0.00786	0.013	0.016	-1.041
0,73	-0.0064	0.013	0.014	-1.1
0,77	-0.00517	0.012	0.013	-1.156
0,81	-0.00414	0.011	0.012	-1.211
0,85	-0.00327	0.01	0.011	-1.264
0,89	-0.00252	9.682e-3	0.01	-1.316
0,93	-0.00188	9.092e-3	9.284e-3	-1.367
0,97	-0.00132	8.546e-3	8.648e-3	-1.417
1	-0.00085	8.038e-3	8.082e-3	-1.466

Расчётные формулы корневого метода для ПИ - регулятора имеют следующий вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)}, \quad (29)$$

$$K_p = -\frac{m \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega) + \text{Re}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)}, \quad (30)$$

где  $K_p$  - коэффициент передачи ПИ- регулятора;

$T_u$  - постоянная интегрирования ПИ- регулятора.

Используя MathCad, зададим диапазон изменения частоты  $\omega = 0,001 \div 10 \text{c}^{-1}$  с шагом  $\Delta\omega = 0,01 \text{c}^{-1}$ , определим настройки регулятора  $\frac{K_p}{T_u}$  и  $K_p$  в заданном диапазоне частот. Результаты расчётов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчёта настройки ПИ- регулятора в заданном диапазоне частот

$\omega, \text{c}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	$K_p$
0,001	4.48624e-5	0.029
0,01	0.00433	0.303
0,019	0.01509	0.595
0,028	0.03155	0.905
0,037	0.05293	1.231
0,046	0.07845	1.572
0,055	0.10727	1.928
0,064	0.13859	2.297
0,073	0.17155	2.678
0,082	0.20531	3.072
0,091	0.239	3.475
0,1	0.27175	3.889

Продолжение таблицы 6

0,109	0.30266	4.311
0,118	0.33083	4.741
0,127	0.35538	5.178
0,136	0.37537	5.62
0,145	0.38989	6.068
0,154	0.39802	6.52
0,163	0.39881	6.974
0,172	0.39133	7.432
0,181	0.37465	7.89
0,19	0.3478	8.349
0,199	0.30985	8.808
0,208	0.25985	9.265
0,217	0.19684	9.721
0,226	0.11988	10.173
0,235	0.02801	10.622
0,244	-0.07972	11.066

По данным таблицы 6 построим график зависимости  $\frac{K_p}{T_u} = f(K_p)$ , т.е.

укажем границу заданного запаса устойчивости системы регулирования на рисунке 7.

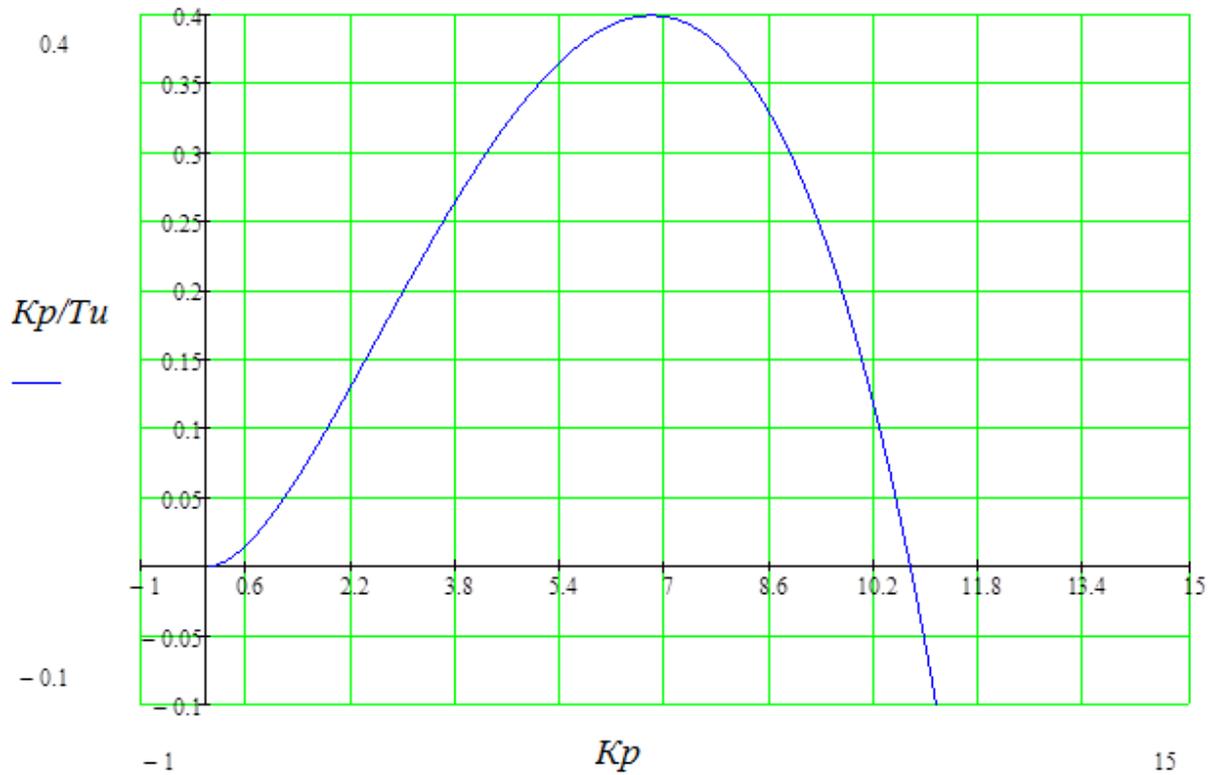


Рисунок 7 – Расчет настройки ПИ- регулятора

Значения  $\frac{K_p}{T_u}$  и  $K_p$ , лежащие внутри области, ограниченной данной кривой и осями координат, обеспечат процесс регулирования со степенью затухания больше заданного ( $\Psi_1 > \Psi_{\text{зад}}$ ), а лежащие вне этой области – со степенью затухания меньше заданной ( $\Psi_1 < \Psi_{\text{зад}}$ ).

## 11 Определение оптимальных параметров настройки ПИ- регулятора

Поиск параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования, представленной на рисунке 7.

На графике 7 точка, соответствующая минимуму второго интегрального критерия,  $0,95 \cdot \max\left(\frac{K_p}{T_u}\right)$  в сторону большего значения частоты («правее максимума»), определит параметры настройки ПИ-регулятора.

Используя значения таблицы 6 и графика 7, получаем:

$$0,95 \cdot \max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,95 \cdot 0,39881 = 0,37887,$$

$$K_p = 7,7958,$$

$$T_u = 20,5 \text{ с.}$$

Резонансная частота замкнутой системы  $\omega_p = 0,163 \text{ с}^{-1}$ .

## 12 Расчёт, построение и оценка качества переходного процесса по каналу регулирующего воздействия S-Y

Для исследования автоматической системы регулирования необходимо построить структурную схему, данная схема приведена на рисунке 8.

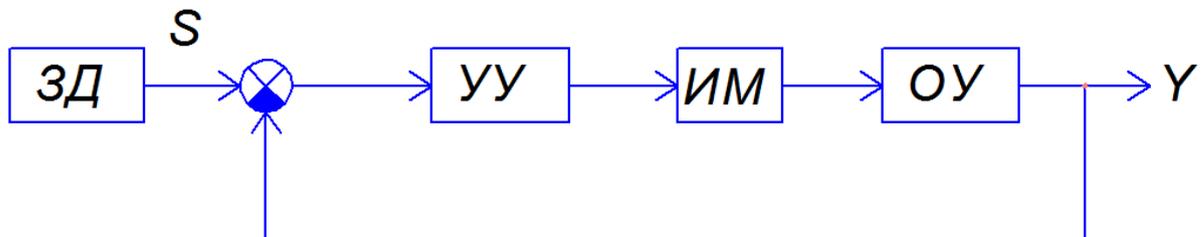


Рисунок 8 – Структурная схема одноконтурной системы регулирования: ЗД – задатчик; УУ – устройство управления; ИМ – исполнительный механизм; ОУ – объект управления; S – сигнал задания; Y – выходной сигнал.

