

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
<b>Совершенствование автоматизированной системы управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти</b>

УДК 681.51:004.896:621.928:622.276.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Сницарь Евгений Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Елена Вячеславовна	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В. В.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		

Запланированные результаты обучения по направлению «Автоматизация  
технологических процессов и производств»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Использовать основные знания в области математических и естественных наук для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теоретические и практические навыки и методы решения инженерных задач.
P2	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P3	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P4	Иметь представление о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
<b>Универсальные компетенции</b>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы. Быть готовым нести ответственность за риски в работе коллектива при решении инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду, юридических аспектов.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения \_\_\_\_\_ осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2020
--	------------

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Е. В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Воронин А.В.

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

В форме:

**БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Сницарь Евгению Александровичу

Тема работы:

<b>Совершенствование автоматизированной системы управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 № 59-64/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является совершенствование автоматизированной системы контроля и управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти, а именно замены устаревающих приборов контроля и управления блоком сепарации, внедрение противоаварийной защиты.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание технологического процесса</li> <li>2. Выбор архитектуры АС</li> <li>3. Разработка структурной схемы АС</li> <li>4. Функциональная схема автоматизации</li> <li>5. Разработка схемы информационных потоков АС</li> <li>6. Выбор средств реализации АС</li> <li>7. Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС</li> <li>8. Разработка экранных форм АС</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Основная часть	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н., Кузьминская Е. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В. В.

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	07.04.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Е. В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Сницарь Евгений Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,  
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т52	Сницарь Евгению Александровичу

<b>Институт</b>	<b>ТПУ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОАР ИШИТР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	-
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Действующие ставки единого социального налога и НДС</i>

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение назначения объекта и определение целевого рынка</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Разработка НИР на этапы, составление графика работ</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка технико-экономической эффективности проекта</i>

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

- 1. График проведения и бюджет НИ*
- 2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.04.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		07.04.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Сницарь Евгений Александрович		07.04.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8T52	Сницарь Евгению Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

**Совершенствование автоматизированной системы управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти**

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочей зоной оператора является помещение диспетчерской, оборудованная персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров установки комплексной подготовки нефти. Здание, в котором находится помещение диспетчерской, расположено на территории УКПН.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности нефтегазоперерабатывающих производств
<p><b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Отклонение показателей микроклимата</li> <li>- превышение уровня шума</li> <li>- отсутствие или недостаток естественного света</li> <li>- недостаточная освещённость рабочей зоны</li> <li>- электрический ток</li> <li>- статическое электричество</li> <li>- пожаробезопасность</li> <li>- повышенная загазованность</li> <li>- укус насекомых</li> <li>- информационная нагрузка</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение атмосферы</li> <li>– загрязнение литосферы</li> <li>– загрязнение гидросферы</li> </ul>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, утечка газа, взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.04.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			07.04.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Сницарь Евгений Александрович		07.04.2020



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц машинописного текста, 21 таблицу, 40 рисунков, список использованных источников из 48 наименований и 7 приложений.

УСТАНОВКА КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ, БЛОК СЕПАРАЦИИ, КЛАПАН С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ, СЕПАРАТОР ТРЕХФАЗНЫЙ, ПИД – РЕГУЛЯТОР, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО, ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ПРОТОКОЛ, КОММУТАЦИОННЫЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, SCADA – СИСТЕМА.

Объектом исследования является блок сепарации установки комплексной подготовки нефти. Установка находится в республике Татарстан, город Азнакаево. Объём добычи на конец 2019 года – 500 миллионов тонн нефти с начала разработки.

Целью данной работы является совершенствование автоматизированной системы блока сепарации на установке комплексной подготовки нефти путём замены устаревающих приборов контроля и управления, использования программируемого логического контроллера (ПЛК), на основе выбранной SCADA – системы, внедрения противоаварийной защиты.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- изучение состава и принципа работы автоматизированной системы в целом, а также ее составных частей;
- рассмотрение подробно блока сепарации, с определением его проблемных мест, ухудшающих работоспособность, качество конечного продукта;
- анализа и выбор компонентов, способствующих улучшению рабочего процесса и установки в целом.

В данном дипломе была разработана система контроля и управления технологическим процессом с применением SCADA – системы Trace mode, на базе промышленных контроллеров Allen–Bradley. Разработанная система может применяться в системах управления, контроля и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволяет нам повысить точность и надежность измерений, увеличить производительность, сократить число аварий.

## Содержание

Обозначения и сокращения .....	13
Введение.....	14
1 Анализ установки комплексной подготовки нефти .....	16
2 Анализ блока сепарации .....	18
2.1 Обзор установленных датчиков и исполнительных механизмов .....	20
2.2 Вывод.....	24
3 Совершенствование системы автоматизированного управления блока сепарации.....	25
3.1 Архитектура автоматизированной системы .....	26
3.2 Общие сведения о структурной схеме .....	27
3.3 Функциональная схема автоматизации.....	29
3.4 Схема информационных потоков блока сепарации .....	30
3.5 Выбор средств реализации блока сепарации.....	33
3.5.1 Выбор контроллерного оборудования блока сепарации .....	34
3.6 Резервирование ПЛК и устройств ввода/вывода.....	38
3.7 Выбор датчиков .....	40
3.8 Выбор датчиков давления .....	45
3.9 Выбор датчика температуры.....	49
3.10 Выбор уровнемера .....	53
3.11 Выбор датчика – сигнализатора уровня.....	56
3.12 Выбор регулирующего клапана .....	57
3.13 Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы блока сепарации .....	60
3.14 Экранные формы автоматизированной системы блока сепарации .....	67
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	72
4.1 Организация и планирование научно-исследовательских работ .....	72
4.1.1 Разработка графика проведения научного исследования.....	73
4.2 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта.....	75
4.2.1 Расчёт затрат на материалы.....	78
4.2.2 Расчёт заработной платы.....	78
4.2.3 Расчёт затрат на социальный налог .....	79
4.2.4 Расчёт затрат на электроэнергию.....	79
4.2.5 Расчёт амортизационных расчетов .....	80
4.2.6 Расчёт расходов, учитываемых непосредственно на основе платёжных (расчётных) документов (кроме суточных) .....	81
4.2.7 Расчёт прочих расходов.....	82

4.2.8	Расчёт общей себестоимости разработки .....	82
4.2.9	Расчет прибыли.....	82
4.3	Расчет НДС.....	83
4.3.1	Цена разработки НИР .....	83
4.3.2	Оценка экономической эффективности проекта .....	83
5	Социальная ответственность.....	84
5.1	Профессиональная социальная безопасность.....	85
5.2	Анализ вредных и опасных факторов .....	86
5.2.1	Повышенный уровень шума.....	86
5.2.2	Укус насекомых .....	87
5.2.3	Проблемы с освещением.....	87
5.2.4	Повышенная загазованность.....	87
5.2.5	Отклонение показателей микроклимата .....	88
5.2.6	Информационная нагрузка .....	88
5.2.7	Электромагнитное излучение.....	89
5.2.8	Анализ опасных факторов .....	90
5.3	Экологическая безопасность .....	91
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	93
5.4.1	Пожарная безопасность .....	93
5.5	Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	95
5.6	Выводы по разделу .....	97
	Заключение.....	98
	Список используемых источников.....	99
	Приложение А (обязательное) Функциональная схема сепаратора I ступени .....	103
	Приложение Б (обязательное) Функциональная схема блока сепарации.....	104
	Приложение В (обязательное) Трёхуровневая структура автоматизированной системы .	105
	Приложение Г (обязательное) Функциональная схема автоматизации.....	106
	Приложение Д (дополнительное) Схема внешних проводов.....	107
	Приложение Е (обязательное) Алгоритм сбора данных .....	108
	Приложение Ё (обязательное) Мнемосхема .....	109

## Обозначения и сокращения

В данной выпускной квалификационной работе используется следующие обозначения и сокращения:

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АСУ ТП – автоматизированная система управления рабочим процессом;

АСУ – автоматизированная система управления;

АС – автоматизированная система;

АСБС – автоматизированная система блока сепарации;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

БДК – база данных конфигурации;

БКНС – блочно-кустовая насосная станция;

БС – блок сепарации;

КИС – корпоративная информационная система;

НГС – нефтегазовый сепаратор;

HART – набор коммуникационных стандартов для промышленных сетей;

ПО – программное обеспечение;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПВХ – бесцветная прозрачная пластмасса;

ПЭТФ – полиэтилентерефталат (термопластик);

ПИД – пропорционально-интегрально-дифференцирующий (регулятор);

ПАЗ – противоаварийная защита;

ППЗУ – постоянное запоминающее устройство;

САР – система автоматического регулирования;

ТЗ – техническое задание;

УКПН – установка комплексной подготовки нефти;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

EEPROM – энергозависимая перепрограммируемая память;

ОРС – интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами;

SCADA – система диспетчерского управления и сбора данных.

## Введение

Нефтедобывающие предприятия представляют себя как сложные комплексы технологических объектов, которые осуществляют добычу, транспортировку, первичную обработку (подготовку), хранение и внешнюю перекачку нефти и газа.

Главными отличительными особенностями нефтедобывающего предприятия являются:

- непрерывная работа технологических процессов;
- большая рассредоточенность объектов на площадях;
- однотипность технологических процессов на существующих объектах (групповые установки, сепараторы, скважины, и т.д.);
- непостоянность на месторождении объёма добычи нефти;
- связь всех технологических объектов через единый пласт, на который проведены все эксплуатационные и нагнетательные скважины, через поток продукции (газ, нефть) и через энергетические потоки (вода, пар, газ).

Однотипность и непрерывность выполняющихся технологических процессов, их связь через единый продукт и энергетические потоки позволяют решать задачи автоматического управления, используя уже существующие методы теории автоматического управления.

В достаточно сложном процессе добычи нефти из скважин извлекается смесь, состоящая из нефти, нефтяного попутного газа, воды и всяческих механических примесей. Транспортировать продукцию в добываемом виде по магистральным нефтепроводам нельзя.

Главной целью подготовки нефти на промысле является ее дегазация, обезвоживание, обессоливание и стабилизация, при этом дегазация нефти осуществляется непосредственным путём на кустовых площадках, газосепараторах и автоматизированных групповых замерных установках, а обезвоживание, обессоливание и стабилизация на установках комплексной подготовки нефти (УКПН).

На сегодняшний день установки комплексной подготовки нефти (УКПН) стандартного типа достаточно хорошо автоматизированы и имеют достаточный уровень контроля и управления над различными технологическими параметрами, за исключением блока сепарации. Недостатками данного блока являются устаревающие средства управления и контроля, а так же отсутствие противоаварийной защиты. Исходя из этого, главной целью данной работы является совершенствование блока сепарации установки комплексной подготовки нефти (УКПН). Для этого в выпускной квалификационной работе будет предложено применение новых приборов с унифицированными сигналами и протоколом HART, внедрение противоаварийной защиты, а так же корректная кооперация выбранного оборудования с современными операционными системами.

## **1 Анализ установки комплексной подготовки нефти**

УКПН (установка комплексной подготовки нефти) – это комплект оборудования, непосредственно осуществляющий технические операции по подготовке нефти. Нефть из скважин добывается не в чистом виде, а вместе с нефтью поступают твёрдые частицы механических примесей (затвердевшего цемента, горных пород), пластовая вода, попутный (нефтяной) газ. Для отделения нефти от прочих материалов в её подвергают ряду технологических процессов, таких как обессоливание, обезвоживание, дегазация и удаление твёрдых частиц. В соответствии с комплексом проводимых работ, на установке по подготовке нефти происходит главный процесс по подготовке нефти. Соответственно комплекс этого оборудования называется УКПН.

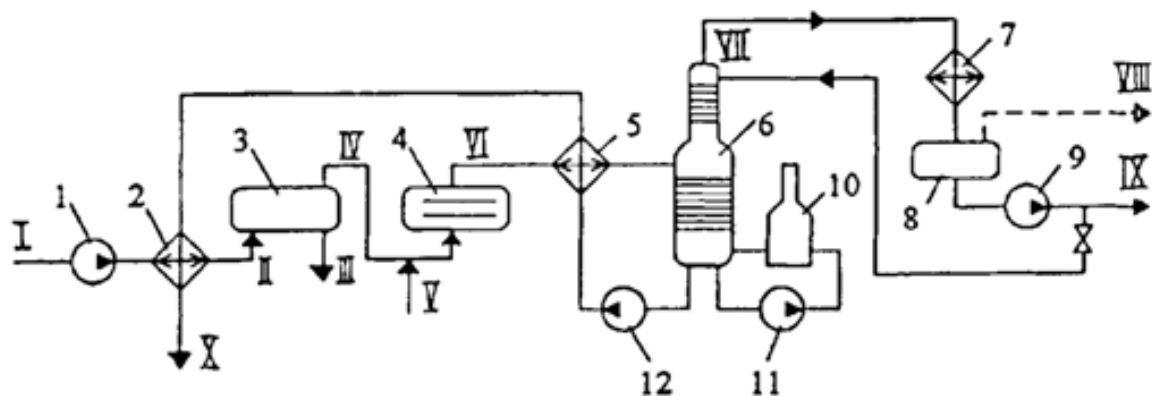
После окончательного контроля, обезвоженная, обессоленная и дегазированная нефть направляется в блоки (резервуары) хранения товарной нефти. Далее, нефть поступает на главную насосную станцию магистрального нефтепровода.

На данный момент установка комплексной подготовки нефти имеет достаточную степень автоматизации и может обеспечить максимальный уровень контроля и управления технологическими параметрами.

На рисунке 1.1 приведена принципиальная схема установки комплексной подготовки нефти [1].

Рабочий процесс на установке комплексной подготовки нефти проходит в несколько этапов. Сначала, холодная (сырая) нефть перекачивается из резервуаров центрального сборного пункта с помощью насоса (1) в теплообменник (2), в котором нагревается до  $(50 - 60)^{\circ}\text{C}$ . Далее нефть подаётся в отстойник непрерывного действия (3).





1,9,11,12 – насосы; 2,5 – теплообменники; 3 – отстойник; 4 – электродегидратор; 6 – стабилизационная колонная; 7 – конденсатор-холодильник; 8 – ёмкость орошения; 10 – печь; I – холодная «сырая» нефть; II – подогретая «сырая» нефть; III – дренажная вода; IV – частично обезвоженная нефть; V – пресная вода; VI – обезвоженная и обессоленная нефть; VII – пары лёгких углеводородов; VIII – несконденсировавшиеся пары; IX – широкая фракция (сконденсировавшиеся пары); X – стабильная нефть.

Рисунок 1.1 – Принципиальная схема установки комплексной подготовки нефти

В отстойнике большая часть минерализованной воды оседает на дно аппарата и отводится для будущей подготовки с целью закачки в пласт (III).

Чтобы уменьшить концентрацию солей в оставшейся минерализованной воде в поток вводится пресная вода (V). Окончательное отделение воды от нефти производится в электродегидраторе (4). Далее обезвоженная нефть поступает через теплообменник (5) в стабилизационную колонну (6). За счёт прокачки нефти из низа колонны через печь (10) насосом (11) её температура доводится до 240 °С. Пары лёгких углеводородов из стабилизационной колонны (6) поступают в конденсатор-холодильник (7), где они охлаждаются до 30 °С, основная их часть конденсируется и накапливается в ёмкости орошения. В конденсаторе-холодильнике пропано-бутановые и пентановые фракции в основном конденсируются, образуя так называемую широкую

фракцию. Несконденсировавшиеся компоненты отводятся для использования в качестве топлива.

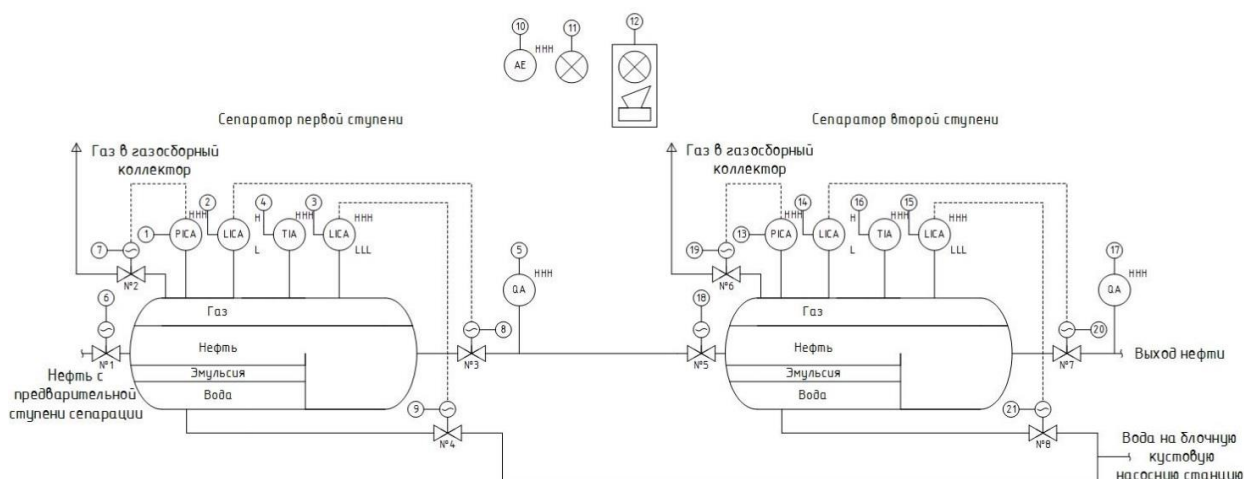
Насосом (9) широкая фракция откачивается на фракционирование и частично используется для орошения в колонне (6). Из низа колонны стабильная нефть откачивается в товарные резервуары насосом (12). Горячая стабильная нефть на этом пути отдаёт часть своего тепла сырой нефти в теплообменниках (2,5).

Исходя из этих этапов, можно увидеть, что установка комплексной подготовки нефти делится на блоки обезвоживания, обессоливания и стабилизации нефти. Для обезвоживания используется одновременно подогрев, отстаивание и электрическое воздействие, т.е. сочетание сразу нескольких методов. Входящие в установку блоки имеют достаточный уровень автоматизации, средства контроля и измерения на них не устарели. Исключением является блок сепарации.

## **2 Анализ блока сепарации**

В приложениях А, Б приведены функциональные схемы сепаратора I ступени, блока сепарации.

