

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



Институт электронного обучения  
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Кафедра систем управления и мехатроники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка системы автоматизации блока факельных сепараторов</b>

УДК 622.276.8.05:621.928-52:681.586:004.384

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т22	Сулейманов Руслан Рафаэльевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Рудницкий В. А.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Данков Артем Георгиевич	к.и.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Егор Сергеевич			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за рискованную работу коллектива при решении инновационных 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, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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



Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой СУМ

\_\_\_\_\_ Губин Е В  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т22	Сулейманов Руслан Рафаэлевич

Тема работы:

Разработка системы автоматизации блока факельных сепараторов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 18.04.2017г №2751/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017 г.
--	---------------

**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 установка комплексной подготовки газа, блок подготовки метанола.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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 Разработка схемы соединения внешних проводок</li> <li>8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС</li> <li>9 Разработка экранных форм АС</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio</li> <li>2 Перечень входных/выходных сигналов ТП</li> <li>3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio</li> <li>4 Схема информационных потоков</li> <li>5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab</li> <li>6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма</li> <li>7 Дерево экранных форм</li> <li>8 SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта</li> <li>9 Обобщенная структура управления АС</li> <li>10 Трехуровневая структура АС</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков Артем Георгиевич
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Рудницкий В. А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8Т22	Сулейманов Руслан Рафаэльевич		

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

---

Институт электронного обучения

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Кафедра систем управления и мехатроники

Уровень образования – бакалавр

Период выполнения – осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.06.2017 г.	Основная часть	60
01.06.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
03.06.2017 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Рудницкий В. А.			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин А. Е.	к.т.н.		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 90 страниц машинописного текста, 10 таблиц, 31 рисунок, 1 список использованных источников из 18 наименований, 8 приложений.

Объектом исследования является блок факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа.

Цель работы – разработка автоматизированной системы блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров ОВЕН, с применением SCADA-системы Codesys.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

УСТАНОВКА КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА, ФАКЕЛЬНЫЙ СЕПАРАТОР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, БЛОК СЕПАРАЦИИ, КЛАПАН С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ПИД-РЕГУЛЯТОР, ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, HART-ПРОТОКОЛ, SCADA-СИСТЕМА.

## Содержание

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	9
<b>Введение .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Техническое задание .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Назначение системы .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Требования к техническому обеспечению .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Требования к метрологическому обеспечению .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 Требования к программному и информационному обеспечению .....</b>	<b>14</b>
<b>1.6 Требования к математическому обеспечению .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Основная часть .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Описание технологического процесса .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Выбор архитектуры АС .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Разработка структурной схемы АС .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Функциональная схема автоматизации .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Разработка схемы информационных потоков .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Выбор средств реализации .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.1 Выбор контроллерного оборудования .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.2 Выбор датчиков .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.3 Выбор исполнительных механизмов .....</b>	<b>34</b>
<b>2.7 Разработка схемы внешних проводок .....</b>	<b>37</b>
<b>2.8 Выбор алгоритмов управления АС .....</b>	<b>38</b>
<b>2.8.1 Алгоритм сбора данных измерений .....</b>	<b>39</b>
<b>2.8.2 Алгоритм автоматического регулирования .....</b>	<b>40</b>
<b>2.9 Экранные формы АС .....</b>	<b>43</b>
<b>3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Анализ конкурентных технических решений .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Технология QuaD .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4 SWOT – анализ .....</b>	<b>50</b>

<b>3.5</b>	<b>Планирование научно-исследовательских работ</b>	<b>51</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Структура работ в рамках научного исследования</b>	<b>51</b>
<b>3.6</b>	<b>Разработка графика проведения научного исследования</b>	<b>52</b>
<b>3.7</b>	<b>Бюджет научно-технического исследования</b>	<b>55</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Расчет материальных затрат</b>	<b>55</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Расчет затрат на специальное оборудование</b>	<b>55</b>
<b>3.7.3</b>	<b>Основная заработная плата исполнителей темы</b>	<b>55</b>
<b>3.7.4</b>	<b>Дополнительная заработная плата исполнителей темы</b>	<b>57</b>
<b>3.7.5</b>	<b>Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)</b>	<b>57</b>
<b>3.7.6</b>	<b>Накладные расходы</b>	<b>58</b>
<b>3.7.7</b>	<b>Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта</b>	<b>58</b>
<b>3.7.8</b>	<b>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</b>	<b>58</b>
<b>4.</b>	<b>Социальная ответственность</b>	<b>65</b>
<b>4.1.</b>	<b>Профессиональная социальная безопасность</b>	<b>66</b>
<b>4.1.1.</b>	<b>Анализ выявленных вредных и опасных факторов</b>	<b>66</b>
<b>4.1.1.1.</b>	<b>Повышенный уровень шума</b>	<b>66</b>
<b>4.1.1.2.</b>	<b>Повышенный уровень вибрации</b>	<b>68</b>
<b>4.1.1.3.</b>	<b>Электромагнитное излучение</b>	<b>69</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Анализ опасных факторов</b>	<b>70</b>
<b>4.1.2.1.</b>	<b>Электробезопасность</b>	<b>70</b>
<b>4.2.</b>	<b>Экологическая безопасность</b>	<b>72</b>
<b>4.3.</b>	<b>Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<b>74</b>
<b>4.3.1.</b>	<b>Пожарная безопасность</b>	<b>74</b>
<b>4.3.2.</b>	<b>Взрывобезопасность</b>	<b>76</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Особенности законодательного регулирования проектных решений</b>	<b>78</b>
	<b>Заключение</b>	<b>80</b>
	<b>Список используемых источников</b>	<b>81</b>



## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Определения

**автоматизированная система (АС)** – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

**интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)** – совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

**видеокадр:** область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.

**мнемосхема:** представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

**мнемознак:** представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

**интерфейс оператора:** совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

**профиль АС:** определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

**протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART и др.):** набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

**технологический процесс (ТП):** последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

**архитектура автоматизированной системы:** набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС.

**OPC-сервер:** программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

**тег:** метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

**modbus:** коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер».

### **Обозначения и сокращения**

OSI (Open Systems Interconnection) – Эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

PLC (Programmable Logic Controllers) – Программируемые логические контроллеры (ПЛК);

HMI (Human Machine Interface) –Человеко-машинный интерфейс;

OPC (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

IP (International Protection) – Степень защиты;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА– контрольно-измерительные приборы и автоматика;

## Введение

Автоматизированная система управления технологическими процессами предназначена для передачи производственных функций, контроль и управление от человека специальному автоматическому техническому оборудованию, которое обеспечивает автоматизированный сбор, регистрацию, передачу, обработку и хранение информации.