Подставив передаточные функции в структурную схему, изображенную на рисунке 8, получим для нашего случая схему одноконтурной системы регулирования, рисунок 9.

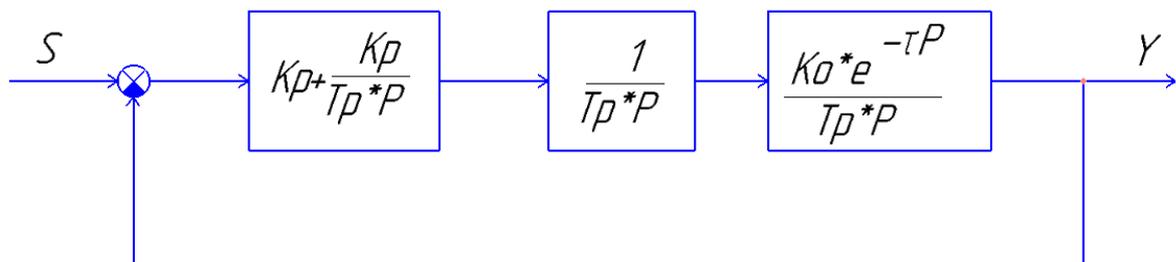


Рисунок 9 – Одноконтурная система регулирования

Для одноконтурной системы регулирования, приведенной выше на рисунке 9, запишем общую передаточную функцию замкнутой АСР по каналу S – Y, формула (31):

$$W_{S-Y}(P) = \frac{\left(K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P}\right) \cdot \frac{1}{T_{им} \cdot P} \cdot \frac{K_o \cdot e^{-\tau_0 \cdot P}}{T_o \cdot P + 1}}{1 + \left(K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P}\right) \cdot \frac{1}{T_{им} \cdot P} \cdot \frac{K_o \cdot e^{-\tau_0 \cdot P}}{T_o \cdot P + 1}}, \quad (31)$$

где  $W_p(P) = K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P}$  – передаточная функция ПИ- регулятора.

Преобразуем формулу (31), получим, окончательную формулу (32):

$$W_{S-Y}(P) = \frac{(K_p \cdot T_u \cdot P + K_p) \cdot K_o \cdot e^{-\tau_o \cdot P}}{T_u \cdot P \cdot T_{um} \cdot P \cdot (T_o \cdot P + 1) + (K_p \cdot T_u \cdot P + K_p) \cdot K_o \cdot e^{-\tau_o \cdot P}} \quad (32)$$

Получим выражение (33) для АФЧХ замкнутой системы путём замены оператора  $p$  в формуле (32) на  $p = i \cdot \omega$ , в результате получаем:

$$W_{S-Y}(i\omega) = \frac{(K_p \cdot T_u \cdot i\omega + K_p) \cdot K_o \cdot e^{-\tau_o \cdot i\omega}}{T_u \cdot i\omega \cdot T_{um} \cdot i\omega \cdot (T_o \cdot i\omega + 1) + (K_p \cdot T_u \cdot i\omega + K_p) \cdot K_o \cdot e^{-\tau_o \cdot i\omega}} \quad (33)$$

Подставим исходные данные в формулу (33), получим:

$$W_{S-Y}(i\omega) = \frac{(7,7958 \cdot 20,5 \cdot i\omega + 7,7958) \cdot 1,5875 \cdot e^{-0,98 \cdot i\omega}}{20,5 \cdot i\omega \cdot 63 \cdot i\omega \cdot (4,094 \cdot i\omega + 1) + (7,7958 \cdot 20,5 \cdot i\omega + 7,7958) \cdot 1,5875 \cdot e^{-0,98 \cdot i\omega}}$$

В программе Matlab построим переходный процесс в замкнутой системе, рисунок 10.

Для этого напишем программу:

```
>> %объект
w=tf(1.5875,[4.094*63 63 0],'iodelay',0.98)
%П-звено
Wp=tf(7.7965,1)
%ИЗвено
Wi=tf(7.7958,[20.5 0])
%ПИИ-звено
Wpi=Wp+Wi
%Разомкнутая система
Wrz=Wpi*w
%Замкнутая система по каналу s-y
SYSsy=feedback(Wrz,1)
%Переходный процесс
step(SYSsy)
w =
      1.587
exp(-0.98*s) * -----
      257.9 s^2 + 63 s
Continuous-time transfer function.
Wp =
      7.797
Static gain.
Wi =
```