Блок сепарации установки комплексной подготовки нефти состоит из двух горизонтальных сепараторов. Сепараторы состоят из I и II ступеней сепарации газожидкостной смеси. Нефть, которая отделилась в первом отсеке нефтегазового сепаратора (НГС), далее перетекает во второй отсек, а вода из первого отсека отправляется на блочную кустовую насосную станцию (БКНС). Положение уровня раздела сред регулируется откачкой воды. Согласно уровню разлива, во втором отсеке происходит регулировка откачки нефти из этого отсека. На рисунке 1.2 представлена функциональная схема блока сепарации.



6,7,8,9,18,19,20,21 – задвижки; 1,13 – датчики давления; 2,3,14,15 – датчики уровня; 5,17 – обводнённость нефти; 10 – загазованность на площадке; 11 – световая сигнализация; 12 – светозвуковая сигнализация.

Рисунок 1.2 – Функциональная схема блока сепарации

Главной целью совершенствования системы является формирование качественного уровня автоматизации в системе. На сегодняшний день к блоку сепарации предъявляются следующие требования:

- получение достоверной информации;
- повышение точности и эффективности измерения параметров;
- оптимизация режимов работы;
- уменьшение трудозатрат;
- повышение безопасности производства, улучшение экологической обстановки в районе производства;
- экономия электроэнергии, продление ресурса выбранных устройств;
- улучшение условий труда оперативного персонала.

Оснащение нефтегазового сепаратора набором датчиков, равняющимся, количеству контролируемых параметров будет являться традиционным решением задачи управления процессом сепарации. Для используемой установки потребуется не меньше четырёх датчиков, для сигнализатора предельного уровня и уровнемеров, а также соединение фланцевое для датчика давления.

## 2.1 Обзор установленных датчиков и исполнительных механизмов

Логический контроллер ПЛК110-32 выполнен в компактном DIN-реечном корпусе, имеет степень защиты корпуса стандарта IP20. Данный контроллер имеет большое количество интерфейсов на борту, которые работают независимо друг от друга.

Пример встроенных интерфейсов и протоколов:

- для программирования контроллера USB Device;
- Ethernet 10/100 Mbps.

ПЛК110-32 обладает режимом самодиагностики, 5 языками программирования.

- до трёх последовательных портов.

На рисунке 2.1 представлен программируемый логический контроллер ПЛК110-32 [2].



Рисунок 2.1 – Программируемый логический контроллер ПЛК110-32

Для измерения расхода отделившейся нефти на каждом этапе, используется расходомер Sitrans fx300. Данный расходомер применяет вихревой тип измерений, позволяет измерять расход жидкости, пара, газа. В данном расходомере используется сбалансированный по массе сенсор и адаптивная цифровая обработка сигнала. Имеется устойчивость к вибрации. Конструкция с изолированным сенсором позволяет выполнять замену без нарушения герметичности оборудования. Погрешность измерений расхода составляет  $\pm 2\%$ . Среднее время наработки на отказ составляет 50000 ч.

На рисунке 2.2 представлен расходомер Sitrans fx300 [3].



Рисунок 2.2 – Расходомер Sitrans fx300

Для измерения давления используется датчик ЕСМА SMAR LD300. Данное устройство позволяет измерять избыточное, абсолютное, дифференциальное давление. Датчик позволяет измерять такие среды как газ, жидкость, пар. Погрешность измерений составляет 0,075 %. Время наработки на отказ составляет 80000 ч.

На рисунке 2.3 представлен датчик давления ЕСМА SMAR LD300 [4].



Рисунок 2.3 – Датчик давления ЕСМА SMAR LD300

Для измерения температуры используется Rosemount 644Н. Данный прибор имеет различные монтажные конфигурации, включая монтаж в головке датчика, полевой монтаж либо монтаж на рейке с различными вариантами корпуса. Устройство позволяет измерять нейтральные и агрессивные среды. Присутствует функция горячей замены в случае отказа.

Выходной сигнал (4-20) мА, протокол HART. Среднее время наработки на отказ составляет 80000 ч.

На рисунке 2.4 представлен датчик температуры Rosemount 644Н [5].



Рисунок 2.4 – Датчик температуры Rosemount 644Н

Для измерения уровня используется датчик МПУ-УР.01.006/07. Данный датчик состоит из сенсора и электронного блока, внутренние компоненты защищены от проникновения влаги. Имеется высокая устойчивость к помехам, выход (4-20) мА. Погрешность измерений составляет  $\pm 10$  мм. Среднее время наработки на отказ составляет 80000 ч. Уровнемер пригоден для работы в неблагоприятных условиях.

На рисунке 2.5 представлен уровнемер МПУ-УР.01.006/07 [6].



Рисунок 2.5 – Уровнемер МПУ-УР.01.006/07.

Для определения предельного уровня используется датчик-реле уровня жидкости РИЗУР ДРУ-1ПМ. Данный датчик применяется для контроля уровня масла, воды, а также других жидкостей с динамической вязкостью. По характеристике пожарной безопасности данный датчик не обладает способностью к самовоспламенению. Погрешность измерения не более 12

мм относительно номинального срабатывания. Рабочее давление от 0,054 до 0,2 МПа.

На рисунке 2.6 представлен датчик-реле уровня жидкости РИЗУР ДРУ-1ПМ [7].



Рисунок 2.6 – Датчик-реле уровня жидкости РИЗУР ДРУ-1ПМ

В качестве клапана регулирования используется клапан Danfoss VS2. Выполнено данное исполнительное устройство из необесцинковывающейся латуни. Коэффициент протечки через клапан составляет не более 0,05 %.

На рисунке 2.7 представлен клапан Danfoss VS2 с установленным электроприводом Danfoss AME 10 [8].



Рисунок 2.7 – Клапан Danfoss VS2 с установленным электроприводом Danfoss AME 10

Блок сепарации имеет степень автоматизации, но установленные измерительные приборы и механизмы используются в работе достаточно долгое время. Этот факт делает систему менее точной в плане снятия показаний. Появляется большая вероятность аварийных ситуаций на производстве.

## **2.2 Вывод**

В данном разделе ознакомились с блоком сепарации и его функциональной схемой, также ознакомились с установленными датчиками и исполнительными механизмами. В ближайшее время на установленное оборудование заканчивается установленный срок службы. Исходя из этих фактов, мы понимаем, что наша установка в целом требует совершенствования путём замены устройств и механизмов системы для создания благоприятных условий на рабочем месте. Чтобы обеспечить безопасную работу в случае отказа ПЛК, будет выбран более лучший вариант логического контроллера и внедрено его резервирование. Немаловажным фактором является использование оборудования на современных операционных системах, стоимость заменяемых устройств, и их повышенный срок работы, в отличие от уже установленных.

При подборе новых устройств будет делаться упор на пониженную стоимость, увеличенный срок службы изделий и более точные технические характеристики.



### 3 Совершенствование системы автоматизированного управления блока сепарации

Автоматизация блока сепарации установки комплексной подготовки нефти даёт возможность повысить производительность всего блока в целом, позволяет обеспечивать лучшие условия труда для рабочего персонала. В блоке сепарации используется сложная структурная система управления. Данная система представляет себя как три уровня контроля и управления которые взаимодействуют между собой.

Первый уровень (нижний) представляет собой исполнительные датчики и механизмы. Во второй уровень входят модули ввода/вывода информации, контроллер, местный щит управления. В третий уровень входит автоматизированное рабочее место (станция оператора).

На рисунке 3.1 представлена структура АСУ ТП [9].

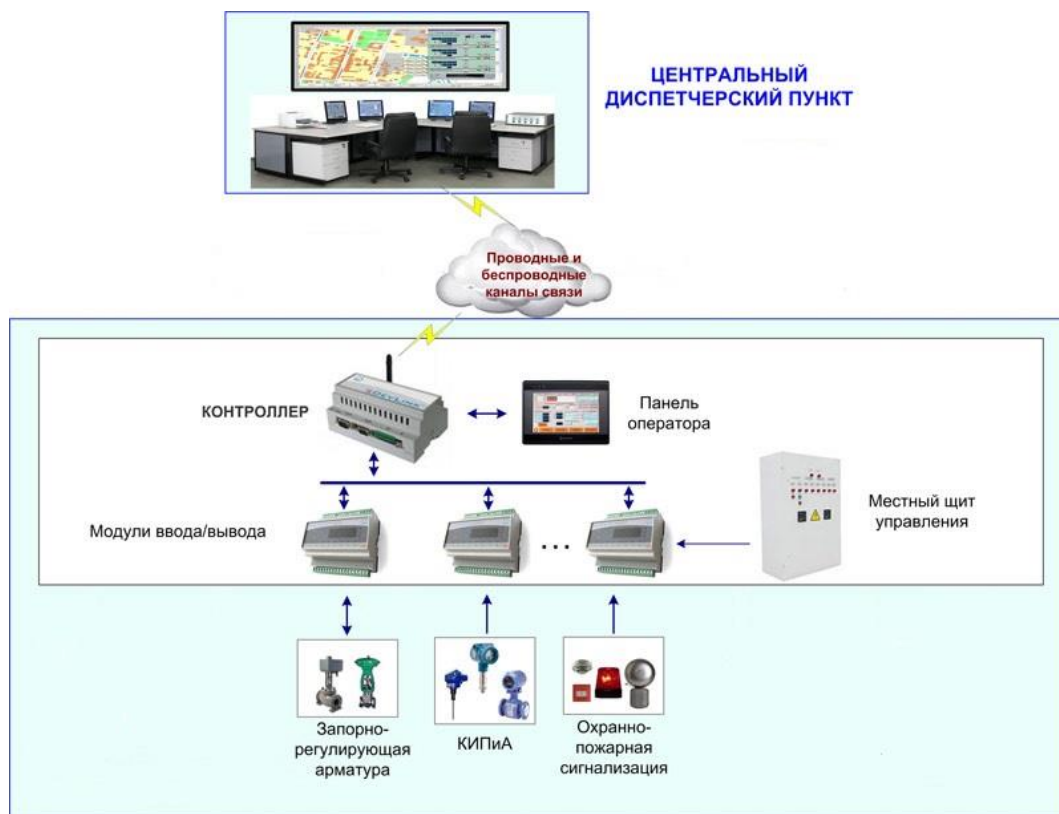


Рисунок 3.1 – Структура АСУ ТП

Установленный контроллер формирует сигналы управления запорной арматурой на основании измерений уровней. Реализация двух контуров регулирования проходит так: в первом отсеке сепаратора - регулировка по

уровню воды, а во втором отсеке - регулировка по уровню нефти. Далее введён третий контур регулирования давления выходного газа на факел. Принцип локальных автоматов заложен в основе процедуры регулирования, когда за счёт специализированных модулей регуляторов из состава контроллера выполняется требуемый закон регулирования. Разнесение задач контроля и регулирования на разные уровни архитектуры комплекса упрощает локальную визуализацию текущего состояния нефтегазового сепаратора и приводит к повышению надежности.

Все используемые регуляторы имеют возможность работать в двух режимах – дистанционном и автоматическом. Положения соответствующих переключателей "Управление АВТОМАТИЧЕСКОЕ/ДИСТАНЦИОННОЕ" позволяют выбирать режимы работы регуляторов. Для каждого регулятора настройка (выбор рабочего диапазона, закона регулирования, и другие.) осуществляется индивидуальным образом. Данная настройка происходит путём массивов настроечных параметров, имеющихся в контроллере управления. Весь процесс настройки можно производить либо с автоматизированного рабочего места оператора (АРМ), либо с местного пульта.

### **3.1 Архитектура автоматизированной системы**

Понятие профиля лежит в основе архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС. Понятие профиля разъясняется как набор стандартов, которые ориентируются на выполнение конкретной поставленной задачи. Основными и главными целями применения профилей являются:

- понижение трудоемкости проектов автоматизированной системы;
- улучшение качества оборудования автоматизированной системы;
- возможность масштабируемости (расширяемости) автоматизированной системы по набору прикладных функций;

- возможность обеспечения функциональной интеграции задач для информационных систем.

В основу профилей автоматизированной системы включаются следующие группы:

- профиль защиты информации автоматизированной системы;
- профиль прикладного программного обеспечения;
- профиль инструментальных средств автоматизированной системы;
- профиль среды автоматизированной системы.

Готовая к использованию и открытая SCADA-система Trace mode 6 используется в качестве профиля прикладного программного обеспечения. На операционной системе Windows 7 базируется профиль среды автоматизированной системы (АС), т.к. данная система надёжна и проста в использовании. Стандартные средства защиты Windows включены в профиль защиты информации. На основе среды Open PCS работает профиль инструментальных средств.

### **3.2 Общие сведения о структурной схеме**

Замер давления, температуры, уровня нефти, а в трубопроводах – давления, расход газа или жидкости осуществляется на блоке сепарации, непосредственно в сепараторе. Клапаны с электроприводом являются исполнительными устройствами.

Программно-аппаратная платформа, которая используется на каждом уровне, определяет специфику каждой конкретной системы управления. В приложении Б приведена трёхуровневая структура автоматизированной системы.

Нижний (полевой) уровень состоит из первичных датчиков:

- датчик сигнализатора уровня;
- одного датчика температуры с индикацией и регистрацией (TIR);
- трех расходомеров;

- двух датчиков давления исполнительных устройств (клапанов с электроприводом);

- двух уровнемеров.

Средний (контроллерный) уровень включает в себя локальный контроллер.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень включает в себя коммуникационный контроллер, который выполняет роль концентратора, а также сервера базы данных и компьютеров, объединенных в локальную сеть Ethernet. На компьютерах операторов и диспетчера установлено программное обеспечение SCADA Trace mode 6 и операционная система Windows 7. Важным фактором является наличие лицензии для устанавливаемого программного обеспечения. Данное требование связано с возможностью официальной поддержки от производителя ПО и страховки на период использования программ.

Информация с датчиков нижнего уровня поступает на средний уровень управления программируемому логическому контроллеру (ПЛК). Функции, выполняемые программируемым логическим контроллером:

- сбор, первичную обработку и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;

- автоматическое логическое регулирование и управление;

- обработка и выполнение команд с пункта управления;

- обмен информацией с пунктами управления.

Через коммуникационный контроллер верхнего уровня в сеть диспетчерского пункта отправляется информация с локального контроллера. В свою очередь коммуникационный контроллер выполняет следующие функции:

- функция сбора данных с локальных контроллеров;

- функция обработки данных, включая масштабирование;

- функция синхронизация работы подсистем;

- функция организации архивов по выбранным параметрам;

- поддержание единого времени в системе;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем.

Несколько станций управления включаются в блок сепарации (БС), представляющие из себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора/диспетчера. Сервер базы данных также установлен здесь. Для оперативного управления и отображения хода технологического процесса установлены компьютерные экраны диспетчера.

Все аппаратные средства системы управления объединены между собой каналами связи. На нижнем уровне контроллер взаимодействует с датчиками и исполнительными устройствами. На базе интерфейса Ethernet осуществляется связь между контроллером верхнего уровня и локальным контроллером.

Посредством сети Ethernet осуществляется связь автоматизированных рабочих мест оперативного персонала между собой, а также с контроллером верхнего уровня.

### **3.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации представляет себя как технический документ, который определяет функционально-блочную структуру отдельно взятых узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления средствами автоматизации и приборами. Согласно структуре функциональной схемы, на ней должны изображаться системы автоматического контроля, дистанционного управления, регулирования и сигнализации.

Все присутствующие элементы систем управления на схеме объединяются в единую систему линиями функциональной связи и изображаются в виде условных изображений. Технологическая схема автоматизируемого процесса содержится как упрощённое изображение

функциональной схемы автоматического контроля и управления. Оборудование указывается на схеме в виде условных изображений.

Функциональная схема автоматизации технологического процесса отвечает за следующие задачи:

- получение первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для стабилизации технологических параметров процесса и управления им;
- регистрация и контроль состояния технологического оборудования;
- регистрация и контроль технологических параметров процессов.

Согласно общим техническим требованиям, разработана функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-13 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [10] и ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [11].

В приложении Г приведена и выполнена функциональная схема автоматизации согласно требованиям, ГОСТ 21.408–13.

### **3.4 Схема информационных потоков блока сепарации**

В схему информационных потоков включаются три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

Данные физических устройств ввода/вывода представляются на нижнем уровне. В них включаются данные о вычислении и преобразовании, данные дискретных сигналов и аналоговых сигналов.

Средний уровень представляется как буферная база данных, которая является как источником, так и приемником, запрашивающим данные от

внешних систем. Если описывать другими словами, она будет выполнять функцию некоего маршрутизатора информационных потоков, который прокладывает путь к графическим экранным формам АРМ-приложений от систем телемеханики и автоматики. Из полученных данных на данном уровне программируемый логический контроллер (ПЛК) формирует пакетные потоки информации. По протоколу Ethernet передаются все сигналы между автоматизированным рабочим местом оператора, контроллерами и между контроллером верхнего уровня.

Параметры в формате стандарта OPC, передаются в вычислительную локальную сеть и включают в себя:

- объем газа на выходе, м<sup>3</sup>/ч,
- объем воды на выходе, м<sup>3</sup>/ч,
- уровень нефти в сепараторе, мм,
- температура газожидкостной смеси в факельном сепараторе, °С,
- давление в сепараторе, МПа,
- давление газа на выходе, МПа,
- уровень воды в 1 отсеке, мм,
- уровень воды во 2 отсеке, мм.

Свой идентификатор (ТЕГ) имеет каждый элемент управления и контроля, состоящий из символьной строки.

Структура шифра имеет вид:

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD, где

1. AAA – параметр, содержит 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- URV – уровень;
- RAS – расход;
- UPR – сигнал управляющий;

2. BBB – код технологического объекта (или аппарата), содержит 3 символа:

- TRB – трубопровод;
- K01 – регулятор уровня К-1;
- K02 – регулятор давления К-2;
- K03 – регулятор уровня К-3;
- SPR – сепаратор;

3. CCCC – уточнение, имеет не более 4 символов:

- VHOD – входной трубопровод в сепаратор;
- VYHD – выходной трубопровод;
- GAZ – газ;
- GJSM – смесь газожидкостная;
- VODA – вода;
- URV1 – уровень 1 отсека;
- URV2 – уровень 2 отсека;

4. DDDDD – примечание, имеет не более 5 символов:

- REG – регулирование;
- AVARH – сигнализация аварийная верхняя;

Для отделения одной части идентификатора от другой служит знак подчеркивания «\_», Более данный знак не несет в себе ни какого-либо другого смысла.

В таблице 3.1 представлена кодировка всех сигналов в SCADA-системе.