Системы, которые отвечают за выполнение конкретной функции оборудования, технологического процесса, оперативно регулируют работу механизмов при этом устраняя отклонения в режимах технологических процессов и т.д.

На сегодняшний день установки комплексной подготовки газа имеют автоматизированные системы управления контроля технологическими процессами, исключение составляют некоторые составляющие части УКПГ, такие как факельные сепараторы высокого давления, которым необходима модернизация.

Целями выпускной квалификационной работы проекта является систематизация и углубление теоретических и практических знаний в области проектирования автоматизированных систем объектов нефтегазовой отрасли, развитие навыков их практического применения, теоретических знаний при решении инженерных задач автоматизированного управления технологическим процессом в нефтегазовой отрасли. В выпускной квалификационной работе проекте предлагается модернизация блока факельных сепараторов высокого давления УКПГ, за счет применения новых приборов с унифицированными сигналами, а также корректное взаимодействие всего выбранного оборудования с современными операционными системами.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП**

Система создается с целью:

- Обеспечение высоких технико-экономических показателей работы установки комплексной подготовки газа за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных плановых и технологических ограничений;
- Обеспечение высокого уровня безопасности технологических процессов подготовки газа;
- Обеспечение передачи точной, достоверной и оперативной информации на верхний уровень;
- Уменьшение трудозатрат оперативного эксплуатационного персонала в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;
- Автоматическая защита объектов управления в аварийных ситуациях за счёт соблюдения технологического регламента работы установок с помощью автоматических систем регулирования и управления, предотвращения аварийных ситуаций и последующего анализа их происхождения.

Задачи автоматизированной системы управления:

- контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования подготовки газа;
- контроль и управление в автоматическом и ручном режиме технологическими объектами автоматизации, входящих в систему;
- обеспечение системы аварийной остановки для контроля технологического процесса и аварийных блокировок/отключений;
- сбор и обработка данных о состоянии контроля технологических процессов;
- управление и регулирование технологических процессов в соответствии с заданиями, которые устанавливают операторы АСУ;

– вывод информации о технологических процессах на мнемосхемах на дисплей оператора АСУ в реальном времени, отображение численных значений параметров;

## **1.2 Назначение системы**

Установка комплексной подготовки газа (УКПГ) представляет собой систему технологического оборудования и различных вспомогательных устройств, которая обеспечивает сбор и соответствующую обработку природного газа и конденсата в соответствии с требованиями российских отраслевых и государственных стандартов. В качестве сырья для УКПГ служит природный газ, полученный из газоконденсатных и газовых месторождений.

Сепаратор факельный предназначен для очистки газа от капельной жидкости, поступающей в факельный коллектор при срабатывании предохранительных клапанов и продувках оборудования и трубопроводов. Он входит в состав факельной системы при обустройстве газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений, а также газо- и нефтеперерабатывающих заводов.

## **1.3 Требования к техническому обеспечению**

В выпускной квалификационной работе должны использоваться датчики и исполнительное оборудование, которое будет соответствовать условиям эксплуатации. При этом внешние части используемого оборудования, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайных прикосновений и иметь заземление.

Комплекс технических средств должен обеспечить построение трехуровневой системы и включать в себя:

– датчики и исполнительные механизмы, при этом полевые устройства должны обеспечивать стандартный сигнал на выходе 4...20 мА, иметь степень защиты не менее IP56, а также корректно работать при температурах от -50°С до +50°С;

- микропроцессорные программируемые логические контроллеры;
- автоматизированные рабочие места на базе персонального компьютера с монитором, клавиатурой и печатающим устройством;

Все датчики и исполнительные элементы должны быть устойчивыми к воздействию агрессивных сред, а также соответствовать требованиям пожаро- и взрывобезопасности.

#### **1.4 Требования к метрологическому обеспечению**

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности факельного сепаратора высокого давления представляют собой комплекс обязательных и рекомендуемых к исполнению действий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение эффективности и качества работоспособности системы

Требуемые нормы погрешности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к погрешности измерительных каналов

№	Наименование измеряемого параметра	Норма погрешности (не более)
1	Температура	$\pm 0,5\%$
2	Давление	$\pm 1\%$
3	Уровень	$\pm 0,5\%$
4	Расход	$\pm 1\%$

#### **1.5 Требования к программному и информационному обеспечению**

Программное обеспечение АСУ ТП должно быть достаточным для выполнения всех функций системы, реализуемых с применением средств вычислительной техники, а также иметь средства организации всех требуемых процессов обработки данных, позволяющие своевременно выполнять все автоматизированные функции во всех режимах функционирования АСУ ТП.

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя:

- системное программное обеспечение - операционные системы;
- инструментальное программное обеспечение;
- общее прикладное программное обеспечение;
- специальное прикладное программное обеспечение.

Программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- обработка и хранение текущих значений технологических переменных, поступающих в систему в результате опроса датчиков и первичной переработки информации;
- создание распределённой базы данных и возможность доступа к ней;
- отображение мнемосхем, которые представляют собой графическое изображение основного технологического оборудования, средств КИПиА, и отображают структуру алгоритмов управления и защиты, и их состояние;
- обмена информацией в рамках распределённой системы посредством базы данных, обеспечивающей доступ к данным с локальных элементов сети.
- возможность изменения параметров технологического процесса;
- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

### **1.6 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

## **2. Основная часть**

### **2.1. Описание технологического процесса**

Функциональная схема ФС приведена в приложении А.

Факельные сепараторы используются для очистки газа от капельной жидкости (конденсата), механических примесей и жидкостных пробок, образующихся в технологическом трубопроводе.

Факельные сепараторы являются частью факельной системы, которая участвует в подготовке газа. Качество факельного сепаратора зависит от грамотного проектирования. Устройство должно обладать высокой прочностью, т.к. оно используется в работе с агрессивными и некоррозионными средами. По форме аппарат представляет собой горизонтальное цилиндрическое устройство, оснащенное сетчатыми насадками (угловыми и вертикальными).

В факельном сепараторе движение газа обычно осуществляется благодаря тангенциальному вводу. Газ с высокой скоростью поступает внутрь сосуда аппарата, после чего капли прижимаются к периферии сосуда и под воздействием собственной тяжести опускаются вниз. Воздух (газ) по специальным каналам поднимается вверх. Жидкость, что отделилась, собирается в специально предназначенную дренажную емкость. Очищенный газ подается на факел.

Для того, чтобы материал равномерно распределялся по сечению. Аппарата, сепаратор факельный оснащается специальной угловой насадкой. В данной секции устройства также осуществляется первичное отделение газа и жидкости. Осуществление более глубокого отделения проводится в секции вторичной сепарации, которая представляет собой сетчатую насадку.

Факельный сепаратор оснащается присоединительными штуцерами для установки контрольно-измерительных приборов, люком-лазом, который предназначен для того, чтобы аппарат было удобнее обслуживать, а также дренажными каналами и штуцерами для вывода и ввода жидкости.



В качестве факельного сепаратора используется сепаратор факельный высокого давления 10С-5 с рабочим давлением до 1 МПа, температурой рабочей среды от -50°С до +50°С.

## 2.2 Выбор архитектуры АС

Основой для разработки архитектуры АС является профиль. Профиль – это набор стандартов, который ориентирован на решение конкретных задач.

Целью применения профиля является:

- уменьшение трудоемкости проекта автоматизированной системы;
- увеличение качества используемого оборудования для разработки автоматизированной системы;
- возможность масштабирования разрабатываемой автоматизированной системы;
- функциональная интеграция задач в информационные системы.

Каждый профиль автоматизированной системы содержит нижеуказанные группы [1]:

- прикладное программное обеспечение;
- среда разработки автоматизированной системы;
- защита информации автоматизированной системы;
- инструментальные средства автоматизированной системы.

Для разрабатываемой автоматизированной системы управления будем использовать следующее:

- прикладное программное обеспечение: Codesys (SCADA система);
- среда разработки: ОС Windows 7;
- защита информации: стандартные средства Windows;
- инструментальные средства: среда OpenPCS.

## 2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является факельный сепаратор, в частности, в соответствии с ТЗ разрабатываем систему автоматизированного управления. В сепараторе осуществляется замер уровня нефти, температуры, давления, а в трубопроводах – давления на всасывании насосного агрегата, расход на всасывающем и нагнетающем коллекторе. Исполнительными устройствами являются клапаны с электроприводом.

Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой. Трехуровневая структура АС приведена в приложении Б.

Нижний (полевой) уровень состоит из первичных датчиков (три сигнализатора уровня, один датчик температуры с индикацией и регистрацией (TIR), один уровнемер, два расходомера и исполнительные устройства (клапана с электроприводом).

Средний (контроллерный) уровень состоит из локального контроллера.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из коммуникационного контроллера, который играет роль концентратора, а также компьютеров и сервера базы данных, объединенных в локальную сеть Ethernet. На компьютерах диспетчера и операторов установлены операционная система Windows 7 и программное обеспечение CodeSys.

Обобщенная структура управления АС приведена в приложении В.

С нижнего уровня полевые датчики передают информацию на контроллерный уровень программируемому логическому контроллеру, который в свою очередь, выполняет следующие задачи:

- собирает, обрабатывает и хранит всю информацию о состоянии технологического процесса и информацию о параметрах используемого оборудования;
- автоматизированное управление технологическим процессом;
- выполняет команды, которые поступают с пункта управления;
- обменивается информацией с пунктом управления.

В свою очередь информация с ПЛК передаётся в сеть диспетчерской посредством концентратора, расположенного на информационно-вычислительном уровне, который выполняет следующие задачи:

- собирает данные, поступающие с ПЛК со среднего уровня;
- обрабатывает данные, при этом масштабируя их;
- поддерживает единое время всей системы;
- синхронизирует работу подсистем;
- организует создание архивов по заданным параметрам;
- обменивается информацией со средним уровнем.

Операторская состоит из нескольких станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. Также в операторской расположен сервер БД. На экранах оператора АСУ отображаются технологические процессы и оперативное управление.

Для взаимодействия контроллера на нижнем уровне с полевыми датчиками и исполнительными устройствами используются каналы связи. Контроллер среднего уровня и концентратор верхнего уровня взаимодействуют посредством локальной сети Ethernet. Также используя локальные сети Ethernet взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

## **2.4 Функциональная схема автоматизации**

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

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной

связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

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

В соответствии с заданием спроектирована функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов». Функциональная схема представлена в приложении Г.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям ANSI/ ISAS5.1 и приведена в приложении Д. Согласно этой схеме осуществляются следующие операции:

- измерение давления в нагнетательных трубопроводах, его регистрация на АРМ оператора, и регулирование с помощью регулятора давления.
- измерение объема поступающей газожидкостной смеси, и её регистрация на АРМ.
- измерение уровня газожидкостной смеси в сепараторе и индикация верхних и нижних уровней, а так же верхнего аварийного и нижнего аварийного уровня нефти в резервуаре.
- измерение расхода газожидкостной смеси поступающей в сепаратор и расхода газа на нагнетающем коллекторе после сепаратора.