7.796

-----

20.5 s

*Continuous-time transfer function.*

Wpi =

159.8 s + 7.796

-----

20.5 s

*Continuous-time transfer function.*

Wrz =

253.7 s + 12.38

$\exp(-0.98*s) * \text{-----}$

5287 s<sup>3</sup> + 1292 s<sup>2</sup>

*Continuous-time transfer function.*

SYSsy =

A =

	x1	x2	x3
x1	-0.2443	-0.04799	-0.002341
x2	1	0	0
x3	0	1	0

B =

	u1
x1	0.25
x2	0
x3	0

C =

	x1	x2	x3
y1	0	0.1919	0.009363

D =

	u1
y1	0

*(values computed with all internal delays set to zero)*

*Internal delays (seconds): 0.98*

*Continuous-time state-space model.*

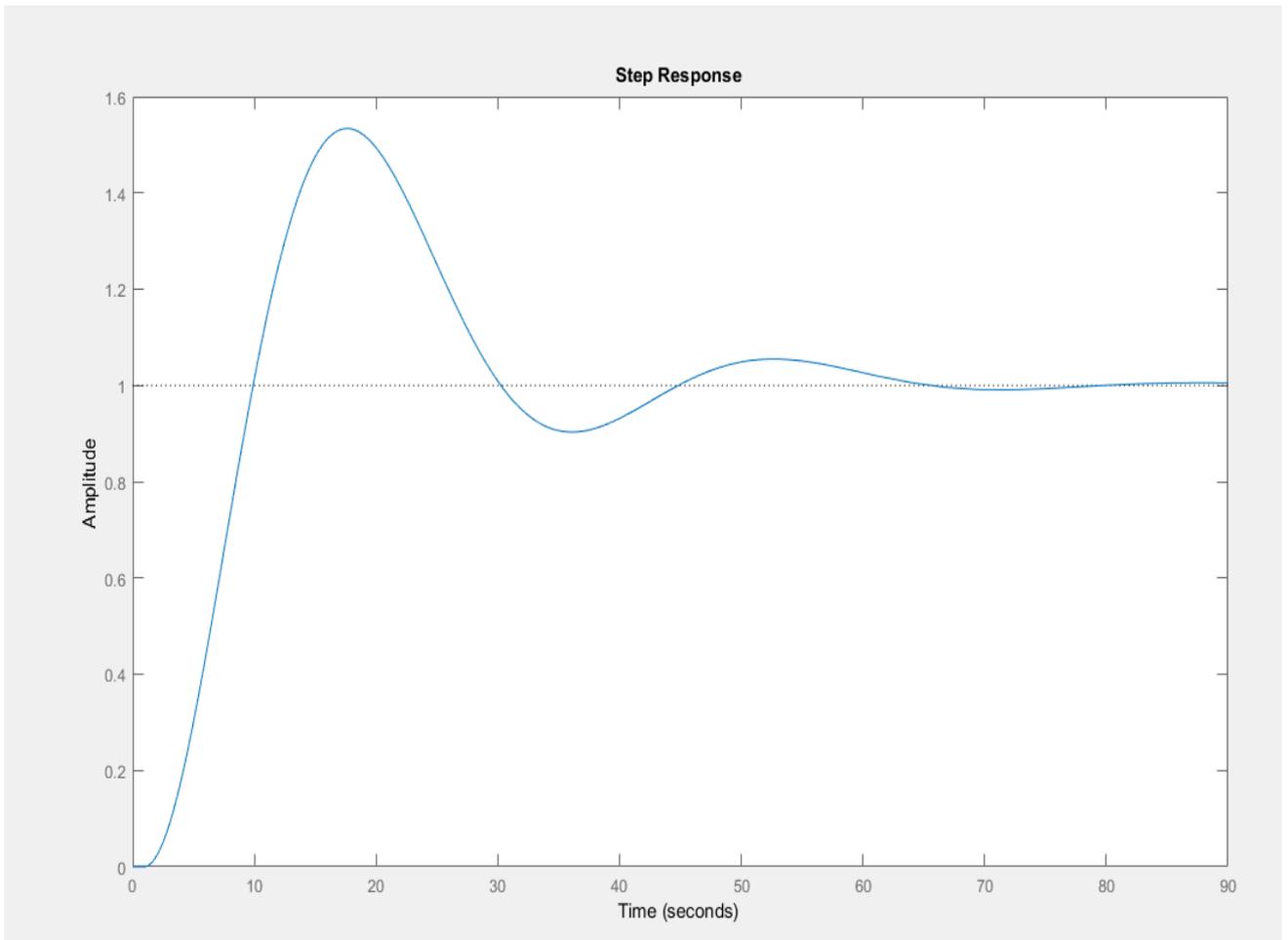


Рисунок 10 – Переходный процесс в замкнутой системе

Произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР по каналу S-Y.

Прямые критерии качества:

- а) максимальная динамическая ошибка:  $A_1=0,53$ ;
- б) перерегулирование рассчитывается по формуле (34):

$$\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{0,53}{1} \cdot 100\% = 53\%, \quad (34)$$

где  $y(\infty)$  – установившееся значения регулируемой величины при времени переходного процесса  $t$ , равного  $\infty$ ;

- в) степень затухания переходного процесса рассчитывается по формуле (35):

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,05}{0,53} = 0,906, \quad (35)$$

где  $A_2$  – второй максимальный выброс регулируемой величины;

г) статическая ошибка находится по формуле (36):

$$\varepsilon_{CT} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0 \quad (36)$$

где  $S$  – сигнал регулирующего воздействия  $1(t)$ ;

д) время регулирования:  $t_p = 41,4$  с при величине  $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$ , значение которой задают для контроля переходного процесса с заданной степенью точности.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б2В	Рябовой Татьяне Валериевне

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	Автоматизации теплоэнергетических процессов
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Затраты, идущие на специальное оборудование рассчитываются согласно стоимости оборудования по прайс-листам, либо по договорной цене. Заработная плата определяется согласно тарифной ставке и коэффициентам (зависящих от различных условий: регион, организация и прочее).
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормативная база представляет собой комплекс норм и нормативов использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, порядок и методы их формирования, обновления и применения.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Страховые отчисления рассчитываются согласно Федеральному закону (от 24.07.2009 №212-ФЗ). Прочие расходы рассчитываются исходя из суммы всей заработной платы исполнителей данного ТП.

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценку коммерческого потенциала разрабатываемого ТП можно провести с помощью анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Для составления графика работ необходимо выполнить оценку трудоемкости работ. Исходя из полученных данных возможно построение графика технико-конструкторских работ, который позволит наилучшим образом спланировать сам процесс выполнения ТП.
<i>Выполнение сметной документации</i>	Для выполнения сметной документации по разрабатываемому ТП используем классификацию затрат по следующим статьям: 1) материальные затраты; 2) затраты на оборудование; 3) общая заработная плата; 4) страховые отчисления; 5) прочие расходы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б2В	Рябова Татьяна Валериевна		

## 13 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В наше время перспективы научных исследований оцениваются не столько важностью открытий в той или иной области, сколько коммерческими ценностями разработки проекта. Одним из важных критериев оценки проекта является коммерческая составляющая, т.к. для проекта необходимо иметь финансирование для его реализации. Нужно учитывать, что финансовые вложения в научное исследование влияют не только на повышение технических параметров над разработками предыдущих проектов, но и насколько быстро разработчик сможет проанализировать востребованность продукта, бюджет научного исследования, его цену на рынке, сроки выполнения.

Исходя из вышеперечисленного, можно выделить цели раздела:

а) разработка и проектирование конкурентоспособных технологий, отвечающих основным требованиям в таких областях, как ресурсоэффективность и ресурсосбережение;

б) целесообразность выполнения проекта.

Задачи раздела:

а) описание хозяйственных целей исследования в области проектирования «Системы автоматизации «Технологической площадки №1»»;

б) составление календарного план-графика;

в) расчет трудозатрат;

г) расчет бюджета проекта (материальные затраты, затраты на оплату труда, на электроэнергию, на страховые отчисления).

### 13.1 Описание хозяйственных целей

В данной бакалаврской работе рассмотрена тема «Разработка системы автоматизации «Технологической площадки №1» объекта ш.3500 «Ново-Часельское. УПН. КНС.»». Для реализации этого проекта была взята за

основу обустройство месторождения нефти Кынско-Часельского лицензионного участка, в частности месторождение Ново-Часельское.

Данная работа предусматривает оснащение вновь проектируемых технологических объектов и сооружений средствами автоматического контроля и управления.

Автоматизированная система управления технологическим процессом предназначена для реализации функций автоматизированного управления технологическим процессом, а также для эффективной защиты и своевременной остановки технологического процесса при угрозе аварии и ее локализации по заданным алгоритмам.

Основные цели и задачи АСУ ТП:

- а) безопасность персонала;
- б) охрана окружающей среды;
- в) противоаварийная защита;
- г) контроль и управление технологическими и вспомогательными процессами;
- д) предоставление достаточного объема информации оперативному персоналу в целях обеспечения безопасного и эффективного управления процессом;
- е) передача данных в корпоративные системы управления предприятием.

### 13.2 Календарный план – график выполнения работ

Календарный план-график необходим для распределения обязанностей между рабочими, которые выполняют определенный вид работ.

Основные факторы построения графика работ [29]:

- а) трудоемкость выполнения работы – экспертная оценка трудоемкости, которая измеряется в человеко-днях (чел.-дн.), эта оценка не является точной, т.к. зависит от множества факторов, формула (31):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (31)$$

здесь  $t_{\min i}$  – min возможная трудоемкость исполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – max возможная трудоемкость исполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

б) продолжительность одной работы – определяется как продолжительность каждой работы в раб. днях  $T_p$ , с учетом параллельности выполнения работ несколькими рабочими, формула (32). Этот расчет необходим для дальнейшего расчета зар. платы:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{\mathcal{C}_i}, \quad (32)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.,

$\mathcal{C}_i$  – количество сотрудников, исполняющих сразу одну и ту же работу на одном этапе, чел.;

в) продолжительность выполнения работы календарные дни (кал.дн), формула (33):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (33)$$

где  $T_{ki}$  – длительность исполнения  $i$ -й работы в (кал.дн);

$T_{pi}$  – длительность исполнения  $i$ -й работы в (раб. дн.);

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности;

г) коэффициент календарности, формула (34):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 105} = 1,48, \quad (34)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году, взятых на 2016 - високосный год;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные факторы приведены в таблице 7, взяты из расчета на 2016 год.