Таблица 3.1 – Кодировка всех сигналов в SCADA-системе

Кодировка	Расшифровка кодировки
RAS_TRB_GAS	Расход выходящего газа
RAS_TRB_VODA	Расход выходящей воды
DAV_TRB_GAS	Давление газа в выходном трубопроводе
UPR_K01_URV1_REG	Управление задвижкой уровня 1 отсека
UPR_K02_GAS_REG	Управление задвижкой давления газа
UPR_K03_URV2_REG	Управление задвижкой уровня 2 отсека
DAV_SPR_GJSM_AVARH	Аварийная граница давления в сепараторе
TEM_SPR_GJSM	Температура газожидкостной смеси в сепараторе
RAS_TRB_NEFT	Расход выходящей нефти
URV_SPR_GJSM_AVARH	Аварийная граница уровня в сепараторе



Верхний уровень представляет себя как база данных АСУ ТП и база данных тока КИС. Наборы экранных форм АРМ структурируют информацию для специалистов. Изображения на мониторе АРМ оператора отображаются в виде различных управляющих и информационных элементов. Также на АРМ диспетчера формируются различные виды отчетов в автоматическом режиме. Все отчеты формируются в формате XML. Согласно следующим расписаниям выполняется генерация отчетов:

- каждый чётный / нечётный час (двухчасовой отчет);
- каждые сутки (двухчасовой отчет в 24.00 каждых суток);
- каждый месяц;
- оперативный отчёт по требованию оператора. Отчеты формируются согласно заданным шаблонам:
- сводка текущего состояния оборудования;
- сводка текущих измерений приборов.

При помощи модуля истории Trace mode History происходит сохранение данных внутри базы данных. Для всех сигналов с заранее определённой детальностью, историческая подсистема автоматизированной системы сохраняет информацию об изменениях технологических параметров. Для обеспечения необходимой дискретности, используется «прореживание» данных, которые хранятся более трёх месяцев.

### **3.5 Выбор средств реализации блока сепарации**

Одними из важнейших задач при выборе программно-технических средств реализации проекта автоматизированной системы (АС) является анализ вариантов, выбор компонентов автоматизированной системы (АС) и анализ их совместимости.

В автоматизированной системе блока сепарации, программно-технические средства включают в себя:

- оборудование контроллерное;
- измерительные и исполнительные устройства;

- система сигнализации.

Сбором информации о технологическом процессе занимаются измерительные устройства. Что бы преобразовать энергию механическую из электрической (либо другую физическую величину для воздействия на объекты управления в соответствии с выбранными алгоритмами управления), требуются исполнительные устройства. Для решения задач логических операций и задач по вычислениям применяется контроллерное оборудование.

Фактор взрывобезопасности являлся общим критерием при подходе к выбору общей защиты датчиков и приборов, т.е. оборудование, которое вводилось в работу, подбиралось со степенью защиты «оболочка взрывонепроницаемая», либо «электрическая искробезопасная цепь». Данный вид подбора обеспечивает входные блоки контроллера таким же видом взрывозащиты.

### **3.5.1 Выбор контроллерного оборудования блока сепарации**

При подборе контроллерного оборудования будут рассматриваться следующие виды контроллеров:

- Allen-bradley 1756 ControlLogix 5560;
- Omron CJ2M;
- Siemens SIMATIC S7-1200.

#### **3.5.1.1 Контроллер Allen-bradley 1756 ControlLogix 5560**

Данный вид контроллера обладает встроенной системой ControlLogix. Система монтируется в шасси и позволяет обеспечить последовательное управление, движением и приводами, управление процессами, а также обмен и ввод/вывод информации. В состав системы ControlLogix входит контроллер и модули ввода/вывода в том же шасси. Рассматриваемый контроллер модели 5560 имеет:

- 250 максимальных соединений контроллеров;
- встроенный последовательный порт;

- дополнительный энергонезависимый вход памяти CompactFlash объёмом 128 МБ.

Преимуществами данного контроллера являются:

- связь через объединительную плату и обмен данными по сети, при этом работают независимо друг от друга;

- управление вводами/выводами через заднюю панель, а также по каналам ввода/вывода;

- соединяются по сетям ControlNet, DeviceNet, DH+, RS-232-C (протокол DF1/DH-485), Ethernet/IP.

На рисунке 3.2 представлен контроллер Allen-Bradley 1756 Controllogix 5560 [12].



Рисунок 3.2 – Allen-Bradley 1756 Controllogix 5560

### 3.5.1.2 Контроллер Omron CJ2M

Контроллер модели CJ2M является модульным, обладает набором ЦПУ различной функциональности, модулями управления движением, позволяющими одновременно осуществлять управление несколькими электроприводами, а также сетевыми модулями наиболее распространённых протоколов. Данный вид контроллера позволяет решать задачи низкого и среднего уровней сложности. Присутствует единовременная поддержка до 40 различных модулей. Помимо общеизвестных модулей расширения входов/выходов, существуют большое количество специализированных

модулей, имеющих возможность обрабатывать входящий сигнал на уровне своей аппаратной части и освобождать ресурсы центрального процессора ПЛК для нужд пользователя (Например, модуль регулирования температуры с автоматической настройкой ПИД-регулятора и контролем состояния).

К основным особенностям данного контроллера относятся:

- поддержка сетевых протоколов через Profibus-DP, Can, Ethernet, DeviceNet, Profinet;
- встроенные порты USB и Ethernet, для обеспечения прямого доступа для целей программирования, наладки, диагностики, технического обслуживания;
- увеличенный объём памяти.

На рисунке 3.3 представлен контроллер Omron CJ2M [13].



Рисунок 3.3 – Контроллер Omron CJ2M

### 3.5.1.3 Контроллер Siemens SIMATIC S7-1200

Данный вид контроллера имеет модульную конструкцию и универсальное значение. К центральному процессору программируемого контроллера можно подключить модули коммуникации, сигнальные модули и сигнальные платы ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов. Модель контроллера SIMATIC S7-1200 способна работать в реальном

масштабе времени, а также позволяет осуществить построение узлов комплексных систем автоматического управления.

К главным функциональным особенностям контроллера модели S7-1200 относятся:

- центральный процессор высокой производительности;
- программирование может осуществляться на языках LAD, FBD;
- высокое быстродействие (выполнение логической операции не превышает 0,1 мкс.);
- возможность расширения памяти путём установки карты памяти ёмкостью до 24 Мбайт;
- поддержка функций ПИД регулирования;
- встроенная функция обновления операционной системы;
- защита программы пользователя паролем.

На рисунке 3.3 представлен контроллер Siemens SIMATIC S7-1200 [14].



Рисунок 3.3 – Контроллер Siemens SIMATIC S7-1200

В таблице 3.2 представлены характеристики и сравнительный анализ предлагаемых видов ПЛК, а так же контроллер ПЛК110-32 который будет заменён.

Таблица 3.2 – Сравнительный анализ ПЛК

Технические характеристики	Siemens SIMATIC S7-1200	Allen-Bradley 1756 ContrplLogix 5560	Omron CJ2M	ПЛК110-32
Время выполнения логической операции, мкс	0,08	0,2	0,1	1
Аналоговые ИО/Дискретные ИО	16/16	20/12	20/12	18 дискретных
Типы интерфейсов	RS-485, ASCII, USS	RS-485, ASCII, FIELDBUS	RS-485, ASCII	RS-232, RS-485
Языки программирования	LAD, FBD, SCL	LAD, FBD,	LAD,FBD,SFC, CFC	CoDeSys v.2.3. 5 языков
Поддержка ПИД регулирования	Да	Да	Да	Да
Замена на горячую	Да	Да	Да	Нет
Напряжение питания номинально	24 В	24 В/ 110-220 В при частоте 50 Гц	24 В	24 В
Наращивание	До 16 модулей	До 40 модулей	До 8 модулей	До 32 модулей
Цена, руб	164 800	117 000	138 000	22 000

Согласно приведённому сравнению все контроллеры в достаточном объёме удовлетворяют всем критериям подбора в плане технических характеристик, а именно рассмотренные варианты имеют тип интерфейса RS-485, есть возможность наращивания свыше 20 %. При этом исходя из экономических показателей, большой расширяемости предусмотренного в одном шасси, выбран ПЛК Allen-Bradley 1756 Controllogix.

### 3.6 Резервирование ПЛК и устройств ввода/вывода

Целью резервирования логического контроллера является повышение готовности системы за счёт передачи управления резервному контроллеру в случае проблем в шасси основного контроллера, то есть обеспечения безопасности системы. В выбранном ПЛК Allen-Bradley 1756 Controllogix управление от основного к резервному контроллеру в следующих случаях:

- отключение соединительного кабеля ControlNet от модуля 1756 в шасси основного контроллера;
- сбой питания в шасси основного контроллера;
- удаление одного из модулей из шасси основного контроллера;
- сбой программного или аппаратного обеспечения в каком-либо из модулей в шасси основного контроллера;
- команда пользователя на переключение.

Резервирование не будет требовать дополнительного программирования, а так же является полностью прозрачным для всех устройств, подключённых к сети EtherNet/IP или ControlNet. Модули 1757-SRM используются для поддержания связи между двумя резервированными шасси. От времени обновления данных сети ControlNet, а также от типа произошедшей неисправности зависит время переключения.

На рисунке 3.4 представлена система резервирования ControlLogix [15].

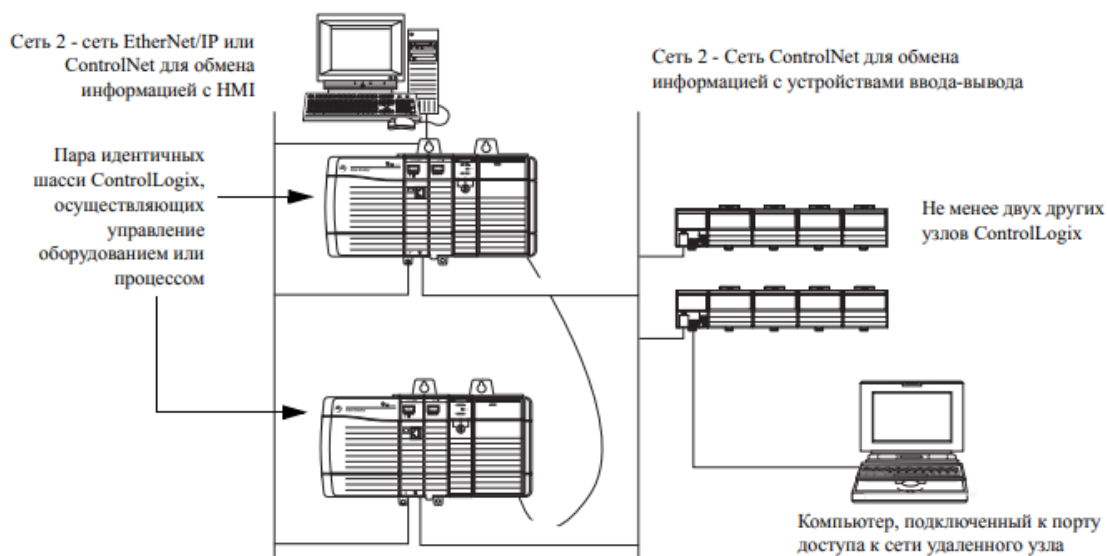


Рисунок 3.4 – Система резервирования ControlLogix

При создании системы с резервированием выполнялись следующие действия:

- установка первого шасси ControlLogix;
- добавление процессора модели 1756;
- добавление коммутационных модулей ControlNet;
- добавление одного модуля резервирования 1757-SRM;

- установка второго шасси ControlLogix (настройка идентична относительно первого);
- соединение модулей резервирования 1757-SRM между собой;
- добавление к сети ControlNet модулей ввода/вывода, интерфейсов оператора, а также других устройств.

Для надёжного обеспечения шасси электроэнергией используются резервированные источники питания 1756-PA75R.

В работе основной контроллер прекращает сканирование в конце каждой программы, чтобы передать обновлённые данные в резервный контроллер. Данный шаг позволяет поддерживать резервный контроллер в состоянии готовности к принятию управления в случае какой-либо неисправности.

### **3.7 Выбор датчиков**

Чтобы измерить расход отделившейся нефти на каждом этапе, необходимо выбрать расходомер. Для подбора расходомера, нужно привести их характеристики.

Выбор будем проводить, сравнивая три расходомера:

- вихревой расходомер Rosemount 8800 D;
- вихреакустический расходомер Метран-300ПР;
- Kobold TMU-R.

#### **3.7.2.1 Вихревой расходомер Rosemount 8800 D**

Данный расходомер имеет конструкцию с изолированным сенсором. Эта особенность позволяет выполнить замену данной модели расходомера без нарушения технологического уплотнения. Присутствует устойчивость к вибрации за счёт конструкции сбалансированной по массе и адаптивной цифровой обработки сигнала. Погрешности расходомера составляют:

- $\pm 0,65$  % объёмного расхода для жидкостей;
- $\pm 2$  % массового расхода пара;



- $\pm 0,70$  % массового расхода воды;
- $\pm 1$  % объёмного расхода для пара и газа.

Главными особенностями данного расходомера являются:

- диагностика Smart Fluid Diagnostics для обнаружения перехода среды из жидкой фазы в газовую;
- из-за отсутствия импульсных линий и незасоряемой конструкции проточной части снижаются простои и затраты на техническое обслуживание;
- выход (4-20) мА с HART.

На рисунке 3.5 изображён вихревой расходомер Rosemount 8800 D [16].



Рисунок 3.5 – Вихревой расходомер Rosemount 8800 D

### 3.7.2.2 Вихреакустический расходомер Метран-300ПР

Данный вид расходомера выполнен из цельнометаллической проточной стали. Присутствует возможность обслуживания без демонтажа с трубопровода за счёт съёмного тела обтекания. Расходомер имеет режим самодиагностики. Степень стандарта защиты корпуса IP65.

Отличительными особенностями Метран-300ПР является:

- относительная погрешность измерений до  $\pm 1$  %;
- выходной сигнал (4-20) мА;
- выходной сигнал на базе HART-протокола;
- расширенные диагностические функции технологического процесса.

На рисунке 3.6 представлен вихреакустический расходомер Метран-300ПР [17].



Рисунок 3.6 – Вихреакустический расходомер Метран-300ПР

### **3.7.2.3 Расходомер массовый кориолисовый Kobold TMU-R**

Расходомер Kobold TMU-R работает на кориолисовом принципе измерения массового расхода. Данный прибор позволяет одновременно вычислять объёмный расход, следит за температурой и плотностью измеряемой среды. Применяться данное устройство может для замера практически любых газовых и жидких сред.

Отличительные особенности Kobold TMU-R:

- погрешность измерения  $\pm 0,1$  % для расхода жидкостей,  $\pm 0,5$  % для расхода газа;
- температура рабочей среды от минус 40 до 260 °С;
- степень пылевлагозащиты IP66/IP68;
- дистанционная работа с прибором по технологии SmartWireless.

На рисунке 3.7 представлен расходомер Kobold TMU-R [18].



Рисунок 3.7 – Расходомер массовый кориолисовый Kobold TMU-R

В таблице 3.3 представлены характеристики и сравнительный анализ предлагаемых расходомеров, а так же указаны характеристики заменяемого расходомера Sitrans fx300.

Для более точного технического процесса погрешность расходомера не должна превышать  $\pm 1 \%$ , а выходной сигнал должен быть также (4-20) мА с протоколом HART. Среднее время наработки на отказ не менее 75 000 часов, исполнение корпуса должно быть во взрывобезопасном исполнении. Предпочтение отдадим интеллектуальным датчикам. Согласно указанным требованиям Метран-300ПР не удовлетворяет по характеристикам надежности, оставшиеся варианты подходят по всем показателям.

Таблица 3.3 – Сравнительный анализ расходомеров

Техническая характеристика	Rosemount 8800D	Метран-300ПР	Kobold TMU-R	Sitrans fx300
Основная относительная погрешность измерений расхода, не более, %	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 2$
Выходной сигнал	(4-20) мА/HART	(4-20) мА/HART	(4-20) мА/HART	(4-20) мА/HART
Взрывозащищенность	Ex dib [ia Ga] IIC T4 Gb	Ex, Exd	Ex, Exd	Ex d ia IIC T6 FM Class I
Среднее время наработки на отказ, ч	200 000	50 000	120 000	50 000
Цена, руб	285 000	215 000	137 000	145 000

Исходя из проведенного анализа, был выбран расходомер Kobold TMU-R, т.к. данный расходомер подходит по всем критериям и имеет ряд

особенностей. Данный расходомер имеет подходящий диапазон измерения расхода, умеет работать с агрессивными средами. За счёт технологии SmartWireless позволяет дистанционно работать с прибором.

Технология беспроводной передачи данных SmartWireless позволяют удаленно конфигурировать расходомеры и отправлять данные, согласно чему увеличивает эффективность их использования.

Замена расходомера на новый была обусловлена тем фактом, что расходомер Sitrans fx300 не удовлетворял всем условиям дальнейшего совершенствования всей системы. Тем более он не соответствовал требуемым характеристикам погрешности и времени наработки на отказ. В свою очередь новый расходомер производства фирмы Koblod позволяет работать на кориолисовом принципе измерения массового расхода. Особенностью данного прибора является одновременное отслеживание температурных характеристик и плотности измеряемой среды. Данный расходомер имеет широкий диапазон измеряемых температур, от минус 40 °С до 260 °С. Дополнительной особенностью является вычисление объёмного расхода. Возможно исполнение TMU-R с совмещённым дистанционным преобразователем. Данное устройство может применяться для замера практически всех газовых и жидких сред, а также может быть использовано во многих традиционных сферах применения. Выбранный прибор широким образом эксплуатируется в различных отраслях промышленности. Расходомер массовый кориолисовый TMU-R используется как для точного дозирования, так и для разгрузки и загрузки.

Преобразователем обрабатывается и усиливается измеренная разность потенциалов, после этого происходит формирование выходных сигналов расходомера.

В таблице 3.4 представлены основные характеристики расходомера.

Таблица 3.4 – Основные характеристики расходомера Kobold TMU-R

Измеряемые среды	жидкость, нефть, газ
Степень защиты	IP 66/68, искробезопасное исполнение
Измерительный принцип	Кориолисовый
Измеряемый объемный расход	60 кг/ч
Приведенная погрешность измерений	± 0,1 шкалы
Температура измеряемой среды, °С	(-40 – 260)
Выходные сигналы	(4-20) мА с HART-протоколом

### 3.8 Выбор датчиков давления

Исходя из следующих вариантов приборов, будет произведён выбор датчика давления:

- ТЖИУ406;
- Kobold PAD-R;
- United Electric Ex-120.