## 2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, которая приведена в альбоме схем включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

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

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

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

- объем газожидкостной смеси на входе, м<sup>3</sup>/ч,
- объем газа на выходе, м<sup>3</sup>/ч,
- уровень газожидкостной смеси в факельном сепараторе, мм,
- температура газожидкостной смеси в факельном сепараторе, °С,
- давление в всасывающем коллекторе, МПа,
- давление в факельном сепараторе, МПа.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD,

где

- 1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
  - PRS – давление;
  - TMP – температура;
  - LVL – уровень;
  - FLW – расход;
  - CTR – управляющий сигнал;
- 2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
  - TRB – трубопровод;
  - PP1 – насос Н-1/1;
  - PP2 – насос Н-1/2;
  - REG – регулятор давления К-2;
  - SEP – факельный сепаратор;
- 3) CCCC – уточнение, не более 4 символов:
  - ENTR – входной трубопровод в факельный сепаратор;
  - OUT – выходной трубопровод из факельного сепаратора;
  - SUCT – всасывающий коллектор;
  - DLVR – нагнетательный коллектор;
  - GAZ – газ;
  - GLMX – газожидкостная смесь;
- 4) DDDDD – примечание, не более 5 символов:
  - REG – регулирование;
  - CRSNH – верхняя аварийная сигнализация;
  - CRSHL – нижняя аварийная сигнализация;
  - SIGNH – верхняя предупредительная сигнализация;
  - SIGNL – нижняя предупредительная сигнализация.

Знак подчеркивания \_ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице №2.

Таблица 2 – Кодировка всех сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
FLW_TRB_ENTR	Расход газожидкостной смеси на входе
FLW_TRB_OUT	Расход газожидкостной смеси на выходе
PRS_PP1_DLVR	Давление в нагнетательном коллекторе
CTR_PP1_ENTR_REG	Управление задвижкой
CTR_SEP_GLMX	Уровень газожидкостной смеси в факельном сепараторе
LVL_SEP_GLMX_SIGNL	Нижний уровень газожидкостной смеси в сепараторе
LVL_SEP_GLMX_SIGNH	Верхний уровень газожидкостной в факельном сепараторе
LVL_SEP_GLMX_CRSHH	Верхний аварийный уровень газожидкостной смеси в факельном сепараторе
TEM_SEP_GLMX	Температура газожидкостной смеси в факельном сепараторе
PRS_FSP_GLMX	Давление в газожидкостной смеси в факельном сепараторе
CTR_PP2_OUT_REG	Управление электродвигателем насоса

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML.

## 2.6 Выбор средств реализации

### 2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

В ходе выполнения выбора контроллерного оборудования для управления факельным сепаратором рассмотрены контроллеры: ОВЕН ПЛК110[M02], Siemens SIMATIC S7-400, Schneider Electric Modicon 340.

В основе системы автоматизированного управления факельным сепаратором будут использоваться два обновлённых контроллера ПЛК 110 от российской компании ОВЕН (рисунок 1) (первый контроллер – локальный, а второй – коммуникационный), так как они имеют необходимое количество входов и выходов, а также относительно не дорогую цену. Связь между локальным контроллером и контроллером верхнего уровня (коммуникационным) осуществляется на базе интерфейса Ethernet.



Рисунок 1 – ОВЕН ПЛК110

ОВЕН ПЛК110[M02] – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными входами/выходами на борту для автоматизации средних систем.

Оптимальны для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления.

Преимущества ОВЕН ПЛК110[M02]:

- Наличие встроенных дискретных входов/выходов на борту.
- Скоростные входы для обработки энкодеров.
- Ведение архива работы оборудования или работа по заранее оговоренным сценариям при подключении к контроллеру USB-накопителей.
- Простое и удобное программирование в системе CODESYS v.2 через порты USB Device, Ethernet, RS-232 Debug.
- Передача данных на верхний уровень через Ethernet или GSM-сети (GPRS).
- 4 последовательных порта (RS-232, RS-485) для:
  - увеличения количества входов-выходов;
  - управления частотными преобразователями;
  - подключения панелей операторов, GSM-модемов, считывателей штрих-кодов и т.д.



## 2.6.2 Выбор датчиков

### 2.6.2.1 Выбор расходомера

В ходе выполнения выбора расходомеров рассмотрены контроллеры: ультразвуковой расходомер FLOWSIC100, вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200, расходомер ультразвуковой Turbo Flow UFG-F.

В результате выбора для измерения расхода будет использоваться расходомер вихревой ЭМИС-ВИХРЬ 200 (рисунок 2), так как данный расходомер корректно измеряет объём агрессивных газов и жидкостей с необходимой рабочей температурой и давлением.



Рисунок 2 – ЭМИС-ВИХРЬ 200

Применение прибора обеспечивает повышение стабильности работы и процесса за счет:

- Сохранения точности измерений при изменении параметров процесса;
- Устойчивости сенсора к гидроударам;
- Отсутствия движущихся частей;
- Стабильной работе при высоких температурах;
- Обеспечения низких потерь давления по сравнению с сужающими устройствами;

– Адаптивной настройки обработки сигнала на базе рядов Фурье, что снижает влияние вибрации на точность измерений;

– Контроля достоверности метрологических характеристик.