Таблица 7 - Временные показатели проведения работ

Наименование текущей работы	Трудоемкость выполняемых работ			Длительность работ $T_{pi}$ , раб. дн.	Длительность работ $T_{ki}$ , раб. дн.
	$t_{\min i}$ чел.- дн.	$t_{ожі}$ чел.- дн.	$t_{\max i}$ чел.- дн.		
Установка бобышек, штуцеров, защитных гильз и т.п.	0,33	0,39	0,5	0,195	0,29
Монтаж отборного устройства	0,33	0,39	0,5	0,39	0,58
Монтаж сигнализаторов и газоанализаторов	0,4	0,48	0,56	0,16	0,24
Установка уровнемеров	0,38	0,41	0,52	0,205	0,3
Монтаж преобразователей температуры	0,38	0,41	0,52	0,205	0,3
Установка пульта управления	0,31	0,38	0,49	0,38	0,56
Итого:				1,535	2,27

### 13.3 Бюджет проекта

При формировании бюджет проекта необходимо обеспечить полное и достоверное описание расходов. В процессе составления бюджет проекта включают следующие затраты по статьям [29]:

- а) материальные затраты на разработку проекта;
- б) полная заработная плата (ЗП) для всех исполнителей проекта;
- в) отчисления страховые;
- г) накладные расходы.

Рассмотрим материальные затраты на разработку проекта. Стоимость прибора можно найти по формуле (35):

$$C = k \cdot Ц, \quad (35)$$

где  $C$  – стоимость технологических средств автоматизации, руб.;

$k$  – кол-во, шт.;

$Ц$  – цена за единицу ТСА, руб.

В связи с обезличиванием приборов (см. раздел 4) выбиралась средняя цена за приборы, исходя из заданных характеристик.

В таблице 8 приведена стоимость приборов.

Таблица 8 – Материальные затраты

Датчик/прибор	Количество, шт.	Стоимость за ед., руб.	Общая сумма, руб.
Манометр	11	2345,19	25797,09
Датчик избыточного давления	7	7530,26	52711,82
Датчик разности давлений	6	8648,69	51892,14
Манометрический термометр	6	2790,45	16742,7
Преобразователь температуры	6	1086,82	6520,92
Байпасный индикатор уровня	4	39826	159304
Сигнализатор уровня	8	12412,59	99300,72
Уровнемер поплавковый	2	21191,19	42382,38
Газоанализатор	3	9623,89	28871,67
Сигнализатор световой	1	947,59	947,59
Сигнализатор светозвуковой	1	900,21	900,21
Пост управления	1	13908,54	13908,54
Итого:			499279,78

С учетом транспортных расходов получаем:

$$C_1 = (1 + k_T) \cdot C = (1 + 0,2) \cdot 499279,78 = 599135,736 \text{ руб.}, \quad (36)$$

здесь  $k_T$  – коэффициент, отвечающий за транспортно-заготовительные расходы, 15-25%.

### 13.4 Затраты на оплату труда

Состав статьи расходов на заработную плату формируется из:

а) основной ЗП рабочего персонала, занимающегося монтажом тех. оборудования;

б) дополнительной ЗП.

Месячный должностной оклад работника формула (37):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (37)$$

где  $Z_{tc}$  – ЗП по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{tc}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Формула (38) для нахождения среднедневной заработной платы:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m}{F_d}, \quad (38)$$

где  $Z_m$  – должностной оклад работника за месяц, руб.;

$F_d = 22$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Основная ЗП ( $Z_{осн}$ ) рассчитывается по формуле (39):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (39)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Расчеты приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет заработной платы

Сотрудники	Разряд	Оклад (тарифная ставка), руб.	Тарифный коэффициент	Зарботная плата по тарифной ставке, руб	Премимальный коэффициент	Коэффициент доплат и надбавок	Районный коэффициент	Оклад за месяц, руб.	Среднедневная ЗП, руб.	Продолжительность работ, раб.дн.	Основная ЗП, руб.
Прораб	10	25000	3,27	81750	0,3	0,4	1,3	180667,5	8212	3	24636,5
Мастер	8	20000	2,54	50800	0,3	0,3	1,3	105664	4802,9	3	14408,7
Слесарь КИПиА	7	18000	2,27	40860	0,3	0,2	1,3	79677	3621,7	3	10865
Итого:											49910,2

### 13.5 Страховые отчисления

В данном разделе расходов отображаются обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [30].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (40):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (49910,2 + 7486,53) = 17219,019 \text{ руб.}, \quad (40)$$

где  $k_{внеб} = 30\%$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Дополнительная ЗП рассчитывается по формуле (41):

$$З_{доп} = 0,15 \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 49910,2 = 7486,53 \text{ руб.} \quad (41)$$

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле (42):

$$Z_{\text{накл}} = 49910,2 \cdot k_{\text{нр}} = 7985,632 \text{ руб.}, \quad (42)$$

где  $k_{\text{нр}} = 16\%$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Прочие расходы определяются как 1% от суммы материальных затрат, затрат на оплату труда и социальных отчислений:

$$Z_{\text{пр}} = 0,01 \cdot (49910,2 + 17219,019 + 499279,78) = 5664,1 \text{ руб.}$$

Далее составляем смету затрат на выполнение технического проекта, таблица 10.

Таблица 10 – Расчетная смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты	499279,78	86
Оплата исполнителям технического проекта	49910,2	8,6
Отчисления во внебюджетные фонды	17219,019	3
Накладные расходы	7985,632	1,4
Прочие расходы	5664,1	1
Себестоимость проекта	580058,731	100,0

Анализируя данные полученные из сметы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию проекта составляют 580058,731 руб., из которых основную долю составят – материальные затраты 86%, 8,6% – затраты на оплату работы исполнителям проекта.

### 13.6 Расчет затрат на электроэнергию

В дипломной работе рассматривается только небольшой участок автоматизации Ново-Часельского месторождения. Исходя из данных, мы не можем посчитать прибыль получаемую предприятием, т.к. сепараторы, описанные в п.1, не могут ничего производить, а только перерабатывают нефть. Поэтому в расчет будут входить только затраты на потребление ресурсов. В таблице 11 даны исходные данные для расчета.

Таблица 11 – Исходные данные

Объем подготавливаемой нефти, м <sup>3</sup> /ч	7200
Удельная норма расхода, кВт*ч* м <sup>3</sup>	1,85
Тариф за эл. энергию, руб.	7,23
Расход на эл. Энергию, потребляемую ТСА, кВт*ч/год	363,1

$$K' = K_1 + K_2, \quad (43)$$

где  $K_1$  – кол-во электроэнергии затраченное на питание ТСА;

$K_2$  – кол-во электроэнергии затраченное на подготовку нефти.

$$K_1 = T \cdot n = 7,23 \cdot 363,1 = 2625,213 \text{ руб.}, \quad (44)$$

где  $T$  – тариф, руб./кВт\*ч;

$n$  – потребляемая эл. энергия, за суммарное количество датчиков, кВт\*ч/год.

$$K_2 = T \cdot V \cdot W_{ym} = 7,23 \cdot 7200 \cdot 1,85 = 96303,6 \text{ руб.}, \quad (45)$$

где  $T$  – тариф, руб./кВт\*ч;

$V$  – объем подготавливаемой нефти, м<sup>3</sup>/ч;

$W_{ym}$  – удельная норма расхода, кВт\*ч\* м<sup>3</sup>.

$$K' = 2625,213 + 96303,6 = 98928,813 \text{ руб.} \quad (46)$$

Общие затраты на реализацию проекта, с учетом расходов на эл. энергию составят:  $580058,731 + 98928,813 = 678987,544$  руб.