#### 3.8.3.1 Датчик давления ТЖИУ406

Данный датчик предназначен для непрерывного преобразования значения избыточного давления жидкостей и газов в унифицированный выходной сигнал постоянного тока в системах контроля и управления давлением. По виду взрывозащиты относится к взрывонепроницаемой оболочке.

К основным особенностям данного датчика относятся:

- перенастройка пределов измерений;
- имеется электронный гаситель пульсаций измеряемого давления;
- степень защиты от пыли и воды стандарта IP65;
- выходной сигнал (4-20) мА.

На рисунке 3.8 представлен датчик давления ТЖИУ406 [19].



Рисунок 3.8 – Датчик давления ТЖИУ406

### 3.8.3.2 Датчик давления Kobold PAD-R

Данный тип датчика состоит из микропроцессорного блока, внутри которого происходит преобразование данных благодаря чувствительному сенсору, который находится на дне ёмкости. В датчике Kobold PAD-R имеется аналоговый выход (4-20) мА с HART протоколом.

К особенностям датчика можно отнести:

- высокая точность;
- максимальный предел погрешности 0,05 %;
- время наработки на отказ составляет 100000 ч.;
- встроенная функция самодиагностики.

На рисунке 3.9 представлен датчик давления Kobold PAD-R [20].



Рисунок 3.9 – Датчик давления Kobold PAD-R

### 3.8.3.3 Датчик давления United Electric Ex-120

Датчик из серии 120 предлагает многообразие диапазонов давления, перепада температуры и давления. Датчик модели Ex-120 работает от питания (10-36) В. Основные особенности Ex-120:

- реле температуры для мониторинга обогрева и защиты от замерзания;
- выходной сигнал (4-20) мА, HART протокол;
- степень защиты от воды и пыли IP67.

На рисунке 3.10 представлен датчик давления United Electric Ex-120 [21].



Рисунок 3.10 – Датчик давления United Electric Ex-120

В таблице 3.5 приведены характеристики датчика давления ЕСМА SMAR LD300, который будет заменён.

Проанализировав все датчики, был выбран датчик давления Kobold PAD-R от фирмы производителя Kobold, благодаря тому, что он имеет аналоговый выход (4-20) мА с HART протоколом. В отличие от ТЖИУ406, в нужном диапазоне температур данный датчик подходит для работы с агрессивными нефтяными средами. При этом, датчик удовлетворяет среднему времени наработки на отказ, в отличие от United Electric Ex-120.

Таблица 3.5 – Сравнение датчиков давления

Критерии выбора	ТЖИУ406	United Electric Ex-120	Kobold PAD-R	ЕСМА SMAR LD300
Измеряемая среда	Пар, жидкость, газ	Пар, жидкость, газ	Пар, жидкость, газ	Пар, жидкость, газ
Верхние пределы измерений	0,4 кПа... 16 МПа	0,4 кПа... 20 МПа	0,2 кПа... 35 МПа	До 40 МПа
Предел допускаемой погрешности, %	0,04	0,1	0,05	0,075
Выходной сигнал	(4-20) мА	(4-20) мА +HART	(4-20) мА +HART, АTEX	(4-20) мА +HART
Взрывозащищённость	Ex / Exd	Ex / Exd	Ex	ATEX
Температура окружающей среды, °С	(-40 – 100)	(-40 – 80)	(-40 – 120)	(-40 – 85)
Степень защиты от пыли и воды	IP 68	IP65 / IP67	IP67	IP66
Время наработки на отказ, ч	100 000	60 000	100 000	80 000
Цена	42 000	48 200	65 000	70 000

Датчик дифференциального давления PAD-R фирмы Kobold является высокоэффективным датчиком с встроенным микропроцессором. В описываемом датчике имеется гибкая система калибровки выхода и давления, автоматическая система компенсации температуры окружающей среды и переменной процесса. Присутствует поддержка коммуникации по протоколу HART. Датчик характеризуется оптимальным сочетанием разных параметров. Разновидность датчика PAD-R является одним из наилучших в своём сегменте. Имеется широкий спектр сфер применения. Датчик PAD-R можно использовать для измерения уровня, давления, потока. В EEPROM обрабатываются и сохраняются все данные поступающие на сенсор. Модель датчика давления PAD-R-F фирмы Kobold дополнительно предназначена для снятия измерения потока. Вычисление суммированного потока, определение скорости потока можно производить в данной модификации датчика, т.к. он имеет суммирующую функцию. Данный датчик имеет еще одну особенность. Используя дифференциальное давление без учета компенсации температуры



и статического давления, он измеряет скорость потока. Если смотреть на внешний вид, датчик PAD-R-F не отличается от стандартного датчика модели PAD-R, но будет иметь другой терминальный блок с двумя дополнительными терминалами для считывания импульсного выхода.

В таблице 3.6 представлены технические характеристики датчика давления Kobold PAD-R.

Таблица 3.6 – Технические характеристики датчика Kobold PAD-R

Измеряемые среды	газ, жидкость, нефтепродукты
Рабочая температура, °С	(-40 – 120)
Диапазон измерения	0.75 – 413.7 бар
Основная приведенная погрешность	± 0.075 % калиброванного диапазона (опционально: ± 0.04 % калиброванного диапазона)
Выходные сигналы	(4-20) мА с HART-протоколом

### 3.9 Выбор датчика температуры

Чтобы контролировать температуру в сепараторе, а также отделившуюся жидкость, необходимо подобрать датчик температуры.

В качестве датчиков температуры были рассмотрены:

- ОВЕН ДТСхх5;
- Метран-281;
- Kobold TWL-R-Exd.

#### 3.9.4.1 Датчик температуры ОВЕН ДТСхх5

Температурный датчик ДТСхх5 имеет вид защиты «искробезопасная электрическая цепь, предназначен для работы во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок. Максимально допускаемая температура наружной поверхности корпуса составляет 80 °С.

К основным особенностям данного датчика можно отнести:

- выходной сигнал (4-20) мА, HART;
- точность класса ± 0,25 %;
- время наработки на отказ 60000 ч.

На рисунке 3.11 представлен датчик температуры ОВЕН ДТСхх5 [22].



Рисунок 3.11 – Датчик температуры ОВЕН ДТСхх5

#### **3.9.4.2 Датчик температуры Метран-281**

Датчик температуры модели 281 допускает использование в агрессивных, а также нейтральных средах. Материал защитной арматуры является коррозионностойким.

К основным техническим особенностям датчика относятся:

- выходной сигнал (4-20) мА, HART;
- средний срок службы 6 лет;
- время наработки на отказ составляет 100000 ч.

На рисунке 3.12 представлен датчик температуры Метран-281 [23].



Рисунок 3.12 – Датчик температуры Метран-281

#### **3.9.4.3 Датчик температуры Kobold TWL-R-Exd**

Термометр сопротивления (термопреобразователь) фирмы Kobold имеет в составе ударопрочный установочный фитинг, который имеет фланцевое, резьбовое или приварное присоединение, сменный элемент и соединительную головку из литого алюминия. Выполнен такой термометр из нержавеющей стали. Не останавливая рабочий технический процесс можно осуществлять замену измерительного элемента. Это свойство в

рабочем процессе достигается тем, что термокарман не демонтируется и изолирует процесс. Все приборы имеют в оснащении взрывонепроницаемую оболочку Exd. Эта оболочка позволит использовать данный прибор в жёстких условиях. В измерительный элемент вмонтирован температурный датчик Pt100, соответствующий категории А или В и стандарту IEC751, соответственно.

К основным особенностям датчика относятся:

- диапазон измерения от минус 80 до 600 °С;
- Pt 100 датчик класса А, датчик класса В;
- выход: сопротивления или аналоговый (4-20) мА;
- термокарман до 1000, 3000, а также 5000 мм (в зависимости от модели)
- опции: датчик для монтажа в корпус с HART протоколом или PROFIBUS протоколом / Fieldbus протоколом, дисплей;
- АTEX сертификат, взрывозащита Exd.

На рисунке 3.13 представлен датчик температуры Kobold TWL-R-Exd [24].



Рисунок 3.13 – Датчик температуры Kobold TWL-R-Exd

В таблице 3.7 представлены характеристики всех сравниваемых датчиков, а также данные установленного датчика Rosemount 644Н, который будет в дальнейшем заменён.

Датчик температуры ОВЕН ДТСхх5 не подходит по времени наработки на отказ, а также по классу точности. Датчик Метран-281 обладает преимущественно лучшими техническими характеристиками, однако Kobold TWL-R-Exd имеет достаточные характеристики для выполнения поставленной задачи.

Как видно из таблицы цена на Kobold TWL-R ниже, поэтому в качестве датчика температуры будем использовать Kobold TWL-R-Exd.

Таблица 3.7 – Сравнение датчиков температуры

Критерии выбора	Метран-контур 281	ОВЕН ДТСхх5	Kobold TWL-R-Exd	Rosemount 644H
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды
Диапазон измерения температуры, °С	(-50 – 1000)	(-50 – 500)	(-200 – 750)	(-200 – 850)
Предел допускаемой погрешности, %	0,3	0,3	0,2	0,3
Выходной сигнал	(4–20) мА+HART	(4–20) мА +HART	(4–20) мА +HART	(4–20) мА +HART
Взрывозащищенность	Ex (ExiaCT6 X), Exd (1ExdIICT6)	0Ex ia IIC T1...T6 Ga X	Ex ia	0Ex ia IIC T1...T6 Ga X
Степень защиты от воды и пыли	IP65	IP54, IP65	IP68	IP66, IP68
Время наработки на отказ, ч	100 000	60 000	80 000	80 000
Стоимость	64 000	18 500	47 000	93 000

Исполнение температурного датчика Kobold TWL-R-Exd может быть в двухпроводном, трёхпроводном и четырёхпроводном виде. Выполнение таких датчиков может быть как простыми, так и двойными термометрами сопротивления. Четырёхпроводной термометр сопротивления является исключением. Данный термометр ввиду нехватки места, изготавливается только в простом исполнении.

Некоторые из этих термометров сопротивления могут быть оснащены датчиком, который вмонтирован в головку термометра. Этот фактор является опциональным. Заказчик может выбрать датчик с протоколом Fieldbus или

же PROFIBUS, а также стандартный датчик с выходным сигналом (4-20) мА, с протоколом HART.

Стандарт соответствия DIN применяется к термометрам сопротивления, Ещё одной особенностью для термометров сопротивления является возможность изготовления таких приборов на заказ, с присоединительной головкой, указанной заказчиком глубиной погружения, классом допуска, присоединениями к процессу. Для изготовления заказчик может выбрать материал.

### **3.10 Выбор уровнемера**

При выборе уровнемера будут использоваться несколько вариантов приборов:

- Nivelco Nivotrack;
- ёмкостной уровнемер МПУ 100;
- ИСУ100И.

#### **3.10.5.1 Уровнемер Nivelco Nivotrack**

Уровнемер Nivotrack является магнестрикционным поплавковым измерителем уровня. Обладает защитой от внешних воздействий стандарта IP67. Характерной особенностью уровнемера является самодиагностика (вывод на экран сообщений о внутренних ошибках прибора).

Ниже представлены отличительные особенности Nivelco Nivotrack:

- высокая точность измерений;
- работа при низких температурах;
- срок гарантии составляет 5 лет;
- возможность применения в качестве датчика уровня совместно с байпасным уровнемером.

На рисунке 3.14 представлен уровнемер Nivelco Nivotrack [25].



Рисунок 3.14 – Уровнемер Nivelco Nivotrack

### 3.10.5.2 Уровнемер МПУ 100

Ёмкостной уровнемер МПУ 100 предназначен для высокоточных измерений уровня разлива различных жидких и ограниченно вязких сред. Данный уровнемер может применяться в ёмкостях с высотой до 6 метров.

Основными особенностями МПУ 100 являются:

- для связи с внешними устройствами интерфейс RS-485;
- конструкция из одного цельного блока;
- датчик без подвижных частей;
- самодиагностика.

На рисунке 3.15 представлен ёмкостной уровнемер МПУ 100 [26].



Рисунок 3.15 – Ёмкостной уровнемер МПУ 100

### 3.10.5.3 Уровнемер ИСУ100И

Датчик уровня ИСУ100И предназначен для непрерывного измерения уровня различных жидких и сыпучих сред. Датчик также способен контролировать два заданных контрольных уровня в резервуарах и ёмкостях, находящихся под избыточным давлением.

К основным особенностям уровнемера относятся:

- самодиагностика, выдача аварийного сигнала на цифровой дисплей при неисправности;
- высокая помехозащищённость информационного сигнала;
- высокое время наработки на отказ.

На рисунке 3.16 представлен уровнемер ИСУ100И [27].



Рисунок 3.16 – Уровнемер ИСУ100И

В таблице 3.8 приведен сравнительный анализ, а также характеристики датчика под замену МПУ-УР.01.006/07.

Проанализировав все характеристики уровнемеров, был выбран Nivelco Nivotrack потому что:

- выходной сигнал (4-20) мА;
- его внедрение и обслуживание обходится гораздо дешевле;
- он невосприимчив к окружающим факторам (температуре, давлению и т.д.).

Таблица 3.8 – Сравнение технических характеристик уровнемеров

Техническая характеристика	Nivelco Nivotrack	МПУ 100	ИСУ100И	МПУ-УР.01.006/07
Погрешность измерений, мм	± 1	± 5	± 5	± 10
Выходной сигнал	(4-20) мА/ HART	(4-20) мА/ HART	(4-20) мА	(4-20) мА/ HART
Максимальная рабочая температура, °С	(-40 – 300)	(-40 – 300)	(-35 – 200)	(-35 – 75)
Рабочее давление	До 25 бар	До 25 бар	До 20 бар	До 40 бар
Взрывозащита	Ex, Exd	Ex, Exd	Ex, Exd	Exiall BT 4Gb опционально
Время наработки на отказ, ч	100 000	50 000	100 000	80 000
Цена, руб	44 000	37 800	61 150	75 000

При этом, в отличие от МПУ 100 время наработки на отказ Nivelco Nivotrack входит в заданные параметры. Также выбор основан на экономических показателях.

В таблице 3.9 представлены основные характеристики Nivelco Nivotrack.

Таблица 3.9 – Основные характеристики Nivelco Nivotrack

Измеряемые среды	газ, жидкость, нефтепродукты, сыпучие
Диапазон измерений, м	0,5 – 10
Абсолютная погрешность измерений, мм	± 1
Температура окружающей среды, °С	(-40 – 70)
Рабочая температура, °С	(-40 – 300)
Выходные сигналы	(4-20) мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола (RS-485)

### 3.11 Выбор датчика – сигнализатора уровня

Сигнализатор предельного уровня дополнительно устанавливается в сепараторах при больших скоростях наполнения, подающий сигнал при заполнении сепаратора. Для автоматического отключения насосов, открытия и закрытия задвижек на трубопроводных коммуникациях может использоваться данный сигнал. Подача предупредительных сигналов о достижении нижнего и верхнего уровней от датчиков-сигнализаторов уровня предусмотрена схемой автоматизации сепаратора. Данные сигналы не относятся к аварийному сигналу.



Датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ будет использоваться для сигнализации уровня. Замена данного устройства проводиться не будет, из-за соответствия устройства всем требованиям. На рисунке 3.17 изображён датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ [28].



Рисунок 3.17 – Датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ.

Двухпозиционные датчики-реле уровня жидкости РИЗУР ДРУ-1ПМ, ДРУ-1, ДРУ-1ПМ-1, предназначены для контроля нижнего и верхнего уровней пресной воды, жидкости низкотемпературной охлаждающей, масел, дизельного топлива. Также датчики-реле используются в схемах автоматического управления дизель-электрических агрегатов, могут быть использованы в стационарных условиях.

Основными характеристиками данных устройств является:

- дифференциал срабатывания не более 30 мм;
- погрешность срабатывания не более 12 мм относительно номинального уровня срабатывания;
- рабочее давление от 0,054 до 0,2 МПа.

### **3.12 Выбор регулирующего клапана**

Исполнительное устройство это устройство в системе управления, которое выполняет управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путём механического перемещения регулирующего органа.

Для достижения поставленной задачи, т.е. стабилизации регулируемой величины, от исполнительного устройства регулирующее воздействие должно изменять процесс в направлении, которое требуется.

В качестве клапана регулирования будет использоваться регулирующий седельный проходной клапан Danfoss VS2 (рисунок 3.18) [29]. Данный клапан меняться не будет. Данное устройство соответствует всем требованиям системы по ценовой характеристике и по техническим характеристикам.



Рисунок 3.18 –Регулирующий седельный проходной клапан Danfoss VS2

В таблице 3.10 приведены технические характеристики клапана.

Таблица 3.10 – Технические характеристики клапана Danfoss VS2

Техническая характеристика	Значение
Условный проход Ду, мм	15
Динамический диапазон регулирования	1:50
Характеристика регулирования	линейная
Коэффициент начала кавитации Z	≤0,5
Протечка через закрытый клапан, % не более Kvs	0,05
Условное давление P <sub>y</sub> , МПа	16
Макс. перепад давления для закрытия клапана Δ P макс, МПа	10
Температура регулируемой среды T, °C	(-40 – 130)
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Необесцинковывающаяся латунь
Седло, золотник и шток	Нержавеющая сталь
Уплотнение сальника	EPDM
Стоимость, руб	16 170

На рисунке 3.19 приведена зависимость рабочего давления регулируемой среды от температуры:

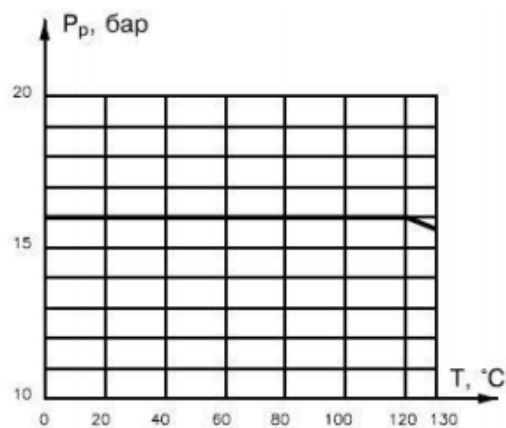


Рисунок 3.19 – Зависимость рабочего давления регулируемой среды от температуры

При установке клапана данного типа следует убедиться в том, чтобы направление стрелки на его корпусе совпало с направлением регулируемой среды. Для демонтажа и обслуживания клапана необходимо предусмотреть достаточное пространство вокруг клапана с электроприводом.

На рисунке 3.20 приведены габаритные размеры клапана.