Технические характеристики расходомеров ЭМИС-ВИХРЬ 200 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – технические характеристики расходомера

Характеристика	Значение
Измеряемая среда	жидкость газ (в том числе ПНГ, сжатый воздух, кислород) насыщенный и перегретый пар
Погрешность	до $\pm 0,5\%$ при измерении расхода жидкостей до $\pm 1\%$ при измерении расхода газа и пара
Давление измеряемой среды	до 25 МПа
Температура измеряемой среды	от $-60^{\circ}\text{C}$ до $+460^{\circ}\text{C}$ *
Выходные сигналы	аналоговый токовый 4-20 мА + HART
Температура окружающей среды	от $-60^{\circ}\text{C}$ до $+70^{\circ}\text{C}$
Пылевлагозащита	IP67

### Опросный лист для расходомеров

\* - поля, обязательные для заполнения

Общая информация				
Предприятие*: ТПУ			Дата заполнения:	
Контактное лицо*: Сулейманов			Тел/факс*:	
Адрес*:			E-mail:	
Опросный лист №:	Позиция по проекту:		Количество*:	
Информация об измеряемой среде				
Измеряемая среда*:		Фазовое состояние*: <input type="checkbox"/> газ <input checked="" type="checkbox"/> жидкость <input type="checkbox"/> пар		
Полный состав в молярных долях (для природного, попутного газа или смеси)*	Метан CH <sub>4</sub>	___%	i-Пентан C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	___%
	Азот N <sub>2</sub>	___%	n-Пентан C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	___%
	Диоксид Углерода CO <sub>2</sub>	___%	n-Гексан C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	___%
	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	___%	n-Гептан C <sub>7</sub> H <sub>18</sub>	___%
	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	___%	n-Октан C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	___%
	n-Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	___%	n-Нонан C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	___%
	n-Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	___%	n-Декал C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	___%
Для природного, попутного газа или смеси плотность при стандарт. усл. (20° С и 101,325 кПа-абс)*: _____ кг/м <sup>3</sup>				
Информация о процессе				
Измеряемый расход*	Мин	200	Ном	500
	Макс	1000	<input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч (в рабочих условиях) <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч (приведенный к стандартным условиям) <input checked="" type="checkbox"/> кг/ч, <input type="checkbox"/> т/ч прочие единицы	
Давление избыточное*	Мин	___	Ном	___
	Макс	___	<input type="checkbox"/> кгс/см <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> МПа <input type="checkbox"/> кПа	
Температура среды*	Мин	+10	Ном	+30
	Макс	+55	° С	
Плотность*	Мин	___	Ном	___
	Макс	___	кг/м <sup>3</sup>	
Вязкость*	Мин	___	Ном	___
	Макс	___	<input type="checkbox"/> сП <input type="checkbox"/> сСт	
Информация о трубопроводе в месте установки расходомера				
Внутренний диаметр трубопровода (указать точно)*: 190 мм Толщина стенки: 10 мм Материал (марка стали):				
Ориентация трубопровода*: <input checked="" type="checkbox"/> горизонтальный; <input type="checkbox"/> вертикальный (направление потока: <input type="checkbox"/> вверх <input type="checkbox"/> вниз)				
Длины прямых участков трубопровода в месте установки: до расходомера 5 м; после расходомера _____ м				
Местные сопротивления до расходомера (одиночное колено, группа колен в одной плоскости /разных плоскостях, задвижка полнопроходная/неполнопроходная, сужение/расширение трубопровода)			_____ 35	
Требования к исполнению расходомера				
На выходе расходомера требуется получать расход в*:			<input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч (в рабочих условиях) <input type="checkbox"/> м <sup>3</sup> /ч (приведенный к стандартным условиям) <input checked="" type="checkbox"/> кг/ч, <input type="checkbox"/> т/ч прочие единицы	
Основная относительная погрешность измерения расхода не более			0,5, %	
Температура окружающей среды: от -40 до +50 °С				
Исполнение по взрывозащите: <input type="checkbox"/> без взрывозащиты <input checked="" type="checkbox"/> взрывонепр. оболочка <input checked="" type="checkbox"/> искробезопасная цепь				
Эксплуатация расходомера: <input type="checkbox"/> отдельно <input type="checkbox"/> в составе узла учета (тип: <input type="checkbox"/> коммерческий <input type="checkbox"/> технологический)				
Желаемый монтаж преобразователя и первичного сенсора: <input type="checkbox"/> интегральный <input type="checkbox"/> удаленный (импульсные линии)				
Дополнительное оборудование, аксессуары, услуги				
<input checked="" type="checkbox"/> ЖК-индикатор		<input checked="" type="checkbox"/> встроенный <input type="checkbox"/> автономный цифровой индикатор		
<input type="checkbox"/> Вентильный блок		<input type="checkbox"/> трехвентильный <input type="checkbox"/> пятивентильный		
<input type="checkbox"/> Возможность монтажа/демонтажа без сброса давления в трубопроводе (при невозможности остановки тех. процесса)				
<input type="checkbox"/> Клеммный блок с защитой от переходных процессов				
<input type="checkbox"/> Импульсные линий		длина _____ мм <input type="checkbox"/> под сварку <input type="checkbox"/> резьбовые		
<input checked="" type="checkbox"/> Коммуникационные средства		<input checked="" type="checkbox"/> HART-коммуникатор <input type="checkbox"/> ПО «Помощник инженера»		
<input checked="" type="checkbox"/> HART-конвертор 333 (3 дополнительных сигнала 4-20 мА)		<input type="checkbox"/> Wireless HART (беспровод.)		
<input type="checkbox"/> Другое (указать) _____		<input type="checkbox"/> шеф-надзор		

### 2.6.2.2 Выбор датчиков давления

В ходе выполнения выбора датчика давления рассмотрены датчики: ОВЕН ПД100 модель 115, САПФИР-22ЕМ, Метран-75G.

В результате выбора для измерения давления будет использоваться датчик давления ОВЕН ПД100 модель 115 (рисунок 3), так как данный датчик

имеет выходной сигнал 4-20 мА, протокол HART, а также необходимую пылевлагозащиту.