### 13.7 Минимизация риска потери денежных средств в следствии аварии

Необходимо произвести расчет потери денежных средств в следствии возникновения аварии на Технологической площадке №1. Представим, что в нашем проекте не предусматривалась установка датчиков давления на трубопровод. В случае отсутствия контроля за давлением в трубопроводе, может произойти авария. Так в трубопроводах при резком повышении

давления может произойти гидравлический удар, что приведет к разрыву трубы.

Расчет потери денежных средств при разрыве трубопровода от повышения давления.

Пусть через трубопровод проходит объем нефти 1500 м<sup>3</sup>/ч. Цена за один баррель нефти в среднем составляет 45\$. Ремонт трубопровода составит 2 дня. Необходимо вычислить, сколько денежных средств потеряет предприятие за 2 дня, при ремонте трубопровода и недовыработки нефти:

$$1 \text{ баррель} = 0,16 \text{ м}^3;$$

$$1500 \text{ м}^3 \cdot 48\text{ч} \cdot 45\$ \cdot 65\text{руб} \cdot 0,16 = 33696000 \text{ руб.}$$

Ремонт теплотрассы составит 30000 рублей.

Итого, как видно из расчетов, что за 2 дня аварии предприятие потеряет 33726000 рублей, что является недопустимым.

Поэтому установка датчиков, осуществляющих мониторинг, управление, телесигнализацию, является неотъемлемой частью производства. Они повышают эффективность работы, безопасность, снижают риск аварийности.

В результате формирования раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», было сделано следующее:

- а) был проведен анализ объекта автоматизации;
- б) найдены временные показатели монтажных работ;
- в) составлена смета на закупку необходимых приборов;
- г) вычислены затраты на ЗП, электроэнергию и на страховые отчисления;
- д) проанализирован случай возникновения аварии, расчет потерь денежных средств, вследствие него.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2В	Рябова Татьяна Валериевна

Институт	Кафедра	Уровень образования	Направление/специальность
Бакалавр	Теплоэнергетика и теплотехника	Бакалавр	Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	В данной выпускной работе изучена система автоматизации для «Технологической площадки №1» Ново-Часельского месторождения. В разделе 1 ВКР приведено описание объекта исследования.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	В разделе «Социальная ответственность» будет отражен анализ по проекту, с последующим описанием природы вредности каждого воздействия, негативного воздействия фактора на человека, будут приведены допустимые нормы, описаны средства защиты и методы снижения риска возникновения опасности. В ходе выполнения исследования будут изучены такие опасные факторы производственной среды, как: механические и термические опасности, электробезопасность, пожаро- и взрывобезопасность. Будут рассмотрены источники и причины возникновения опасностей, необходимые профилактические мероприятия, а также средства защиты и первичные средства пожаротушения.
<b>2. Экологическая безопасность.</b>	Одним из вредоносных факторов влияющих на окружающую среду, в рассмотренной работе, будут являться утечки пропана, нефти. Для улучшения экологической обстановки будут разработаны методы по минимизации воздействий на экологию, а также методы по улучшению экологической обстановки на территории предприятия и в его окрестностях.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</b>	При описании опасных факторов, в данной работе будут указаны возможные ЧС на объекте, а также меры по предупреждению и оповещению о случившемся ЧС, приведены четкие регламентируемые требования по поведению персонала при возникновении ЧС и обязательной эвакуации. Все необходимые меры и требования регламентируются согласно законодательным и нормативным документам.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	В данной работе также будут отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности (правильная компоновка рабочего места, окраска различных опасных участков и органов управления, вентиляция помещения, проведение инструктажей по ПБ и пр.).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Экологии и БЖД	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Рябова Татьяна Валериевна		

## 14 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа подразумевает разработку системы автоматизации для Технологической площадки №1. Данная разработка включает в себя проектирование схемы для данной площадки. Технологическая площадка состоит из технологического оборудования, рассмотренном в п.1, также из комплекса трубопроводов, по которым протекают газ, нефть, дренаж, вода, реагенты, охлаждающая жидкость. В связи с этим необходимо для проекта рассмотреть такие пункты, как безопасность жизнедеятельности для персонала и для окружающей среды, а так же социальная ответственность.

Само понятие социальной ответственности появилось в начале 70-х гг. XX века на Западе. Основой теории социальной ответственности является добросовестное выполнение законодательных требований и норм в различных областях (области защиты окружающей среды, обеспечения условий безопасности труда, оплаты труда и налогообложения и т.д.). Учитывая, что предусматриваемая проектом масштабная производственная деятельность напрямую связана с образованием различного рода отходов и выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, сбросами отравляющих веществ в природные водоемы, необходимо выполнять не только снижение уровня воздействия на природу, но и крайне необходимо выполнять компенсацию ущерба, нанесенного окружающей среде.

Выделяют следующие направления мероприятий по защите окружающей среды:

- а) производственно-экологический мониторинг;
- б) рациональное использование и охрана водных ресурсов;
- в) охрана атмосферного воздуха;
- г) охрана почвы;
- д) переработка и утилизация отходов производства;
- е) энергоэффективность и ресурсосбережение.

## 14.1 Воздействие шума

Шум — это совокупность различного рода звуков, воздействие на организм человека которых мешает его работе и/или отдыху, а также оказывает общее неблагоприятное воздействие. Уровень шума превышающий норму может образовываться за счет размещения в помещении разного оборудования. Как известно, условия труда, напрямую зависят от шума, повышенный звуковой фон ведет к ухудшению условий труда, оказывает на организм человека воздействие, вредно сказывающиеся на здоровье. Если воздействие на организм шума, возникающего при работе оборудования достаточно большое, происходит множественные воздействия на центральную и вегетативную нервную системы человеческого организма, органы слуха, ведет к повышению кровяного давления, которое способствует возникновению различных заболеваний сердечно-сосудистой системы. В результате, страдает трудовая производительность и сильно ухудшается общее качество выполняемой персоналом работы.

Допустимый уровень шума — это уровень, при котором у человека не развивается значительного беспокойства и не наблюдается значительных изменений показателей состояния систем и приборов, улавливающих изменения шумового фона [31].

Предельно допустимый уровень шума на рабочем месте регламентируется СН 2.2.4/2.8.562-96, СНиП 23-03-03 и соответствуют ГОСТ 12.1.003-83.

Существуют способы для уменьшения влияния шумового фактора на организм работников, задействованных на производстве:

- а) уменьшение уровня шума непосредственно в производящих его источниках;
- б) использование акустической обработки производственного помещения;

в) использование шумоизоляционных и шумопоглощающих материалов;

г) монтаж дополнительных перегородок для изолирования отдельных участков в помещении;

д) использование качественных средства индивидуальной защиты.

#### 14.2 Метеорологические условия в рабочих помещениях

Метеорологические условия – это значения температуры воздуха, относительной влажности, атмосферного давления, скорости и направления движения воздуха и т.п. Данные параметры для рабочей зоны должны быть установлены в строгом соответствии с оптимальным и допустимым значением для каждого случая, согласно СанПиН 2.2.4.548 – 96.