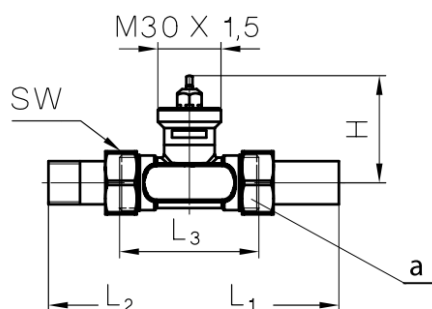


Рисунок 3.20 – Габаритные размеры клапана

Чтобы осуществлять управление клапаном, был выбран электропривод редукторный Danfoss AME 10 (рисунок 3.21) [30]:



Рисунок 3.21 – Электропривод редукторный Danfoss AME 10

Технические характеристики привода приведены в таблице 3.11:

Таблица 3.11 – Технические характеристики привода Danfoss AME 10

Техническая характеристика	Значение
Тип сигнала управления	(4-20) мА
Класс защиты	IP 54
Тип двигателя	Асинхронный
Температурный диапазон, °С	(-40 – 55)
Ход штока	5
Масса, кг	0,6
Цена, руб	37 228

### **3.13 Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы блока сепарации**

Использование различных алгоритмов в автоматизированной системе происходит на разных уровнях управления:

- на ПЛК и SCADA-форме реализуются алгоритмы пуска/остановки технологического оборудования (релейные пусковые схемы);

- на ПЛК реализуются релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (регулирование давления, управление положением рабочего органа, и т. п.);

- на ПЛК реализуются алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров);

- на ПЛК реализуются алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ);

- на ПЛК и SCADA-форме реализуются алгоритмы централизованного управления АС.

Следующие алгоритмы автоматизированной системы разработаны в данной ВКР:

- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром;

- алгоритм сбора данных измерений.

Для представления алгоритма пуска/остановки и сбора данных будем использовать правила ГОСТ 19.002.

### **3.13.6.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения температуры в сепараторе. Для этого канала будет разработан алгоритм сбора данных. В приложении Д представлен алгоритм сбора данных с канала измерения температуры в сепараторе.

### **3.13.6.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром**

Чтобы давление нефти в трубопроводе на выходе из газосепаратора не превышало заданного уровня и не падало ниже заданного уровня, его в процессе сепарации и обработки нефти необходимо поддерживать, исходя из условий прочности трубопровода. Исходя из этого, в качестве параметра регулирования в технологическом процессе выберем давление нефти в трубопроводе на выходе из газосепаратора. Алгоритм ПИД-регулирования будет использоваться в качестве алгоритма регулирования. Данный алгоритм позволит нам обеспечить невысокую чувствительность к внешним возмущениям, достаточно малое время выхода на режим и хорошее качество регулирования.

На рисунке 3.22 приведена структурная схема автоматического регулирования давлением. Данная схема состоит из следующих основных элементов: задание, настройка задания, ПИД-регулятор, ЦАП, регулирующий орган, объект управления, возмущение, АЦП.

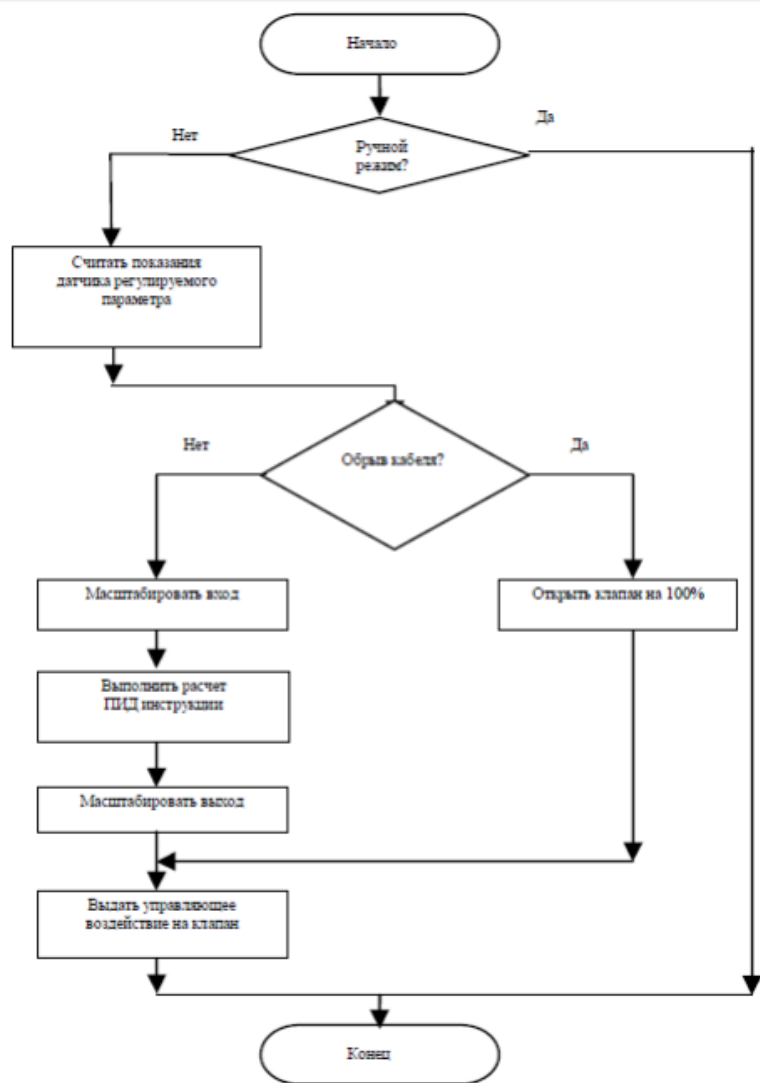


Рисунок 3.22 – Алгоритм подпрограммы «ПИД-регулятор»

Определим передаточные функции основных элементов структурной схемы регулирования [31].

Объектом управления будет являться участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка составляет 10 м и определяется правилами установки датчика и регулирующих органов. Динамика объекта управления  $W(p)$ , выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода для схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания передаточная

функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{T p + 1} e^{-\tau_0 p}, \quad (3.1)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.2)$$

где  $Q_k(p)$  – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$  – измеряемый объемный расход жидкости;

$f$  – площадь сечения трубы;

$\gamma$  – удельный вес жидкости;

$L$  – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

$\tau_0$  – запаздывание;

$d$  – диаметр трубы;

$\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;

$T$  – постоянная времени.

В таблице 3.12 приведены характеристики объекта управления.

Таблица 3.12 – Характеристики объекта управления

	Наименование	Единицы измерения	Количество
1	Удельный вес газа	кг/м <sup>3</sup>	0,72
2	Рабочее давление в трубопроводе	МПа	0,7
3	Объемный расход газа	м <sup>3</sup> /ч.	50
4	Длина участка трубопровода	м.	10
5	Диаметр трубы	мм.	80
6	Перепад давления на трубопроводе	кгс/см <sup>3</sup>	0,5

Рассчитаем передаточную функцию объекта управления:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 0,005; \quad (3.3)$$

$$c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p g}} = \frac{0,13}{0,005} \cdot \sqrt{\frac{0,72}{2 \cdot 0,05 \cdot 0,098 \cdot 10^6}} = 0,315 \text{ с}; \quad (3.4)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,005 \cdot 0,315^2}{0,13} = 0,076 \text{ с}; \quad (3.5)$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{10 \cdot 0,005}{0,13} = 0,38 \text{ с}; \quad (3.6)$$

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1} \cdot e^{-\tau_0 p} = \frac{1}{0,076 \cdot p+1} \cdot e^{-0,38p}. \quad (3.7)$$

Далее определим отношение величины времени запаздывания к постоянной времени:  $\frac{\tau}{T} = \frac{2,42}{0,07} > 1$ , это отношение значительно больше единицы, следовательно, объект характеризуется большим транспортным запаздыванием и очень трудно регулируем.

Передаточная функция блока АЦП представляет собой коэффициент  $k_{\text{АЦП}}$ , который примерно равен 1.

В процессе управления объектом необходимо поддерживать давление на выходе равное 0,7 МПа, поэтому в качестве передаточной функции задания выступает константа равная 700000.

Передаточная функция блока ЦАП представляется в виде коэффициента  $k_{\text{ЦАП}}$ , примерно равного 8,45.

Передаточная функция компрессора имеет вид:

$$\Delta p_c = C \cdot \Delta p_0, \quad (3.8)$$

где  $\Delta p_c$ - разница давлений на входе и выходе компрессора ( $p_2 - p_1 = 7 - 1 = 6 \text{ кгс/см}^2$ ),

$C$  - константа компрессора,

$\Delta p_{c0}$  - перепад давления в трубопроводе до компрессора ( $0,05 \text{ кгс/см}^2$ ).

$$C = \frac{\Delta p_c}{\Delta p_0} = \frac{6}{0,05} = 120, \quad (3.9)$$

$$W_k(p) = \frac{p_2}{p_1} = C \cdot \frac{\Delta p_0}{p_1} + 1 = 120 \cdot \frac{0,05}{1} + 1 = 7. \quad (3.10)$$

На рисунке 3.23 представлена структурная схема системы регулирования давления.



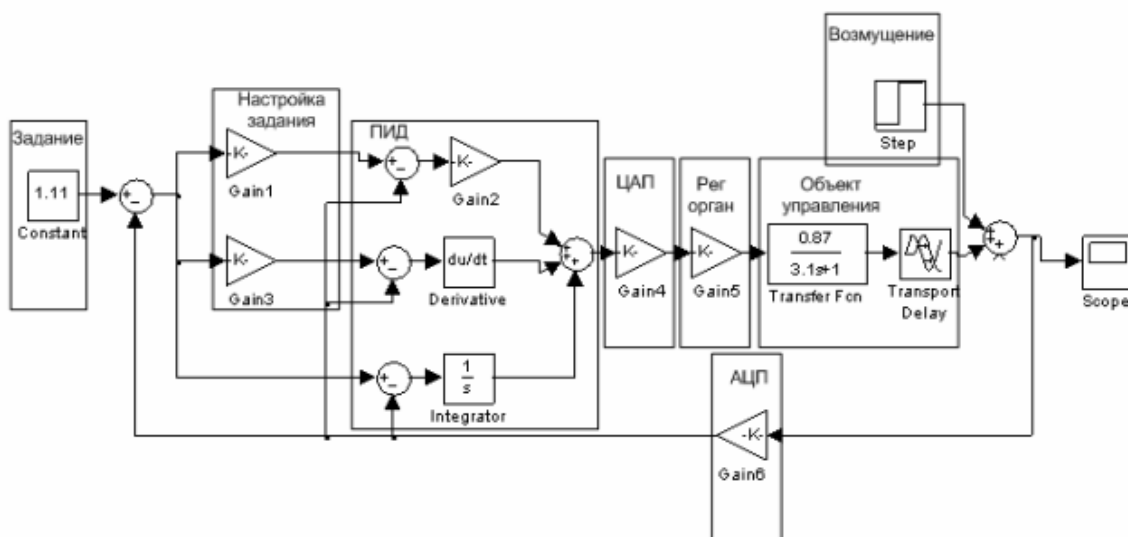


Рисунок 3.23 – Структурная схема

Процесс регулирования давления осуществляется следующим путём. В процессе функционирования на объект управления оказываются воздействия различными факторами, поэтому выход объекта управления должен суммироваться с возмущающим воздействием. С датчика давления сигнал поступает на АЦП и после преобразуется в цифровой. Далее сигнал с АЦП сравнивается с заданием. В итоге вычисляется ошибка регулирования. Результат вычисления ошибки поступает на ПИД-регулятор, который в зависимости от значения ошибки формирует управляющее воздействие на объект управления. Через ЦАП на регулирующий орган подаётся управляющее воздействие регулятора, а регулирующий орган в свою очередь, с целью уменьшения ошибки, в зависимости от управляющего воздействия, оказывает воздействие на объект управления.

На рисунке 3.24 представлен набор схемы в пакете Simulink.

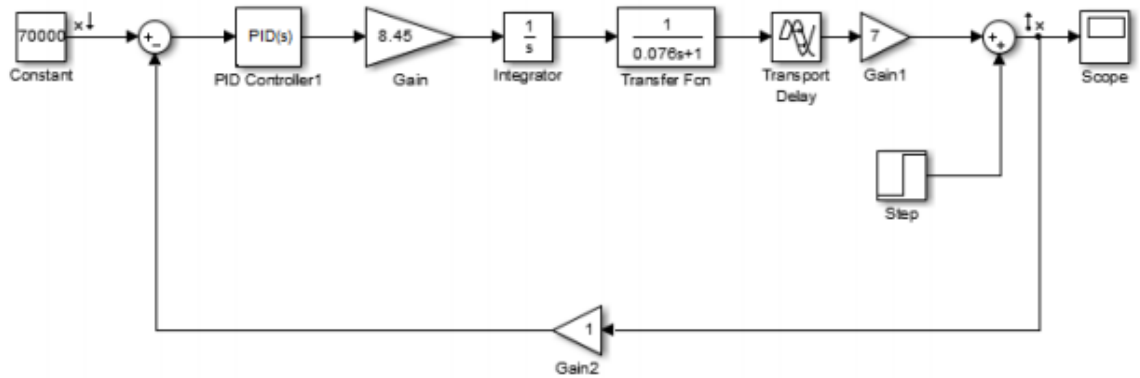


Рисунок 3.24 – Схема набора в пакете Simulink

На рисунке 3.25 можно наблюдать график переходного процесса САР без настройки ПИД-регулятора. Получился расходящийся процесс.

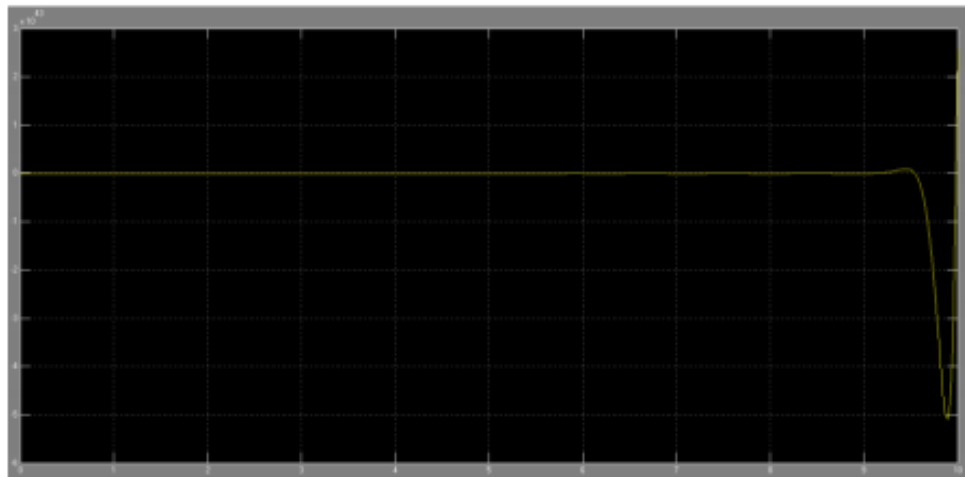


Рисунок 3.25 – Переходная характеристика САР без настройки ПИД-регулятора

Передаточная функция ПИД-алгоритма имеет вид:

$$W_{\text{ПИД}}(S) = K_1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s. \quad (3.11)$$

С помощью встроенного тюнера (настройщика) в Simulink выбираем наиболее подходящую форму переходного процесса – с отсутствием данных перерегулирования и малым временем переходного процесса. Запишем рекомендуемые настройщиком рекомендуемые параметры:

$$K_p = 0,015;$$

$$T_1 = 10000;$$

$$T_D = 0,0019.$$

На рисунке 3.26 показан процесс настройки ПИД-регулятора.

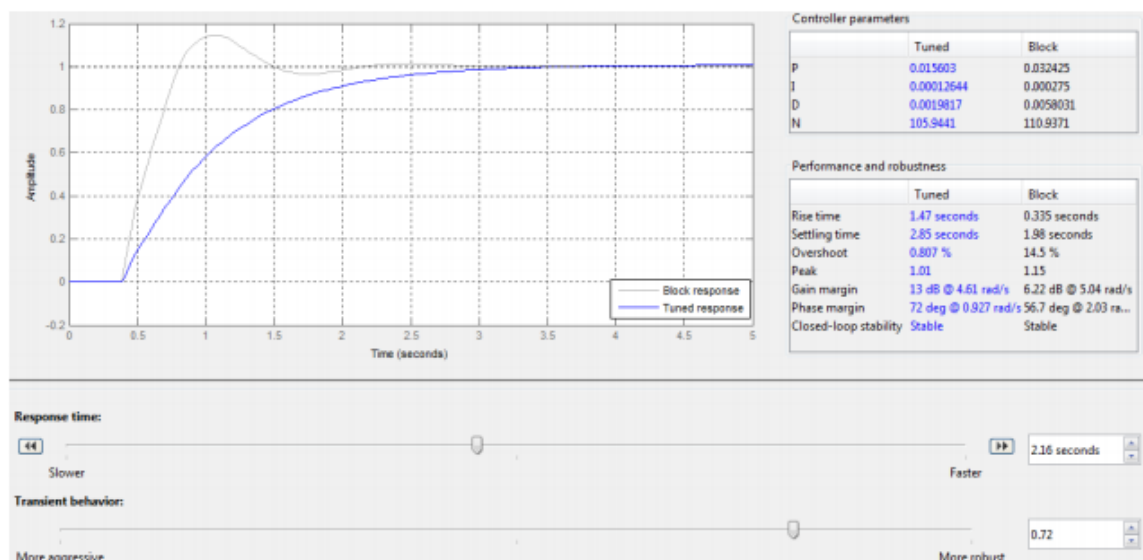


Рисунок 3.26 – Настройщик ПИД-регулятора в Simulink

На рисунке 3.27 можно наблюдать график переходного процесса САР после настройки ПИД-регулятора.