Рисунок 3 – ОВЕН ПД100 модель 115

Датчики серии ПД100-ДИВ-115 предназначены для непрерывного преобразования давления измеряемой среды в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА/

Технология «кремний-на-кремнии» (КНК), по которой выполнена данная модель, в настоящее время является наиболее перспективной технологией, т.к. предлагает наилучшее соотношение стоимость/качество преобразования. Технология основана на изготовлении сенсора из монокристалла кремния с нанесенным на него методом диффузии тензорезистивным мостом.

Достоинствами данной технологии являются высокая стабильность, низкий гистерезис, высокая перегрузочная способность и высокая чувствительность – соответственно, точность преобразования.

Технические характеристики датчика давления приведены в таблице 4.

Таблица 4 – технические характеристики ОВЕН ПД100 модель 115.

Техническая характеристика	Значение
Измеряемые среды	природный газ, нефть, вода, слабоагрессивные жидкости
Диапазон измерений	от 10 кПа до 10 МПа
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,5\%$
Выходной сигнал	4-20 мА/HART
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	$-50...+100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Диапазон температур окружающей среды	$-50...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 65

### 2.6.2.3 Выбор датчика температуры

В ходе выполнения выбора датчика температуры рассмотрены датчики: ОВЕН ДТС045.И, Элемер ТП-2088, Метран-274.

В результате выбора для измерения температуры будет использоваться ОВЕН ДТС045.И (рисунок 4) с унифицированными токовым сигналом 4-20мА, протоколом HART и необходимым диапазоном температур.

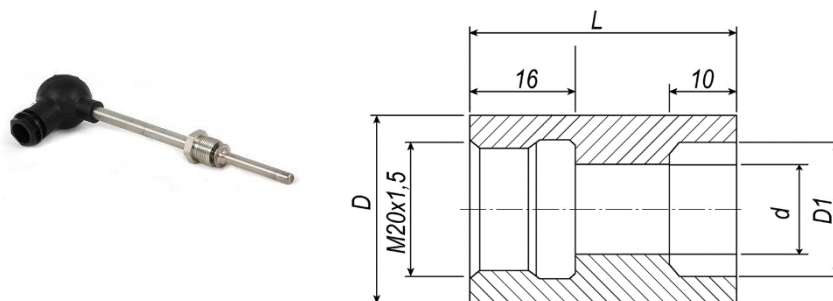


Рисунок 4 – ОВЕН ДТС045.И

Термопреобразователи предназначены для непрерывного измерения температуры жидкостей, пара, газа на объектах и преобразования полученных значений в унифицированный токовый выходной сигнал 4...20 мА. Датчики имеют взрывозащищенное исполнение.

Технические характеристики датчика давления приведены в таблице 5.

Таблица 5 – технические характеристики ОВЕН ПД100 модель 115.

Техническая характеристика	Значение
Измеряемые среды	жидкости, пар, газ
Диапазон измерений	-50...+500 °С
Основная приведенная погрешность	±0,25%
Выходной сигнал	4-20 мА/HART
Диапазон температур окружающей среды	-50...+80 °С
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 65

#### 2.6.2.4 Выбор уровнемера

В ходе выполнения выбора датчика уровня рассмотрены датчики: ОВЕН ПДУ-И, Rosemount 5600, Сапфир ДУ22.

В результате выбора для измерения уровня в сепараторе будет использоваться ОВЕН ПДУ-И (рисунок 5) с унифицированным аналоговым выходным сигналом 4-20мА, протоколом HART.

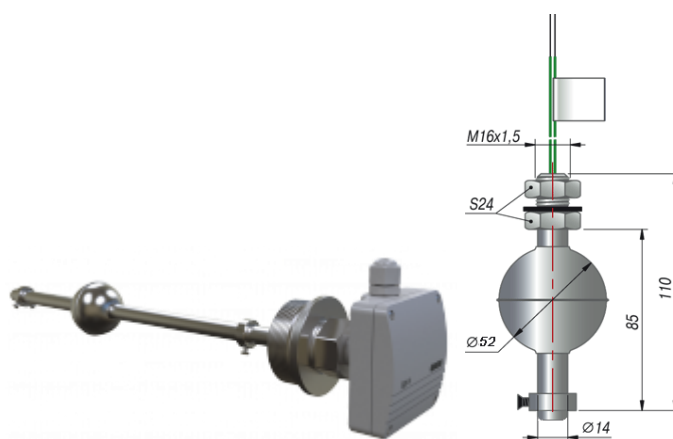


Рисунок 5 – ОВЕН ПДУ-И

Поплавковые датчики уровня ОВЕН ПДУ-И предназначены для непрерывного преобразования уровня жидкости в унифицированный аналоговый выходной сигнал 4...20 мА. Датчики используются в составе систем контроля уровня жидкости в различных резервуарах, в том числе, под давлением.

Технические характеристики датчика давления приведены в таблице 6.

Таблица 6 – технические характеристики ОВЕН ПДУ-И.

Техническая характеристика	Значение
Диапазон измерений	от 250 до 4 000 мм
Погрешность измерения уровня	±10мм
Выходной сигнал	4-20 мА/HART
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-60...+125 °С
Диапазон температур окружающей среды	-50...+85 °С
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 65

### 2.6.2.5 Выбор сигнализатора уровня

В ходе выполнения выбора сигнализатора уровня рассмотрены датчики: РИЗУР-900, Rosemount 2120, ECHOTEL 910.

В результате выбора в качестве сигнализатора уровня в факельном сепараторе будет использоваться РИЗУР-900 (рисунок 6), так как данный сигнализатор уровня способен работать при необходимом рабочем давлении и температуры рабочей среды.