Допустимые параметры микроклимата и условия в помещениях, где производятся работы, с учетом различных факторов: избыточное тепло, время года и возможная сложность/тяжесть выполняемой работы размещены в таблице 12 [36].

Таблица 12 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте производственных помещений

Текущий период	Категория работ исходя из уровня энергетических затрат, Вт	Температура воздуха, $t_{\text{опт}}$ , °С	Температура поверхности, $t$ , °С	Относительная влажность воздуха, $\phi$ , %	Скорость движения воздуха, м/с	
					Если $t < t_{\text{опт}}$ , °С	Если $t > t_{\text{опт}}$ , °С
Холодный	Пб (233 - 290)	15 - 22	14 - 23	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Пб (233 - 290)	16 - 27	15 - 28	15 - 75	0,2	0,5

Все, без исключения, производственные помещения подразделяются на два класса:

а) первый класс – помещения с малозначительными излишками тепла (до 23 Дж/м с и меньше);

б) второй класс – помещения со значительным избытком тепла (более 23 Дж/м с).

Помещения, в обязательном порядке, необходимо оборудовать вентиляцией приточно-вытяжного типа, которая может обеспечить равномерный обмен загрязненного воздуха на свежий.

### 14.3 Производственное освещение

Для освещения рабочих помещений на производстве, независимо от предназначения применяется система общего (локализованного или равномерного) и комбинированного (местного или общего) освещения помещения. Выбор подходящей системы освещения должен быть произведен опираясь на учет особенностей которые накладывает производственный процесс, а также, исходя из локализации тех. оборудования в помещениях.

Виды производственного освещения делят на:

- а) естественное;
- б) искусственное;
- в) совмещенное.

Естественное освещение – освещение производственных помещений естественным солнечным светом, который распространяется в помещение через специальные проемы в наружных конструкциях. Помещения, в которых пребывание людей постоянно, должны располагать, естественным освещением.

Искусственное освещение – освещение рабочего помещения исключительно источниками производящими искусственный свет. Искусственное рабочее освещение необходимо для создания условий труда и нормальной эксплуатации зданий и прилегающих территорий.

Совмещенное освещение – освещение, при котором естественное освещение недостаточно с точки зрения норм и дополняется искусственным.

Оценка соответствия освещенности рабочей зоны нормам выполняется, чтобы обеспечить нормативные условия труда в производственных

помещениях. Данная оценка производится в соответствии с нормами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Также необходимо отметить: аварийное освещение устанавливается для случаев, когда требуется продолжение работы при внезапном отключении рабочего освещения (при аварийном отключении), которое приводит к нарушениям в обслуживании оборудования, может спровоцировать взрыв, пожар, возможное отравление работников, а так же длительная остановка в работе таких объектов, остановка которых на длительное время невозможна по разным причинам.

Эвакуационное освещение используется для эвакуации работников из помещений при развитии аварии, связанной отключением нормального рабочего освещения в тех местах, где при отсутствии источников освещения проход людей наиболее травмоопасен (лестничные пролеты, лестничные клетки в помещениях, число работников в которых насчитывает более пятидесяти человек).

#### 14.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система мероприятий организационного и технического характера, а так же средств, направленных на защиту работников от опасного влияния электрического тока, электромагнитных полей и электростатического разряда.

Для избежания всевозможных травм электрическим током работников, необходимо неукоснительно следовать следующим требованиям [38]:

- а) проводить монтажные работы только с инструментом, который прошел проверку на исправность;
- б) регулярно проверять электропроводку и электрооборудование на наличие неисправностей;
- в) пользоваться средствами индивидуальной защиты при проведении работ с электрическими приборами;

г) допуск к работе возможен только персоналом, который прошел предварительный инструктаж по электробезопасности.

Также в процессе написания данной работы были выделены следующие правила, направленные на избежание возможных поражений электрическим током:

а) все шкафы, в обязательном порядке должны быть оборудованы запирающими устройствами с замками, которые предохраняют электрооборудование от несанкционированного доступа к нему работников;

б) требования безопасности к основным частям оборудования в отношении изоляционных качеств токопроводящих частей, блокировок и защитному заземлению должны быть приведены в соответствие с требованиями (ГОСТ Р МЭК 60950);

в) конструкционные особенности устройства должны исключать возможность попадания напряжения в процессе эксплуатации на наружные металлические токопроводящие части. Части изделий, выполненные из металла, к которым в процессе эксплуатации (в том числе при проведении регламентных работ), контроле, может прикасаться обслуживающий персонал и которые могут быть под электрическим напряжением по причине некачественной изоляции и не имеющих другие виды защиты, должны иметь защитное заземление (ГОСТ 12.1.030–81);

г) электробезопасность работников предприятия должна соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ 12.1.019. Все наружные части устройства, находящегося под напряжением по отношению к корпусу и/или общей шинке питания, должны, в обязательном порядке иметь защиту от возможных случайных прикосновений обслуживающего персонала при контрольных проверках и стандартной эксплуатации. Рукояти органов управления, настройки, регулировки в целях электробезопасности должны выполняться из изоляционного материала или иметь покрытие с изоляционными свойствами;

д) устройства, которым требуется заземление, должны быть присоединены к общему заземляющему контуру здания/объекта с сопротивлением растекания не превышающим 4 Ом. В таком случае не требуется специального заземляющего контура (ГОСТ 12.1.030);

#### 14.5 Пожаробезопасность

Пожарная безопасность объекта – это состояние объекта, характеризующееся возможностями предотвратить возникновение и распространение пожара, а также свести к минимуму, либо полностью нивелировать воздействия на работников и имущество опасных факторов пожара. Пожаробезопасность на объектах введенных в эксплуатацию должна быть обеспечена специальными комплексами предотвращения пожаров и системами противопожарной защиты.

Согласно пожарным нормативам НПБ 105-03 [36] в зависимости от количества, а так же характеристики обращающихся в производстве веществ, по пожарной и взрывной опасности производят деления на категории А, Б, В, Г, Д.

Системы охранно-пожарной сигнализации (далее по тексту ОПС) и системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре (далее по тексту СОУЭ) на проектируемых объектах обеспечивают: автоматическое обнаружение пожара в защищаемых помещениях зданиях и сооружениях, автоматическое обнаружение проникновения в защищаемые помещения зданий, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, сигнализируют о пожаре и тревоге в инженерные системы зданий, информируют дежурный персонал.

Применяемое в проекте оборудование соответствует требованиям «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон №123-ФЗ), и имеет соответствующие сертификаты пожарной безопасности и сертификаты соответствия.

В отсеке трансформатора сооружения КТПН, первичным фактором возникновения очага загорания на начальной стадии может являться выделение тепла в процессе возгорания горючей жидкости (трансформаторное масло). В блоке аппаратной установки измерительной, БКРУ-6 кВ, блок-контейнере НКУ, КТПН и блоке обогрева персонала возможным первичным фактором возникновения очага загорания на начальной стадии может являться выделение дыма в процессе возгорания кабельной продукции или электрооборудования (пускатели, тепловые реле и др.). В блоке технологическом измерительной возможным первичным фактором возникновения очага загорания на начальной стадии может являться выделение тепла в процессе возгорания горючей жидкости.

В соответствии с требованиями п. 6.6 ВНТП 03/170/567-87, п. 6.143 ВНТП 3-85 (с изм.), п. 13.13 СП 5.13130.2009, территория по периметру куста скважин, у наружных технологических установок, предусматривается размещение взрывозащищенных ручных пожарных извещателей (ИПР) с оповещателями.