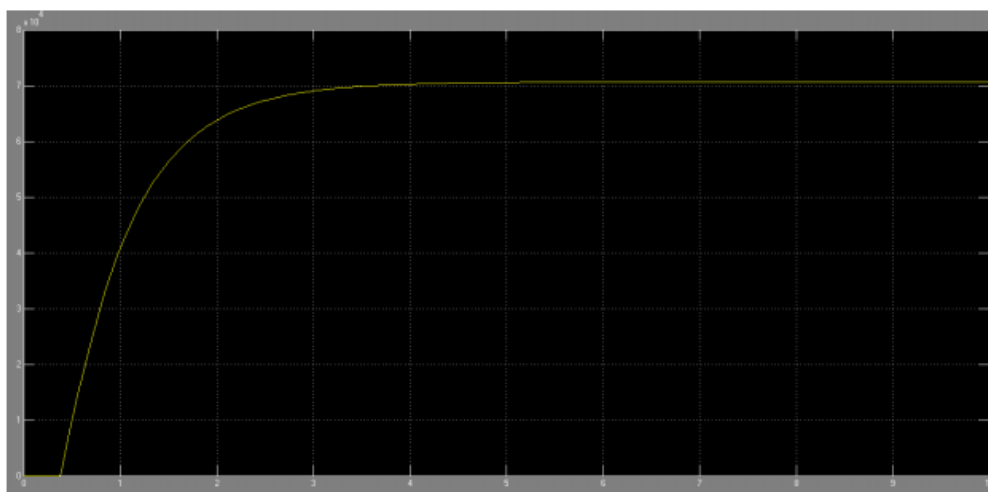


Рисунок 3.27 – Переходная характеристика САР после настройки ПИД-регулятора

Смотря на рисунок можно увидеть, что около 3 секунд составляет время переходного процесса. Наличие малого перерегулирования положительно влияет на износ исполнительных механизмов.

### 3.14 Экранные формы автоматизированной системы блока сепарации

С использованием SCADA сеть-системы Trace mode 6 реализовано управление блоком сепарации в автоматизированной системе. Она

предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жёстким требованиям в надежности, безопасности и стоимости, также обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Выбранная SCADA-система предоставляет набор драйверов или серверов ввода/вывода, тем самым она не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня. Это позволяет подключить к ней отдельно разработанные аппаратные и программные модули сторонних производителей, в том числе внешние, независимо работающие компоненты.

#### **3.14.7.1 Дерево экранных форм**

Пользователь, будь то диспетчер по обслуживанию, старший диспетчер или руководитель, имеет возможность осуществлять навигацию экранных форм с использованием кнопок прямого вызова. При начале работы с проектом появляется экран авторизации пользователя, в котором нужно ввести логин и пароль. После успешного ввода логина и пароля, появляется мнемосхема основных объектов БС: сепаратор I ступени, сепаратор II ступени и каналы регулирования уровня, давления. Помимо всего, пользователь имеет прямой доступ к карте нормативных параметров сепаратора с мнемосхемы основных объектов.

#### **3.14.7.2 Экранные формы автоматизированной системы блока сепарации**

Автоматизированное рабочее место оператора имеет возможность поддерживать работу различных групп пользователей с различными правами доступа к тем или иным элементам автоматизированного рабочего места. Чтобы осуществить вход в приложение под соответствующим вам именем и паролем необходимо выбрать нажатием кнопку «пользователь» в левом верхнем углу приложения.

На экране появится окно ввода логина и пароля.

На рисунке 3.28 представлено окно авторизации пользователей.

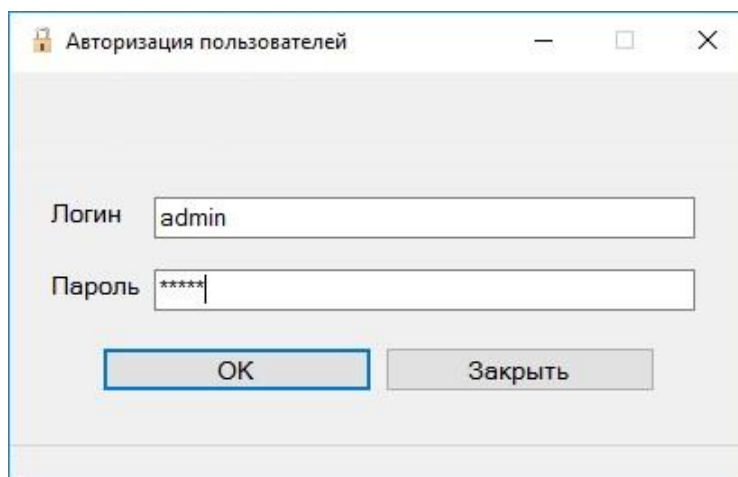


Рисунок 3.28 – Окно авторизации пользователей

### 3.14.7.3 Область видеокadra

Основными предназначениями видеокadra являются функции контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокadров входят:

- всплывающие окна управления и установки режимов параметров и объектов;

- табличные формы, предназначенные для отображения различной технологической информации, не входящей в состав мнемосхем, а также для реализации карт ручного ввода информации (уставок и др.);

- мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию.

В области видеокadra АРМ оператора доступны следующие мнемосхемы:

- сепаратор I ступени (Приложение Ё);

- сепаратор II ступени.

На мнемосхеме «Сепаратор I ступени» отображается работа следующих объектов и параметров:

- режим работы и состояние задвижек;

- параметры измерений трубопроводов;

- сигнализируемые и измеряемые параметры.

На рисунке 3.29 представлена мнемосхема.

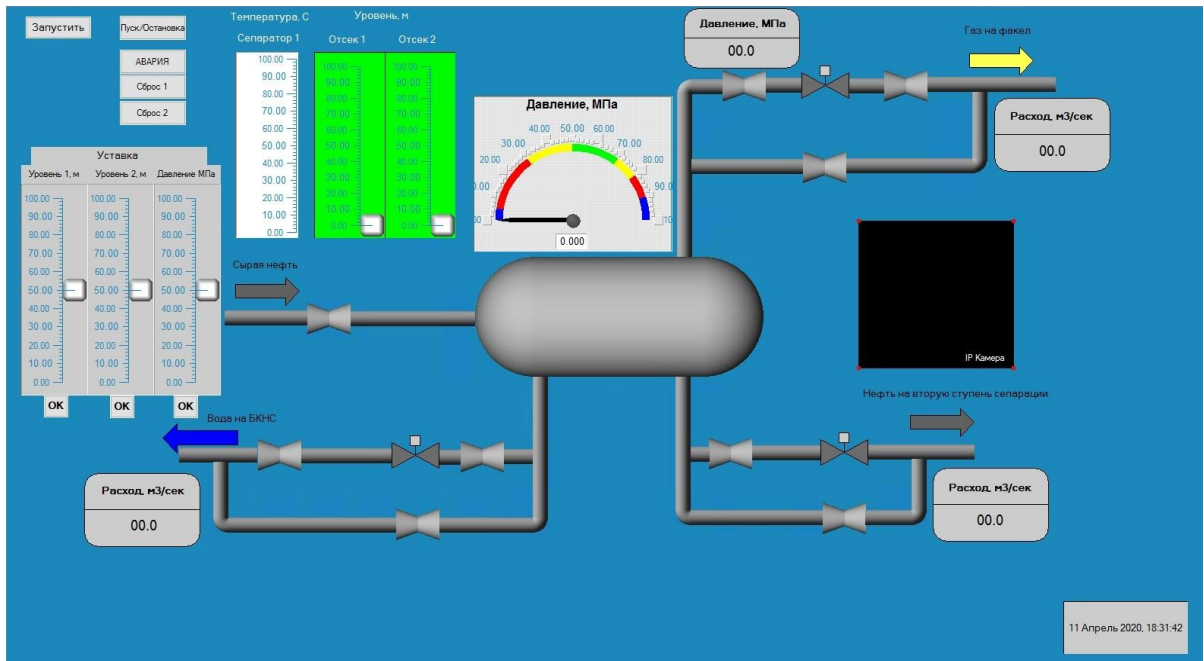


Рисунок 3.29 – Мнемосхема

### 3.14.7.4 Мнемознаки

На рисунке 3.30 представлен мнемознак аналогового параметра:

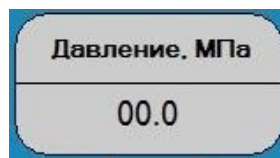


Рисунок 3.30 – Аналоговый параметр мнемознака

Значение аналогового параметра отображается в нижней части.

Основной для отображения аналогового параметра приняты цвета:

- серый цвет - параметр в норме и достоверен;
- желтый цвет - параметр достиг допустимого (минимального или максимального) значения и достоверен;
- красный цвет - параметр достиг предельного (минимального или максимального) значения и достоверен;
- темно-серый цвет - параметр недостоверен;
- коричневый цвет - параметр маскирован.

В основной части красный цвет будет сопровождается миганием до тех пор, пока оператор не подтвердит факт установки аварийного состояния аналогового параметра т.е. не выполнит операцию квитирования.

Единица измерения аналогового параметра отображается в верхней части.

Следующие цветовые обозначения имеет мнемознак задвижка:

- зелёный цвет - выполнено открытие задвижки;

- жёлтый цвет - выполнено закрытие задвижки;

периодическая смена зелёного и жёлтого цветов — выполняется открытие/закрытие задвижки;

- серый цвет - состояние неопределенное.

Для отображения предельных значений аналогового параметра, дискретных состояний, используется прямоугольник белого фона. Он использует следующий вид:

- состояние 1 - красный цвет нижний предельный уровень (значение дискретного параметра).

- состояние 2 - жёлтый цвет - нижний допустимый уровень (значение дискретного параметра);

- состояние 3 - зелёный цвет - норма;

- состояние 4 - жёлтый цвет - верхний допустимый уровень (значение дискретного параметра);

- состояние 5 - красный цвет - верхний предельный уровень (значение дискретного параметра).

Мнемознак лампочка имеет следующие цветовые обозначения:

- красный цвет - уровень предельный;

- жёлтый цвет - уровень допустимый;

- серый цвет - параметр в норме.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо дать оценку денежным затратам, которые пошли на выполнения проекта, а так же дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов её внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

### 4.1 Организация и планирование научно-исследовательских работ

При организации процесса реализации данного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – научный руководитель (НР), инженер (И). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 3.13.

Таблица 3.13 - Перечень работ и продолжительность их выполнения.

Этапы работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 70%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 80%
Расчёт принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%



#### 4.1.1 Разработка графика проведения научного исследования

Экспертный способ расчёта продолжительности этапов работ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул. Выбираем первую формулу, т.к. вторая формула предполагает большую нагрузку на экспертов.

$$t_{ож} = \frac{3*t_{min} + 2*t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 3.13 работ требуются специалисты:

- Инженер – в его роли действующий исполнитель ВКР;
- Научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести её в календарные дни. Расчёт продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{рД}$ ) ведётся по формуле:

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} * K_{Д}, \quad (4.2)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{Д} = 1 - 1,2$ ; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчёт продолжительности этапа в календарных днях ведётся по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} * T_{\text{К}}, \quad (4.3)$$

где  $T_{\text{КД}}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}}, \quad (4.4)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни (в 2020 году  $T_{\text{КАЛ}} = 366$ );

$T_{\text{ВД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 109$ );

$T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 14$ ).

$$T_{\text{К}} = \frac{366}{366 - 109 - 14} = 1,506 \quad (4.5)$$

В таблице 3.14 определена продолжительность этапов работ и их трудоёмкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах 3-5 реализован экспертный способ по формуле (4.1).

Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоёмкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учётом коэффициента  $K_{\text{Д}} = 1,2$ . Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение  $t_{\text{ож}} * K_{\text{Д}}$ . Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоёмкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на  $T_{\text{К}}$  (здесь оно равно 1,508). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоёмкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоёмкости этапов по исполнителям  $T_{\text{КД}}$  (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта.

В таблице 3.14 приведены расчёты длительности отдельных видов работ.

## **4.2 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта**

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчёт сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- Материалы и покупные изделия;
- Заработная плата;
- Социальный налог;
- Расходы на электричество (без освещения);
- Амортизационные отчисления;
- Командировочные расходы;
- Оплата услуг связи;
- Арендная плата за пользования имуществом;
- Прочие услуги (сторонних организаций);
- Прочие (накладные) расходы.

Таблица 3.14 – Временные показатели проведения работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоёмкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					Т <sub>рд</sub>		Т <sub>кд</sub>	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Постановка задачи	НР	3	5	3,8	4,56	-	6,87	-
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	3	4	3,4	4,08	1,29	6,14	1,94
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	13	16	14,2	5,55	17,04	8,36	25,66
Разработка календарного плана	НР, И	3	5	3,8	4,56	1,33	6,87	2,00
Обсуждение литературы	НР, И	4	7	5,2	2,54	6,24	3,83	9,40
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	8	15	10,8	12,96	9,23	19,52	13,90
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	7	10	8,2	9,84	7,91	14,82	11,91
Расчёт принципиальной схемы устройства	И	9	15	11,4	-	13,68	-	20,60
Оформление расчётно-пояснительной записки	И	7	10	8,2	-	9,84	-	14,82
Оформление графического материала	И	6	7	6,4	-	7,68	-	11,57
Подведение итогов	НР, И	6	9	7,2	5,46	8,64	8,22	13,01
<b>Итого:</b>				<b>82,6</b>	<b>49,55</b>	<b>82,88</b>	<b>74,63</b>	<b>124,81</b>

Таблица 3.15 – План-график

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	5,49	-	■										
2	4,92	1,55	■	■									
3	6,69	20,53		■	■								
4	5,49	1,60			■								
5	3,06	7,52				■							
6	15,62	11,12				■	■						
7	11,86	9,53						■	■				
8	-	16,48							■	■			
9	-	11,86								■	■		
10	-	9,25									■	■	
11	6,58	10,41										■	■

НР- ■ И- ■

#### 4.2.1 Расчёт затрат на материалы

В таблице 3.16 приведён расчёт на материалы.

Таблица 3.16 - Расчёт затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Кол-во	Сумма, руб
Фотобумага для принтера 170 гр/м 127*8*50,8	250	3 ролика	750
Бумага для принтера формата А4	200	3 уп.	600
Картридж для принтера	1 600	1 шт.	1 600
Лицензия ПО программы	4 200	1 шт.	4 200
<b>Итого:</b>			<b>7 150</b>

Допустим, что ТЗР составляют 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 7\,150 * 1,05 = 7\,507,5$  руб.

#### 4.2.2 Расчёт заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/20,25 , \quad (4.6)$$

учитывающей, что в году 243 рабочих дня, следовательно, в месяце в среднем 20,25 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

В таблице 3.17 приведен расчёт затрат на заработную плату.

Таблица 3.17 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб/мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1 662,42	50	1,699	141222,58
И	15 470	763,95	83	1,62	102720,72
<b>Итого:</b>					<b>243943,30</b>

#### 4.2.3 Расчёт затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту,

т.е.  $C_{\text{соц.}} = C_{\text{ЗП}} * 0,3$ .

Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц.}} = 243943,30 * 0,3 = 73182,99$  руб.

#### 4.2.4 Расчёт затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * C_{\text{э}}, \quad (4.7)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт\*час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $C_{\text{э}} = 6,59$  руб/кВт\*час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3.14 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчёта, что продолжительность рабочего дня равна 8 ч.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (4.8)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путём прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_{\text{С}}, \quad (4.9)$$

где  $P_{\text{НОМ.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{С}} \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_{\text{С}} = 1$ .

В таблице 3.18 представлены затраты на электроэнергию технологическую.

Таблица 3.18 Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$ , кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$ , руб.
Персональный компьютер	663,04*0,5	0,3	655,42
Струйный принтер	30	0,1	19,77
<b>Итого:</b>			<b>675,19</b>

#### 4.2.5 Расчёт амортизационных расчетов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Будем использовать формулу:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} * C_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{Д}}}, \quad (4.10)$$

где  $N_{\text{А}}$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.д.;

$F_{\text{Д}}$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берётся из специальных справочников или фактического



режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{AM}$ ;

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Стоимость ПК 40000 руб., время использования 504 часа, тогда для него

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4*40000*504*1}{2408} = 3348,83 \text{ руб.}$$

Стоимость принтера 11000 руб., его  $F_d = 500$  час.;

$$N_A = 0,5; t_{рф} = 30 \text{ час.}, \text{ тогда его } C_{AM}(Пр) = \frac{0,5*11000*30*1}{500} = 330 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 3678,83 руб.

#### **4.2.6 Расчёт расходов, учитываемых непосредственно на основе платёжных (расчётных) документов (кроме суточных)**

Сюда относятся:

- Арендная плата за пользование имуществом;
- Оплата услуг связи;
- Услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

- Оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 2500 руб.;
- Аренда специальных приборов – 8000 руб.;
- Почтовые расходы – 400 руб.;
- Консалтинговые услуги – 2000 руб.

Итого по данному пункту:

$$C_{НР} = (60 - 1) * 100 + 7500 + 2500 + 8000 + 400 + 2000 = 26300 \text{ руб.}$$

#### 4.2.7 Расчёт прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) * 0,1.$$

$$C_{\text{проч.}} = (7\,507,5 + 243\,943,30 + 73\,182,99 + 675,19 + 3\,678,83 + 2\,630) * 0,1 = 355\,287,81 * 0,1 = 35\,528,78 \text{ руб.}$$

#### 4.2.8 Расчёт общей себестоимости разработки

Проведя расчёт по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

В таблице 3.19 представлена смета затрат на разработку проекта.

Таблица 3.19 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	7507,5
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	243943,30
Отчисление в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	73182,99
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	675,19
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3678,83
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нп}}$	26300
Прочие расходы	$C_{\text{проч.}}$	35528,78
<b>Итого:</b>		<b>390816,59</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C=390816,59$  руб.

#### 4.2.9 Расчет прибыли

Прибыль примем в размере 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем случае прибыль составляет 78163,31 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

### **4.3 Расчет НДС**

НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(390816,59 + 78163,31) * 0,2 = 93795,98$  руб.

#### **4.3.1 Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае  $C_{\text{НИР(КР)}} = 390816,59 + 78163,31 + 93795,98 = 562775,88$  руб.

#### **4.3.2 Оценка экономической эффективности проекта**

За счёт замены устаревшего оборудования и приобретения оборудования средней ценовой категории лучшего качества, будет обеспечена эффективность выполненного проекта.

На выходе система обеспечит получение конечного продукта лучшего качества, уменьшатся затраты на ремонт или замену оборудования за счёт внедрения противоаварийной защиты, что в свою очередь позволит нам снизить текущие затраты на эксплуатацию проектируемого объекта.

## **5 Социальная ответственность**

Безопасность жизнедеятельности на производстве – это совокупность многих правил и норм, созданных для обеспечения защиты жизни и сохранения здоровья человека. Безопасный микроклимат на производстве обеспечивает оптимальная температура, влажность и скорость движения воздуха. На некоторых предприятиях контролируют также атмосферное давление, уровень шума, освещение, вентиляцию, вибрацию, уровень загрязнения воздуха.