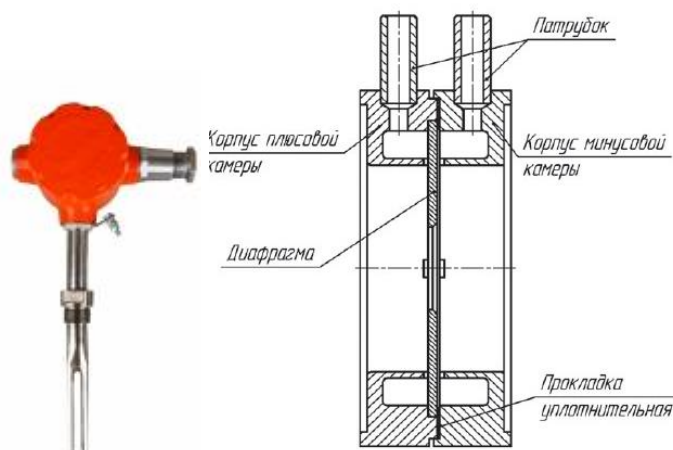


Рисунок 6 – РИЗУР-900

Сигнализаторы уровня ультразвуковые серии РИЗУР-900 предназначены для контроля уровня жидкости в открытых или закрытых, в том числе, находящихся под давлением емкостях в технологических установках промышленных объектов химической, нефтехимической, медицинской, пищевой и других отраслях промышленности.

Технические характеристики датчика давления приведены в таблице 7.

Таблица 7 – технические характеристики РИЗУР 900.

Техническая характеристика	Значение
Диапазон измерений	от 250 до 4 000 мм
Давление контролируемой среды	давление до 25 МПа
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-196... +500 °С
Диапазон температур окружающей среды	-60...+75 °С
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 67

### 2.6.2.6 Нормирование погрешности канала измерения

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

В качестве канала измерения выберем канал измерения расхода. Требование к погрешности канала измерения не более 1 %. Разрядность АЦП составляет 12 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерения расходомера производится по формуле

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

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

$\delta_2$  – погрешность передачи по каналу измерений;

$\delta_3$  – погрешность, вносимая АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6$  – дополнительные погрешности, вносимые соответственно окружающей температурой, температурой измеряемой среды, электропроводностью измеряемой среды.

Погрешность, вносимая десятиразрядным АЦП, рассчитывается следующим образом:



$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{12}} = 0,02 \text{ \%}.$$

Погрешность передачи по каналу измерений устанавливается рекомендациями:

$$\delta_2 = \frac{1 \cdot 15}{100} = 0,15 \text{ \%}.$$

При расчете учитываются также дополнительные погрешности, вызванные влиянием:

- температуры окружающего воздуха;
- температуры измеряемой среды;
- электропроводностью измеряемой среды.

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_4 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная температурой измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации [4]:

$$\delta_5 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная электропроводностью измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_6 = \frac{1 \cdot 8}{100} = 0,08 \text{ \%}.$$

Следовательно, допускаемая основная погрешность расходомера должна не превышать

$$\delta_1 \leq \sqrt{1 - (0,0225 + 0,0004 + 0,0729 + 0,0729 + 0,0064)} = 0,9.$$

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

### **2.6.3 Выбор исполнительных механизмов**

#### **2.6.3.1 Выбор регулирующего клапана**

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

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В качестве запорной арматуры в трубопроводах, транспортирующих нефть и газ, используются исполнительные механизмы – регулирующие клапана. Для нефти и газа при давлении до 1 МПа и рабочей температуре до 90° С применяются чугунные клапана без вставных уплотнительных колец. На нефтеперерабатывающих установках нефтепродукты могут находиться в жидком или газообразном состоянии под давлением и при высокой температуре.

В качестве регулирующего клапана будет использоваться клапан регулирующей седельной проходной VFM2 (рисунок 7):



Рисунок 7 –клапан VFM2

Технические характеристики данного клапана приведены в таблице 8:

Таблица 8 – Технические характеристики

Техническая характеристика	Значение
Условный проход Ду, мм	200
Пропускная способность Kv, м <sup>3</sup> /ч	630
Ход штока, мм	50
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Характеристика регулирования	линейная (30%)/логарифмическая (70%)
Коэффициент начала кавитации Z	0,3
Протечка через закрытый клапан, % от Kvs	0,03
Условное давление P <sub>y</sub> , МПа	16
Макс. перепад давления для закрытия клапана ΔP <sub>макс.</sub> , МПа	10
Температура регулируемой среды T, °C	-40...150
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Серый чугун
Седло, золотник и шток	Нержавеющая сталь
Уплотнение сальника	EPDM

Для управления клапана выбран электропривод Danfoss AME 655 (рисунок 8):



Рисунок 8 – Danfoss AME 655

Редукторные электроприводы серии AME 655 предназначены для управления регулирующими клапанами под воздействием аналогового или импульсного 3-х позиционного управляющего сигнала электронных регуляторов. Мощность данного электропривода составляет 16,1 ВА.

### 2.6.3.2 Выбор регулятор асинхронного двигателя

Перекачка газожидкостной смеси осуществляется центробежным насосом Д200-36Б. Основные характеристики данного насоса приведены в таблице 9:

Таблица 9 – Технические характеристика насоса Д200-36Б

Техническая характеристика	Значение
Подача, м <sup>3</sup> /час	180
Напор, м	25
Частота вращения, об/мин	1450
Потребляемая мощность, кВт	22
Плотность перекачиваемое жидкости кг/м <sup>3</sup>	До 1100
Температура перекачиваемой жидкости, °С	До 95

Данный насос приводится в действие асинхронным двигателем АИР 180S4. Технические характеристики электродвигателя АИР 180 S4 приведены в таблице 10:

Таблица 10 – Технические характеристики электродвигателя АИР 180 S4

Техническая характеристика	Значение
Мощность, кВт	22
Частота вращения, об/мин	1470
Ток при 380В, А	43
КПД, %	90
Масса, кг	160

Для регулирования оборотами электродвигателя будем использовать преобразователь частоты. ПЧ генерирует трехфазное напряжение переменной частоты и амплитуды из однофазного или трехфазного напряжения с фиксированной частотой. Далее трехфазное напряжение выпрямляется с помощью диодного моста и конденсатора большой емкости. Напряжение

постоянного тока в звене постоянного тока конвертируется в трехфазное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Во входной цепи трехфазного электродвигателя для этой цели используются быстродействующие электронные ключи, так называемые IGBT транзисторы (биполярные транзисторы с изолированным затвором). Ключи подключают каждую фазу электродвигателя либо к положительной, либо к отрицательной шине. Продолжительность подачи напряжения и его полярность можно настроить очень точно, так, чтобы с помощью такой широтно- импульсной модуляции напряжения постоянного тока смоделировать требуемое синусоидальное напряжение.