В соответствии с заданием на проектирование предусматривается оснащение шкафов ТМПН и СУ извещателями охранными магнитоконтактными ИО102-26 «Аякс» исп.02 степень защиты IP 55 с передачей сигнала «Тревога» на ППКОП при открывании шкафов ТМПН и СУ.

Все применяемые технические средства систем ОПС и СОУЭ, устанавливаемые во взрывоопасных зонах, имеют категорию взрывозащиты не ниже чем «взрывобезопасное электрооборудование» и вид взрывозащиты не ниже чем «взрывонепроницаемая оболочка» или «искробезопасная электрическая цепь».

Приборы (извещатели, оповещатели) и соединительные коробки, устанавливаемые на открытых площадках и снаружи зданий, рассчитаны на эксплуатацию при температуре окружающего воздуха от минус 55 °С до

плюс 50 °С и выбраны в соответствии с требованиями п. 5 ГОСТ 15150-69 и климатическими характеристиками района размещения объекта.

Для автоматического обнаружения пожара каждая защищаемая зона в помещении контролируется не менее чем тремя пожарными извещателями. Формирование режима «Пожар» и запуск системы оповещения о пожаре осуществляется при срабатывании двух и более неадресных пожарных извещателей защищаемого объекта, включенных по логической схеме «И» в соответствии с требованиями п. 14.1 СП 5.13130.2009.

Ручные пожарные извещатели (ИПР) и оповещатели в процессе эксплуатации оснащаются соответствующими указательными знаками, согласно требованиям ГОСТ Р 12.4.026-2001. Конструкция ИПР предусматривает защиту от случайного приведения их в действие или механического повреждения. Освещенность мест установки ИПР соответствует нормативной для данного вида помещений согласно требованиям п.13.13.3 СП 5.13130.2009.

Внутри и снаружи зданий и сооружений предусматривается установка звуковых и комбинированных оповещателей на высоте не менее 2,3 метра от уровня пола и на расстоянии от потолка до верхней части оповещателя не менее 150 мм, в соответствии с требованиями п. 4.4 СП 3.13130.2009.

Дымовые пожарные извещатели размещаются с учетом требований максимального расстояния между извещателями, а также между стеной и извещателями, в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 13.3 СП 5.13130.2009.

Тепловые и комбинированные пожарные извещатели располагаются с учетом исключения влияния на них тепловых воздействий, не связанных с пожаром и в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 13.5 СП 5.13130.2009.

ИПР устанавливаются в местах, удаленных от электромагнитов, постоянных магнитов и других устройств, воздействие которых может вызвать самопроизвольное срабатывание ручного пожарного извещателя.

Охранные магнитоконтактные и оптико-электронные извещатели монтируются на входных дверях и стенах согласно паспортной документации. Регулировка объемной зоны обнаружения производится согласно паспортной документации.

Монтаж оборудования системы производится в соответствии с требованиями ПУЭ, СП 5.13130.2009, СП 3.13130.2009, СП 6.13130.20013 и руководствами по эксплуатации на соответствующие приборы.

Информация о состоянии шлейфов охранно-пожарной сигнализации, тревожные сигналы и служебные извещения о состоянии приборов приемно-контрольных охранно-пожарных и управления, выводятся на сетевой контроллер – пульт контроля и управления С2000М.

Пульт обеспечивает:

- а) оповещение дежурного персонала о возникших событиях, путем выдачи текстовых, световых и звуковых сообщений, на встроенный в пульт контроля и управления дисплей;
- б) сохранение всех сообщений в энергонезависимой памяти прибора;
- в) управление постановкой на охрану, снятием с охраны шлейфов пожарной сигнализации.
- г) управление системными выходами приборов, согласно установленной конфигурации;
- д) отображение дополнительной информации, присваиваемой разделам пожарной сигнализации при программировании.

#### 14.6 Повышенная запыленность или загазованность

Проектируемая технологическая площадка включает в себя трубопровод нефти, газа, следовательно, возникает опасность загазованности в помещении. Токсичное вещество (в данном проекте это газ: пропан). Данное вещество может вызвать отравление персонала и вероятность возникновения пожара.

Чтобы снизить концентрацию газа, в производственных помещениях используют вытяжку дымовых газов, так же устанавливают дополнительные вытяжные вентиляторы. С помощью мониторинга оператором технологического оборудования на наличие утечек газа, уменьшает риск появления загазованности в помещении. Использование специального оборудования: газоанализаторов, датчиков концентрации вредных веществ, специальной сигнализации, помогает рабочему персоналу отслеживать концентрацию вредных веществ в воздухе помещения.

#### 14.7 Заключение по разделу социальная ответственность

Темой ВКР является «Разработка системы автоматизации «Технологической площадки №1»», которая предполагает выбор оборудования, приборов и ТСА с последующим монтажом на технологическом трубопроводе. В связи с ужесточением социальной ответственности, использование системы автоматизации в данном проекте позволяет увеличить контроль за техпроцессом, следовательно, это ведет к сокращению риска возникновения аварийной ситуации и повышению безопасности. Не считая нанесения крупного материального ущерба, аварии на производстве такого типа – это серьезный ущерб окружающей среде, что является недопустимым, т.к. каждое предприятие/завод должны иметь корпоративную социальную ответственность и должны вести контроль за экологической обстановкой не только на территории, которую занимает предприятие, но и на территории распространяющейся далеко за пределы производства.

В результате формирования раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены следующие пункты:

- а) социальная ответственность (корпоративная социальная ответственность) и рассмотрены задачи эффективного улучшения окружающей среды;
- б) обозначены опасные факторы, возникающие на производстве;

- в) приведены методы и средства борьбы с опасными факторами;
- г) рассмотрены чрезвычайные ситуации и меры по их предупреждению и оповещению, которые могут возникнуть на производстве;
- д) также рассмотрены меры предосторожности для рабочего персонала.

## 15 Заключение

В результате проделанной выпускной квалификационной работы были изучены типовые технические решения по проектированию автоматизированных систем управления. Был проведен анализ информации по технической документации. Рассмотрена и проанализирована технологическая площадка №1, как объект автоматизации. Рассмотрена система контроля и управления объектом автоматизации, представлен объем автоматизации на технологической площадке. Разработана функциональная схема автоматизации технологической площадки для сепараторов с помощью программы Autodesk AutoCAD 2012. Был произведен анализ каталогов продукции ТСА, составлено описание комплекса ТСА, основываясь на каталогах. Была построена структурная схема для газосепараторов ГС-1/1,2. В литературе была найдена передаточная функция для газосепаратора. По данной передаточной функции, была проведена идентификация объекта управления газосепаратора, что повлияло на точность заданной передаточной функции. В результате все необходимые характеристики ОУ:  $K_0$ ,  $\tau_0$ ,  $T_0$  были уточнены. Полученная передаточная функция для объекта управления:

$$W(P) = \frac{1,5875 \cdot e^{-0,98 \cdot P}}{(4,094 \cdot P + 1) \cdot 63 \cdot P}.$$

Был изучен один из двух инженерных методов расчёта одноконтурных систем регулирования: корневой метод (с использованием РАФЧХ). Оптимальными параметрами настройки регулятора считают те параметры, которые удовлетворяют требованиям запаса устойчивости системы. Так же был получен переходный процесс по каналу S-Y. Оценка качества этого процесса показала, что он удовлетворяет требованиям к запасу устойчивости системы.