Строгое выполнение норм техники безопасности обеспечивает защиту сотрудника от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на работе. Безопасность жизнедеятельность на производстве была создана, чтобы обеспечить правильную среду обитания на рабочем месте, и не навредить деятельности и здоровью человека.

В ВКР рассматривается установка блока сепарации на площадке установки комплексной подготовки нефти (УКПН). Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

В данном разделе представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия. Основная часть работы оператора осуществляется с использованием персонального компьютера, поэтому основной целью данного раздела является обнаружение и анализ вредных и опасных факторов, влияющих на работу оператора АСУ, а также методов защиты от них. Основными факторами являются шум, освещение, микроклимат помещения, электромагнитное излучение. Поэтому требуется изучение и создание оптимальных условий труда, а также следует учесть организацию пожарной безопасности на предприятии.

## 5.1 Профессиональная социальная безопасность

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Опасные и вредные факторы при работе оператора АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Диспетчерская (записи показаний приборов)	Работа на площадке (снятие показаний)	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. ГОСТ 12.2.007.0-75 [32]
2. Превышение уровня шума		+	Шум на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [33]
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения ГОСТ 5542-2014 [34]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.030-81 [35]
5. Электрический ток	+	+	Утверждение типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды. ПРИКАЗ от 09.12.2009г. №970н [36]
6. Статическое электричество	+	+	Средства защиты от статического электричества. ГОСТ 12.4.124-83 [37]
7. Пожароопасность	+	+	Одежда специальная для защиты от насекомых и паукообразных. ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ [38]
8. Повышенная загазованность		+	Об отходах производства и потребления. ФЗ от 24.06.1998 №89-ФЗ [39]
9. Укус насекомых	+	+	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96 [40]
10. Информационная нагрузка	+		Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [41]

## **5.2 Анализ вредных и опасных факторов**

### **5.2.1 Повышенный уровень шума**

Повышенный уровень шума на рабочих местах отнесен к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Шум неблагоприятно действуют на организм человека, вызывают головную боль, под его влиянием развивается раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, повышаются, а при чрезвычайно интенсивном действии понижаются возбуждательные процессы в коре головного мозга. Воздействие шума повышает пороги слышимости звуковых сигналов, снижает остроту зрения и нарушает нормальное цветоощущение. Работа в условиях шума может привести к появлению гипертонической или гипотонической болезни, развитию профессиональных заболеваний – тугоухости и глухоте.

При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [42].

Для уменьшения негативного действия шума могут быть предприняты следующие меры:

- рациональная планировка производственного помещения, снижающая уровень шума (экранирование рабочего места);
- применение звукоизоляционных материалов;
- применение техники, производящей минимальный шум.

До модернизации на рабочем месте установки блока сепарации уровень шума достигал не более 60 дБ. Основными источниками шума являлись электроклапана, задвижки с электроприводом, работа очистительных установок. После модернизации блока сепарации уровень шума снизился до

50 дБ, это связано с более современным оборудованием, в которых задвижки и клапана с электроприводами имеют пониженный уровень шума.

Для защиты от шума на рабочем месте в цехе установки стабилизации нефти не требуются специальных защитных средств.

### **5.2.2 Укус насекомых**

Для защиты рабочего персонала от насекомых должна использоваться спецодежда. Спецодежда для защиты от вредных биологических факторов (насекомых, паукообразных) не должна оказывать токсического воздействия на организм человека в процессе ее эксплуатации в соответствии с рекомендациями изготовителя. Спецодежда применяется при выполнении работ в местах обитания насекомых и паукообразных, являющихся переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний.

### **5.2.3 Проблемы с освещением**

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами СНиП на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений.

### **5.2.4 Повышенная загазованность**

На территории блока сепарации и при его обслуживании повышается загазованность, что способствует достижению взрывоопасной концентрации газа в воздухе.

На установке производится постоянный контроль газовоздушной среды, не допускаются утечки газа. Сотрудники, работающие на установке, применяют газоанализатор для выявления утечек, а также для собственной безопасности.

### **5.2.5 Отклонение показателей микроклимата**

Блок сепарации и работы по его обслуживанию производятся на открытом воздухе. Климат на территории установки – резко континентальный. Зимой температура воздуха держится до минус 45 °С, а летом может подниматься до 40 °С. Холодная температура может привести к обморожению и переохлаждению рабочего персонала, а высокая температура может привести к гипертермии и солнечному удару.

Рабочий персонал обеспечивается спецодеждой, для работы на улице, в мороз и в жару.

### **5.2.6 Информационная нагрузка**

Централизация управления ведет к возрастанию информационной нагрузки на операторов, что является причиной возникающего у них психологического стресса. Используя современные средства отображения информации можно уменьшить негативное воздействие возрастающих потоков информации на операторов. Для уменьшения величины нагрузки эффективны мероприятия по эргономической организации труда. К примеру:

- уменьшение информационной нагрузки при заданиях контроля с помощью соотнесения уведомлений с унифицированным положением шкалы показателей «должно»,

- упрощение диалога человек – машина благодаря управлению пользователя и корректировка ошибок организацией проверки ввода,



- уменьшение шумовой нагрузки благодаря использованию малошумного рабочего процесса и минимизации источников шума.

### 5.2.7 Электромагнитное излучение

На рабочем месте, где находится блок сепарации, установлен шкаф автоматики с ПЭВМ. В следствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям.

Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [43].

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ, представлены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;

- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты.

Для защиты от воздействия электромагнитного излучения на рабочем месте в цехе установки стабилизации нефти не требуются специальных защитных средств.

## **5.2.8 Анализ опасных факторов**

### **5.2.8.1 Электробезопасность**

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока и электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды [44].

После модернизации блока сепарации добавился, также ряд электрических приборов. Большую часть из них составляют измерительные приборы, исполнительные механизмы такие как реле, задвижки с электроприводами.

Все вышеописанные приборы работают от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50%, средняя температура около 24 °С.

Для данных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, т. к. при низковольтном напряжении 24 В, вероятность поражения током маловероятна. Для гашения дуги

исполнительных реле, были подобраны реле со встроенным дугогасительным устройством.

Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф. Данное оборудование является потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Согласно с [45] рабочие места с электрическими шкафами должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации УКПН, а именно хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются по методике по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу. Испарение нефти и нефтепродуктов с поверхностей происходит достаточно легко при любой температуре. При этом выделяются

низкомолекулярные углеводороды с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому разложению.

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- Максимальная герметизация производственного процесса;
- Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;
- Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;
- Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания;
- Грязная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором.

Максимальный выброс загрязняющих веществ в атмосферу возможен на площадке при отключении электроэнергии. При этом вся нефть направляется в резервуары, и отсепарированная газовая фракция сжигается на факеле. Основными источниками вредных газовыделений на УДПХ являются емкости, сепараторы. Основными загрязнителями атмосферы при транспортировке нефти являются углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, химреагенты и т.д. Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу, отличаются по своим свойствам и оказывают различное воздействие на окружающую среду. Электрическая часть данного проекта не влияет на окружающую среду, то есть является экологически чистой, однако при возникновении пожара в целях предотвращения вредных последствий принимаются следующие меры: 1) производится механическая очистка загрязнённого участка; 2) засыпается рекультивируемый участок

адсорбирующими материалами, а при попадании фракций в водоем - используют крошку мелкопористого пенопласта, устанавливаются заградительные боны; 3) собирается адсорбирующий материал и вывозится на свалку; Для ликвидации водяных и порошковых разливов применяется, прежде всего, сбор и откачка жидкости с водой с поверхности. На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны сепараторов, отстойниках. Воздействие на селитебные зоны не распространяется, в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны. Воздействия на атмосферу незначительное, т.к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами. Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления. Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Пожарная безопасность**

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага. Пожары на предприятиях и в быту приносят значительный материальный ущерб, поэтому пожарной безопасности уделяют особое внимание.

К основным причинам пожаров на нефтебазах можно отнести следующие:

- переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- нагрев резервуаров в летний период, особенно в районах с жарким климатом;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории нефтебаз (курение и т.п.).

Пожарная безопасность установки комплексной подготовки нефти (УКПН) в соответствии с требованиями [46] должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефти;
- предотвращения образования на территории УКПН горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего УКПН, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

Как известно, горение нефти и нефтепродуктов происходит на поверхности самой жидкости. Основными огнетушащими веществами являются пенные составы, имеющие меньшую с нефтепродуктами плотность, покрывающие поверхность горячей жидкости и блокирующие поступление кислорода в среду горения.

Все производственные помещения УКПН относятся к категории А, степень огнестойкости здания I. Стены изготовлены из железобетона, кирпича, предел огнестойкости зданий и несущих конструкций 2 ч.

На случай возникновения пожара предусмотрено по два эвакуационных выхода из каждого здания, шириной не менее 1 метра и высотой не менее 2 метров. Для тушения пожара применяются первичные средства тушения пожара: ящики с песком, кошма, пенные огнетушители ОХП – 10, ОХП – 15, ОВГ – 100 и ОУ – 2, ОУ – 8, которые находятся на каждой установке и в зданиях у выхода.

УКПН оборудована лафетными стояками, системами пожарного водопровода. При пожаре включаются противопожарные насосные станции. Наружная установка по периметру оснащена пеногенераторными стояками, системами паротушения.

Мероприятия по предупреждению пожара [47]:

- электрооборудование взрывозащищенного исполнения;
- напряжение для переносного электроинструмента и освещение не более 42 В;
- систематическая проверка исправности заземления;
- герметизация технологического оборудования.

После модернизации блока сепарации добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны согласно требованиям по взрывобезопасному исполнению, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи. Дополнительных первичных средств пожаротушения не требуется.

## **5.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [48] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти – или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырехбригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [48] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 ч.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации,



в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

### **5.6 Выводы по разделу**

В данном разделе нами был проведен анализ вредных и опасных факторов труда рабочего персонала. Также мы ознакомились с мерами защиты, техникой безопасности, охраной труда и промышленной безопасностью, охраной окружающей среды и экологической безопасностью. К каждому фактору были отдельно подобраны меры предупреждения и предотвращения опасных факторов.

## Заключение

Как видно из описания технических решений, для совершенствования автоматизированной системы управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти, а именно сепаратора первой ступени. Были предложены современные аппаратные средства, характеризующиеся высокой надёжностью, более лучшей точностью и долговечностью. Резервирование ПЛК и устройств ввода/вывода позволило повысить безопасность системы в случае каких-либо отказов на уровне контроллера. Сочетание мирового уровня качества устройств фирмы Rosemount, промышленных контроллеров Allen-Bradley и программного пакета SCADA Trace mode 6 с конкурентоспособными ценами на эту технику, способствует успешному совершенствованию вышеописанной системы.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был рассмотрен технологический процесс установки комплексной подготовки нефти, построены функциональная и структурная схемы автоматизации блока сепарации нефти, которые позволили подобрать правильное новое оборудование.

Разработанный ПИД-регулятор для автоматического поддержания уровня позволяет регулировать уровень в отсеке второго сепаратора. Также в выпускной квалификационной работе разработана мнемосхема сепаратора первой ступени и дерево экранных форм.

В результате выполнения проекта усовершенствована система автоматического управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти, которая полностью удовлетворяет поставленной задаче.

## Список используемых источников

1. Схема установки комплексной подготовки нефти: сайт. – URL: <https://wudger.ru/cg/razrabotka-i-ekspluatatsiya-neftnyanx-i-gazovyx-skvazhin/ustanovka-kompleksnoj-podgotovki-nefti.htm> (дата обращения: 10.03.2020).
2. Программируемый логический контроллер ПЛК110-32: сайт. – URL: <https://aketo.kz/owen/plk/plk110/product/plk110-220-32-r-l-m02> (дата обращения: 10.03.2020).
3. Расходомер Sitrans fx300: сайт. – URL: <http://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10042112/info/> (дата обращения: 10.03.2020).
4. Датчик давления ЕСМА SMAR LD300: сайт. – URL: <http://chzpa.ru/katalog/izmerenie-davleniya/35-datchiki-davleniya/186-esma-smar-ld300> (дата обращения: 10.03.2020).
5. Датчик температуры Rosemount 644Н : сайт. – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-sku-644-temperature-transmitter-ru-ru?fetchFacets=true#facet:&facetLimit:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:list&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&> (дата обращения: 11.03.2020).
6. Уровнемер МПУ-УР.01.006/07: сайт. – URL: [https://poltraf.ru/uroven/datchiki\\_zhidkosti/mpu-ur01.005display/](https://poltraf.ru/uroven/datchiki_zhidkosti/mpu-ur01.005display/) (дата обращения: 11.03.2020).
7. Датчик-реле уровня жидкости РИЗУР ДРУ-1ПМ : сайт. – URL: <https://rizur.ru/catalog/signalizatory-i-datchiki-rele-urovnya/datchik-rele-urovnya-zhidkosti-dru-1pm-g/> (дата обращения: 11.03.2020).
8. Клапан Danfoss VS2 с установленным электроприводом Danfoss AME 10: сайт. – URL: <https://open.danfoss.ru/klapan-reguliruyushchiy-vm-2-s-naruzhnoy-rezboy> (дата обращения: 12.03.2020).
9. Структура АСУ ТП: сайт. – URL: [https://www.krug2000.ru/decisions/solutions\\_zkx/teploset.html](https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_zkx/teploset.html) (дата обращения: 10.03.2020).
10. ГОСТ 21.208-13 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
11. ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

12. Программируемый логический контроллер Allen-Bradley 1756 ControlLogix 5560: сайт. – URL: <http://www.aksprom.biz/Catalog/Allen-Bradley/28332/1756-Kontrollery-ControlLogix-Moduli-rezervirovaniya> (дата обращения: 13.03.2020).
13. Программируемый логический контроллер Omron CJ2M: сайт. – URL: <https://novosibirsk.cnc360.ru/komplektuyuschie-stankov-s-chpu/controllers-protective-devices/logicheskie-kontrollery-omron/modulnyj-programmiruemyj-logicheskij-kontroller-omron-cj2m/> (дата обращения: 13.03.2020).
14. Программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-1200: сайт. – URL: <https://www.prosoft.ru/cms/f/464635/%D0%9A%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3+%D1%81+%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8.pdf> (дата обращения: 14.03.2020).
15. Система резервирования ControlLogix: сайт. – URL: <http://www.eskovostok.ru/docs/Controllers/ControlLogix/1756-um001-ru.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).
16. Вихревой расходомер Rosemount 8800 D: сайт. – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-8800-vortex-ru-ru?fetchFacets=true#facet:&facetLimit:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:list&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&> (дата обращения: 15.03.2020).
17. Вихреакустический расходомер Метран-300ПР: сайт. – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-300pr-ru-ru> (дата обращения: 10.03.2020).
18. Расходомер массовый кориолисовый Kobold TMU-R: сайт. – URL: <https://rizur.ru/catalog/koriolisovye-kobold/massovyy-koriolisovyy-raskhodomer-tmu-umc-3/> (дата обращения: 16.03.2020).
19. Датчик давления ТЖИУ406: сайт. – URL: <http://www.vniia.ru/production/datchiki-i-signalizatory-davlenia/tzhiu406-m100/tzhiu406-m100.php> (дата обращения: 10.03.2020).
20. Датчик давления Kobold PAD-R: сайт. – URL: <https://www.directindustry.com.ru/prod/kobold-messring-gmbh/product-9187-520628.html> (дата обращения: 17.03.2020).