Прямые оценки качества:

- а) максимальная динамическая ошибка:  $A_1=0,53$ ;
- б) перерегулирование:  $\sigma = 53\%$ ;

- в) степень затухания переходного процесса:  $\psi = 0,906$ ;
- г) статическая ошибка:  $\varepsilon_{CT} = 0$ ;
- д) время регулирования:  $t_p = 41,4$  с при величине  $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$ .

Составлена смета бюджета проекта, рассмотрен случай возникновения аварии на технологической площадке и проведен расчет минимизации риска потерь денежных средств, вследствие аварии.

Рассмотрен раздел социальной ответственности. Рассмотрены и изучены чрезвычайные ситуации и меры по их предупреждению и оповещению, которые могут возникнуть на производстве, действия работников в ЧС.

Полученные знания будут использованы в дальнейшей работе по проектированию и улучшению методов автоматизации и повышения эффективности работы.

Для выполнения работы использовались программные продукты Autodesk AutoCAD 2012, Matlab R2015b, MathCad 15.

## 16 Список публикаций

1. Проблемы и перспективы развития тепловой энергетики в России: Экономика России в XXI веке : сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции "Экономические науки и прикладные исследования", г. Томск, 17-21 ноября 2015 г. в 2 т. / Т.В. Рябова, А.В. Жаворонок; науч. рук. А. В. Жаворонок; Под ред. кол. Г.А. Барышева [и др.]. — Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), 2015. — Т. 2. — [с. 424-431]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C40/V2/083.pdf>.
2. Проектирование схемы автоматизации для технологической схемы «Технологической площадки №1» объекта «Ново-Часельское. УПН. КНС.»: Интеллектуальные энергосистемы: труды III Международного молодёжного форума. В 3т. Томск 28 сентября -2 октября 2015г. Т.1.- Материалы III Международного форума «Интеллектуальные энерго - системы»/ Рябова Т.В.; науч. рук. С.В. Шидловский. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), 2015. – Т.1. – [с. 180-183]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader. Режим доступа: <http://forumenergy2015.enin.tpu.ru/files/%D0%A2%D0%BE%D0%BC%201.pdf>

## 17 Список использованных источников

1. ООО «Курганхиммаш». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kurgankhimmash.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. ГОСТ 21.408-2013 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с.
3. ГОСТ 21.208-2013 Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Стандартинформ, 2013. – 32 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие/ А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
5. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие/ А.В. Волощенко, Д.Б. Горбунов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 109 с.
6. Стандарт Компании ОАО «НК «Роснефть» № ПЗ-04 СД-0038 «Автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам». – М.: ОАО «НК «Роснефть», 2014. – 28 с.
7. Руководство по эксплуатации. Манометр с трубчатой пружиной. Серия – нержавеющая сталь. WIKA модель 232.50/233.50, без/с гидрозаполнением. – М.: WIKA, 2011. – 2 с.
8. Руководство по эксплуатации. Манометрические термометры. Серия – нержавеющая сталь. WIKA модель 73. – М.: WIKA, 2007. – 12 с.
9. Руководство по эксплуатации. Термометр инфракрасный переносной. Кельвин-911KM40. – М.: Евромикс, 2014. – 8 с.
10. Руководство по эксплуатации. Датчик избыточного/разности давлений. Метран-150TG/CD. – М.: Метран, 2015. – 258 с.

- 11.Руководство по эксплуатации. Микропроцессорные преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом. Метран-2700. – М.: Метран, 2015. – 257 с.
- 12.Руководство по эксплуатации. Аналоговые преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом. ТСПУ Метран-276. – М.: Метран, 2015. – 257 с.
- 13.Руководство по эксплуатации. Сигнализатор уровня ультразвуковой. СУР-8. – М.: Сенсор, 2011. – 25 с.
- 14.Руководство по эксплуатации. Уровнемеры автономные многофункциональные. ДУУ4МА. – М.: Альбатрос, 2006. – 28 с.
- 15.Руководство по эксплуатации. Уровнемеры многофункциональные. ДУУ10. – М.: Альбатрос, 2010. – 59 с.
- 16.Руководство по эксплуатации. Сигнализаторы световые. ВС-4-3С-24В. – М.: Элком, 2011. – 1 с.
- 17.Руководство по эксплуатации. Сигнализаторы светозвуковые. ВС-3-24В. – М.: Элком, 2011. – 1 с.
- 18.Руководство по эксплуатации. Вибропреобразователи пьезоэлектрические с предупредителями серии ВК-310С. – М.: ВиКонт, 2013. – 32 с.
- 19.Руководство по эксплуатации. Газоанализаторы СГОЭС. – М.: Электростандарт- прибор, 2012. – 51 с.
- 20.Руководство по эксплуатации. Сигнализатор прохождения очистного устройства ДПС-7В. – Томск.: ООО «НТП ИПЦ», 2015. – 40 с.
- 21.Руководство по эксплуатации. Байпасный индикатор уровня ВМ-26-А. – М.: Krohne, 2004. – 48 с.
- 22.Руководство по эксплуатации. Расходомер вихревой Rosemount 8800D. – М.: Метран, 2015. – 313 с.
- 23.ООО «ПромМатика». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prommatika.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

24. Кип Эксперт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kipexpert.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
25. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика» / Н.А. Бабаков, А.А. Воронов, А.А. Воронова и др.; Под ред. А.А. Воронова. – Е.: Издательство АТП, 2015. – 367 с.
26. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электрических станций: Учебное пособие для вузов / Г.П. Плетнев – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 340 с.
27. Механизмы исполнительные электрические однооборотные МЭО: Номенклатурный каталог. – Чебоксары: Изд-во ЗЭИМ, 2001. – 25 с.
28. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов: Учебное пособие для вузов / Е.П. Стефани. – М.: ГЭИ, 1960. – 395 с.
29. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
30. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие / Ю.В. Скворцов. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
31. Безопасность жизнедеятельности: учебник для высших учебных заведений Министерства образования и науки РФ / В.Н. Азаров, А.И. Ажгиревич, В.А. Грачёв и др.; Под общ. ред. В.В. Гутенёва. – М.: Волгоград: ПринТерра, 2009. – 512 с.
32. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. – М.: Минздрав России, 1997. – 20 с.

- 33.СНиП 23–03–2003 Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2003. – 34 с.
- 34.ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ Шум. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 13 с.
- 35.СанПиН 2.2.4.548 – 96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997. – 12 с.
- 36.Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: Учеб. для вузов / С.В. Белов. – М.: Изд- во Юрайт, 2013. – 671 с.
- 37.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 2003. – 34 с.
- 38.Основы техники безопасности в электрических установках: Учебное пособие / П.А. Долин. – М.: Энергия, 1990. – 312 с.
- 39.ГОСТ Р МЭК 60950-23-2011 Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 23. Оборудование для хранения больших объемов данных. – М.: Стандартинформ, 2012. – 8 с.
- 40.ГОСТ 12.1.030–81 Защитное заземление, зануление. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 7 с.
- 41.ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
- 42.ВНТП 03/170/567–87 Противопожарные нормы проектирования объектов Западно-Сибирского нефтегазового комплекса. – М.: Миннефтегазстрой, 1987. – 22 с.
- 43.ВНТП 3-85 Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений. – М.: Миннефтегазстрой, 1985. – 21 с.
- 44.ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части

воздействия климатических факторов внешней среды. – М.:  
Издательство стандартов, 1970. – 33 с.

45.ГОСТ Р 12.4.026-2001 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и  
разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие  
технические требования и характеристики. Методы испытаний. – М.:  
Стандартинформ, 2012. – 20 с.