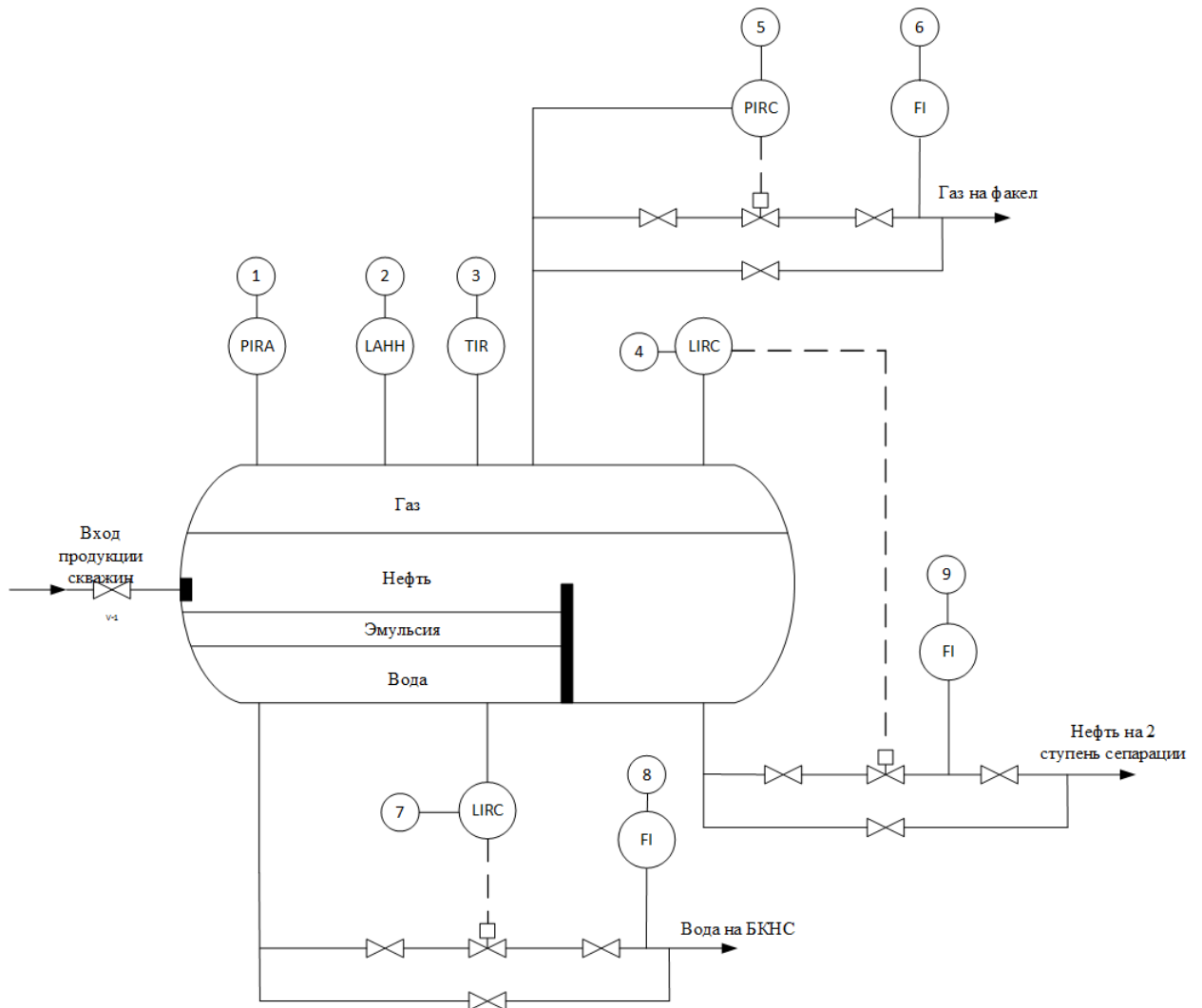
21. Датчик давления United Electric Ex-120: сайт. – URL: <https://247able.com/product/united-electric-c120-120-atex-120-series-temperature-switch/> (дата обращения: 17.03.2020).
22. Датчик температуры ОВЕН ДТСхх5: сайт. – URL: [https://owen.ru/product/dtshh5exia termosoprotivleniya\\_s\\_vihodnim\\_signalom\\_420\\_ma/specifications](https://owen.ru/product/dtshh5exia termosoprotivleniya_s_vihodnim_signalom_420_ma/specifications) (дата обращения: 18.03.2020).
23. Датчик температуры Метран-281: сайт. – URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/23410-13-metran-280-metran-280-ekh-20474> (дата обращения: 18.03.2020).
24. Датчик температуры Kobold TWL-R-Exd: сайт. – URL: <https://rizur.ru/catalog/termopreobrazovateli-i-tsifrovye-datchiki/termopreobrazovateli-tw/> (дата обращения: 19.03.2020).
25. Уровнемер Nivelco Nivotrack: сайт. – URL: [https://rusautomation.ru/datchiki\\_urovnya/nivotrack](https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/nivotrack) (дата обращения: 19.03.2020).
26. Ёмкостной уровнемер МПУ 100: сайт. – URL: <http://torcovoie-uplotnenie.ru/products/19328612> (дата обращения: 19.03.2020).
27. Уровнемер ИСУ100И: сайт. – URL: [http://www.kontakt-1.ru/produkcziya/katalog-produkczii/urovnyemeryi-i-datchiki-urovnya-\(izmeriteli-signalizatoryi-urovnya\)/urovner-isu100i-\(odnokanalnyj\).html](http://www.kontakt-1.ru/produkcziya/katalog-produkczii/urovnyemeryi-i-datchiki-urovnya-(izmeriteli-signalizatoryi-urovnya)/urovner-isu100i-(odnokanalnyj).html) (дата обращения: 19.03.2020).
28. Датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-ПМ: сайт. – URL: [https://agrovektor.ru/physical\\_product/19253-datchik-rele-urovnya-rizur-dru-1pm-dru-1pm-1-dru-1.html](https://agrovektor.ru/physical_product/19253-datchik-rele-urovnya-rizur-dru-1pm-dru-1pm-1-dru-1.html) (дата обращения: 20.03.2020).
29. Регулирующий седельный проходной клапан Danfoss VS2: сайт. – URL: <http://www.ktto.com.ua/water/krm/1> (дата обращения: 20.03.2020).
30. Электропривод редукторный Danfoss AME 10: сайт. – URL: <https://tdkomfort.ru/shop/danfoss-elektroprivody-ame-10-082g3005y.html> (дата обращения: 10.03.2020).
31. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247с.
32. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. ГОСТ 12.2.007.0-75
33. Шум на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96

34. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения ГОСТ 5542-2014
35. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.030-81
36. Утверждение типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды. ПРИКАЗ от 09.12.2009г. №970н
37. Средства защиты от статического электричества. ГОСТ 12.4.124-83
38. Одежда специальная для защиты от насекомых и паукообразных. ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ
39. Об отходах производства и потребления. ФЗ от 24.06.1998 №89-ФЗ
40. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96
41. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03
42. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
43. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
44. Гост Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность. Настоящий стандарт относится к группе стандартов, регламентирующих требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации.
45. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
46. СНиП 2.11.03–93 “Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы”.
47. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
48. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197–ФЗ.

# Приложение А

(обязательное)

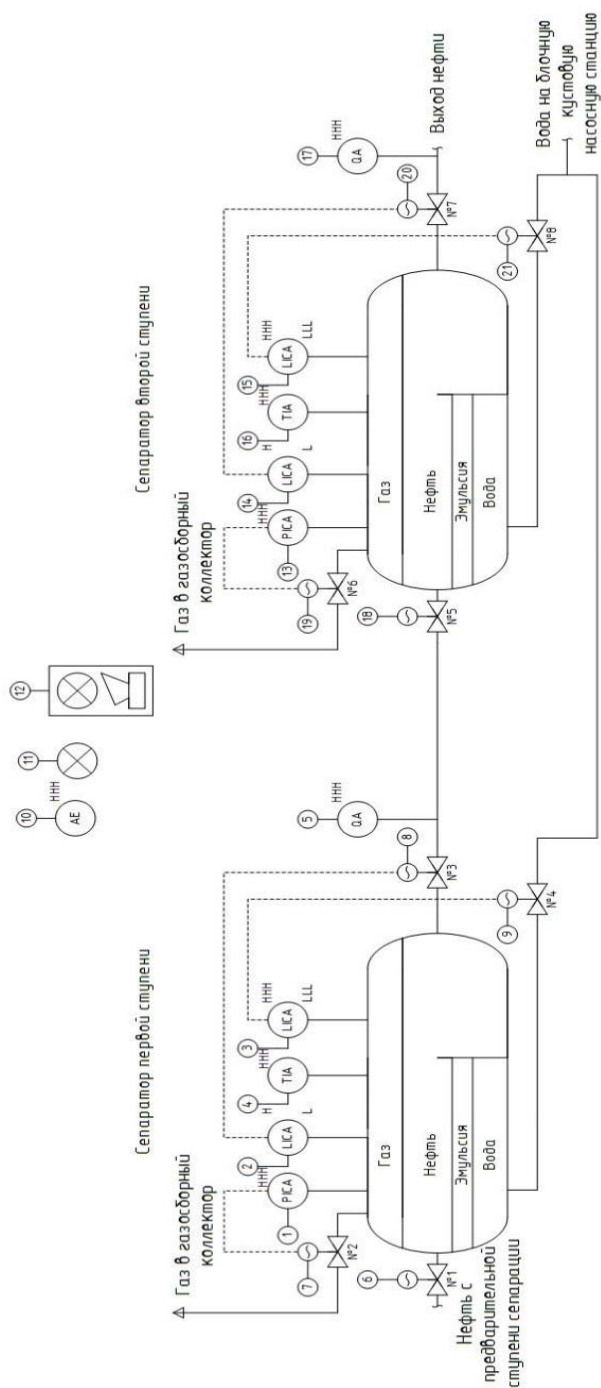
## Функциональная схема сепаратора I степени



# Приложение Б

(обязательное)

## Функциональная схема блока сепарации

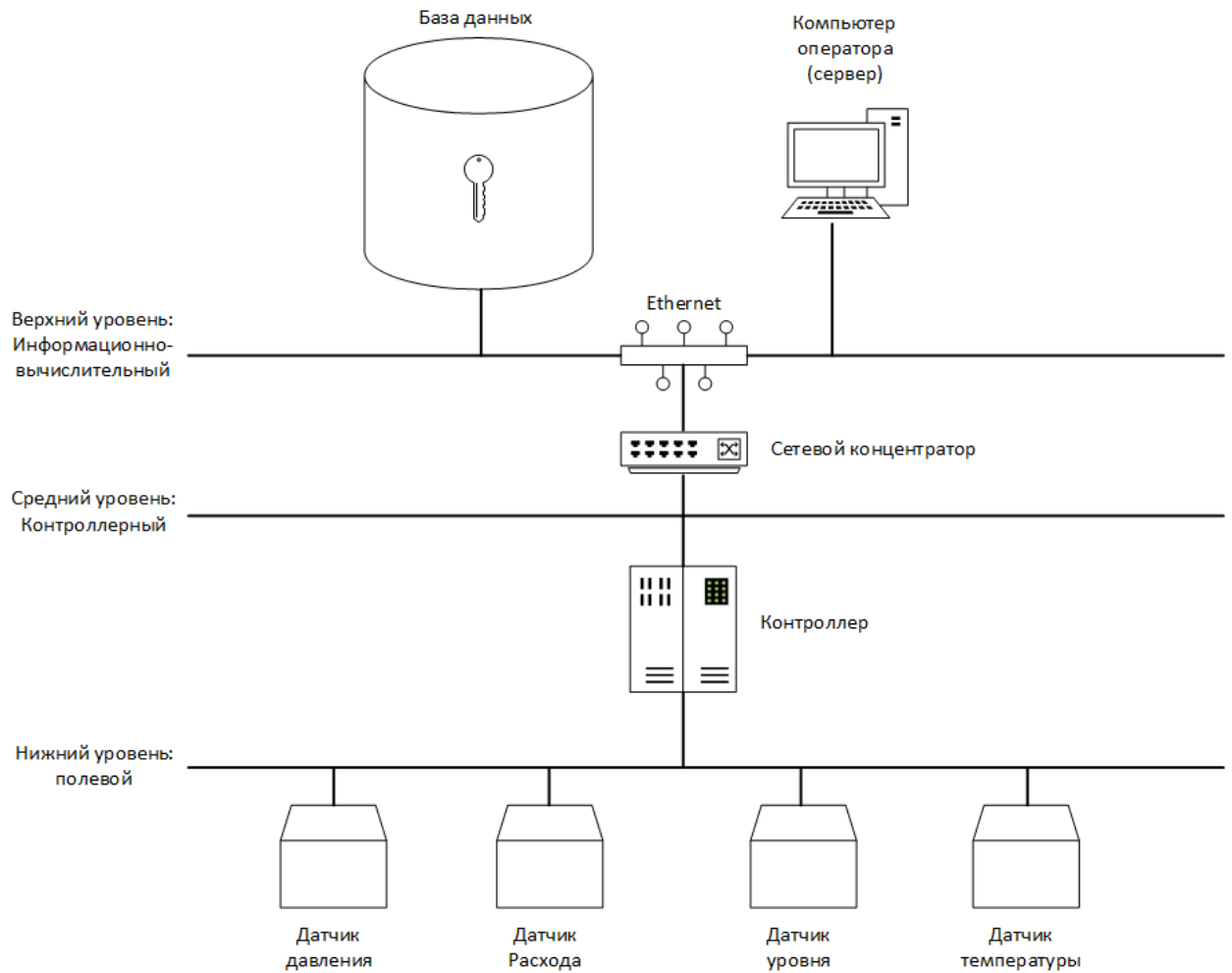




# Приложение В

(обязательное)

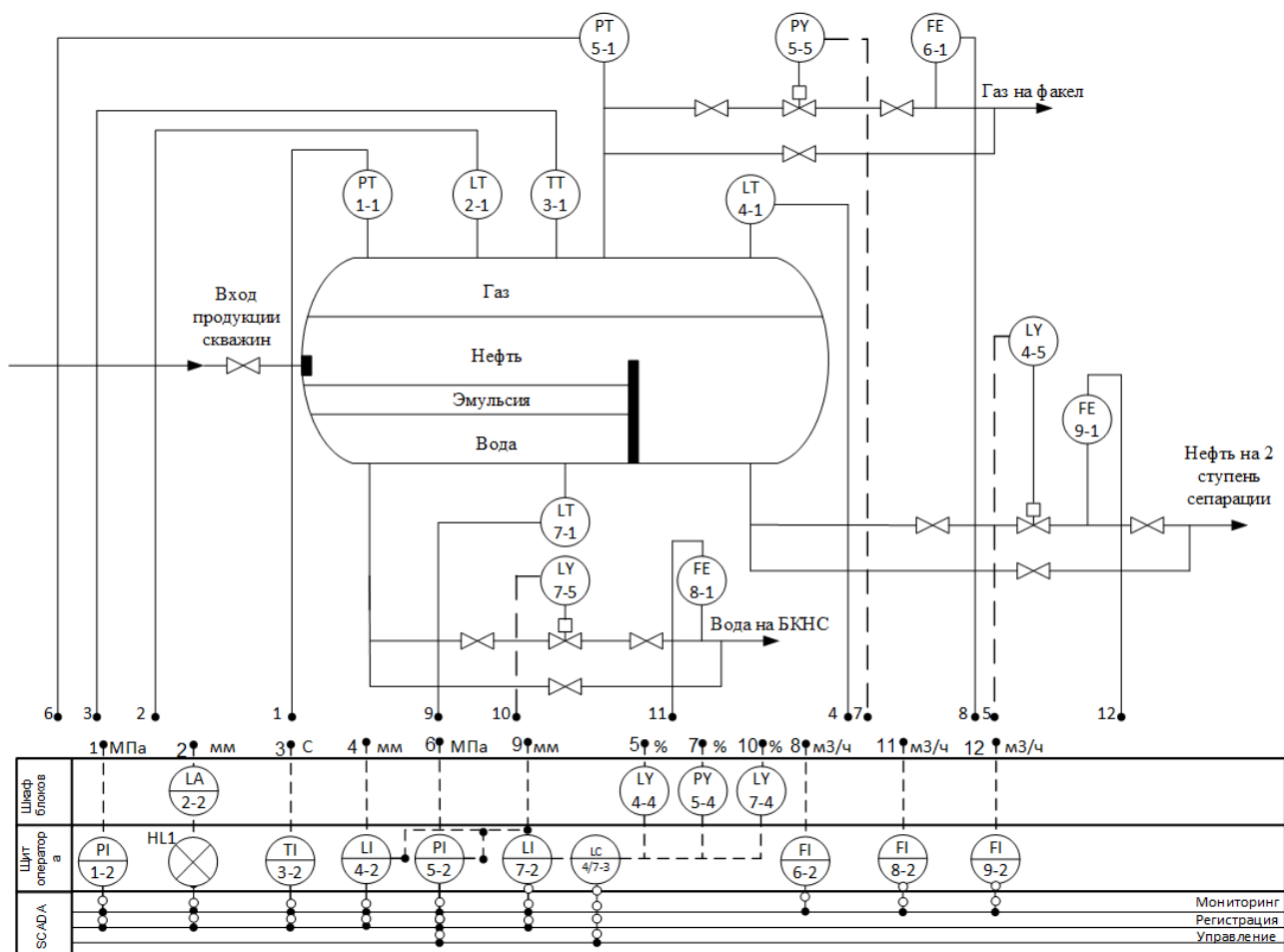
## Трёхуровневая структура автоматизированной системы



# Приложение Г

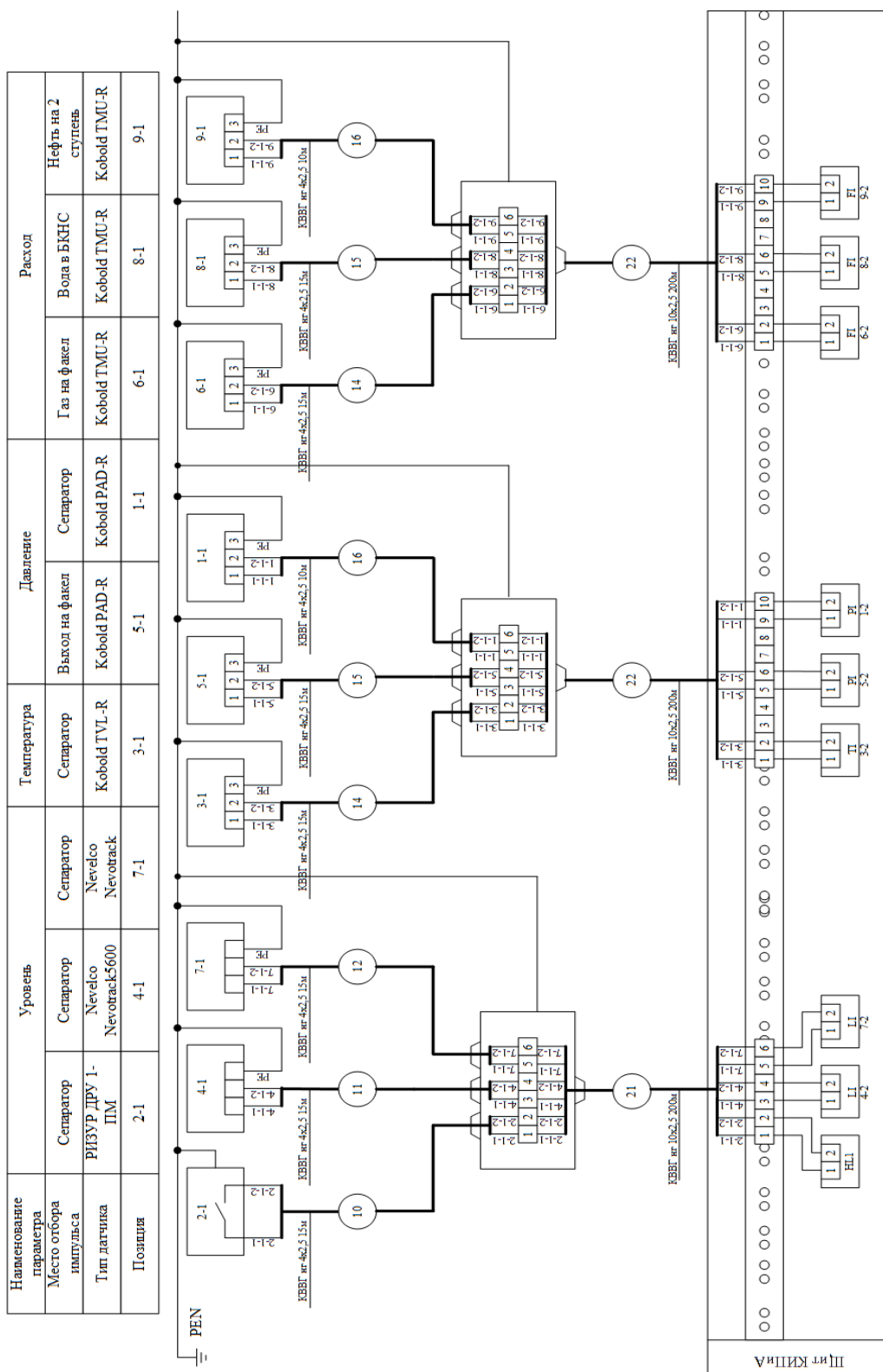
(обязательное)

## Функциональная схема автоматизации



# Приложение Д (дополнительное)

## Схема внешних проводов



# Приложение Е

(обязательное)

## Алгоритм сбора данных



# Приложение Ё (обязательное) Мнемосхема