Выберем преобразователь частоты HYUNDAI N700V-220HF (рисунок 9).



Рисунок 9 – HYUNDAI N700V-220HF

Выбор данной модели обусловлен необходимой мощностью 22 кВт и необходимым током 43А.

## 2.7 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней проводки приведена в приложении Е. Первичные и внешние приборы включают в себя уровнемер ОВЕН ПДУ-И, расположенный на факельном сепараторе, расходомеры ЭМИС-ВИХРЬ 200, расположенные на входе и выходе, сигнализаторы уровня нефти РИЗУР-900, расположенные на факельном сепараторе, датчик температуры ОВЕН ДТС045.И, расположенный

на факельном сепараторе, датчики давления ПД100-ДИВ-115. Уровнемер имеет встроенный преобразователь излученного и принятого сигнала. Таким образом, на выходе уровнемера имеется унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. В расходомерах сигнал с диафрагмы преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. Сигнализаторы работают в двух режимах: «сухой» и «мокрый» контакты. В режиме «сухой» контакт при погружении вилки сигнализатора в жидкость, контакты размыкаются, а при извлечении вилки из жидкости контакты коммутируются. В режиме «мокрый» контакт при погружении вилки сигнализатора в жидкость, контакты коммутируются, а при извлечении вилки из жидкости контакты размыкаются. На выходе датчика температуры токовый сигнал 4..20 мА. Датчик давления имеет встроенный преобразователь сигнала, таким образом, на выходе имеем токовый сигнал 4..20 мА.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчиков давления, датчиков температуры и расходомеров на щит КИПиА используются по три провода, а для сигнализаторов – два провода. В качестве кабеля выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

## **2.8 Выбор алгоритмов управления АС**

В автоматизированных системах используются разные алгоритмы на различных уровнях управления системой:

– алгоритмы запуска/остановки используемого оборудования, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;

- ПИД-алгоритмы автоматического управления технологическими параметрами используемого оборудования: регулирование положением клапана, регулирование давления, и т. п., реализуется на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов, данные алгоритмы представляют собой универсальные, логически завершённые программные блоки, реализуются на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы автоматической защиты, противоаварийная защита, реализуется на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы центрального управления автоматизированной системой, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;

В выпускной квалификационной работе представлены два алгоритма: алгоритм сбора данных измерений и алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

### **2.8.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня газожидкостной смеси в сепараторе. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения уровня газожидкостной смеси в факельном сепараторе представлен в приложении Ж.

При включении датчика начинается инициализация уровнемера. После этого идет проверка на достоверность кода входного сигнала АЦП и масштабирование показаний. Если уровень не изменился, то программа завершает работу. Если же изменился уровень, то идет формирование пакета данных и его посылка. Выводится информация показаний на дисплей, также идет опрос о превышении максимально предельного уровня, если да, то выводится авария, если нет идет опрос о превышении максимально допустимого уровня, если да, то выводится предупреждение, если нет то идет опрос о минимально

допустимом уровне, если уровень ниже минимально допустимого, то выводится предупреждение.

### 2.8.2 Алгоритм автоматического регулирования

В процессе перекачки газожидкостной смеси в факельный сепаратор необходимо поддерживать давление нефти в нагнетательном коллекторе, чтобы оно не превышало заданного уровня, исходя из условий прочности трубопровода, и не падало ниже заданного уровня, исходя из условий кавитации насосных агрегатов. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление нефти в нагнетательном коллекторе на выходе насосного агрегата. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Структурная схема автоматического регулирования давлением приведена в приложении 3. Данная схема состоит из следующих основных элементов: задание, ПЛК с ПИД-регулятором, регулирующий орган, объект управления.

Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе приведена на рисунке 10.



Рисунок 10 – Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе

Объектом управления является участок трубопровода после насосного агрегата. С панели оператора задается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. В ПЛК подается значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подается на преобразователь, на выходе которого имеет напряжение



питания электропривода задвижки. Задвижка с электроприводом преобразует электрическую энергию в поступательное движение штока задвижки, в результате чего происходит изменение давления в трубопроводе.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором уравнений.

Частотный преобразователь:

$$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 \cdot I$$

Асинхронный двигатель:

$$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f$$

Задвижка:

$$\frac{dx}{dt} = \omega$$

Преобразование в объем:

$$Q = k_3 \cdot x$$

Трубопровод:

$$T \frac{dP}{dt} + P = k_4 \cdot Q$$

Здесь:

$P_3$  – заданное давление;

$Q$  – объем газожидкостной смеси;

$x$  – положение штока задвижки;

$P$  – давление в трубопроводе;

Исходные данные приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные

$K_1$	$T_1$	$k_2$	$T_2$	$K_3$	$T$	$k_3$
25	0.25	20	0.08	1800	180	0.2

В процессе управления объектом необходимо поддерживать давление на выходе равное 6 МПа, поэтому в качестве передаточной функции задания

выступает ступенчатое воздействие, которое в момент запуска программы меняет свое значение с 0 до 6.

Модель в Simulink представлена в альбоме схем (ФЮРА). Модель с выделенными блоками показана на рисунке 11.

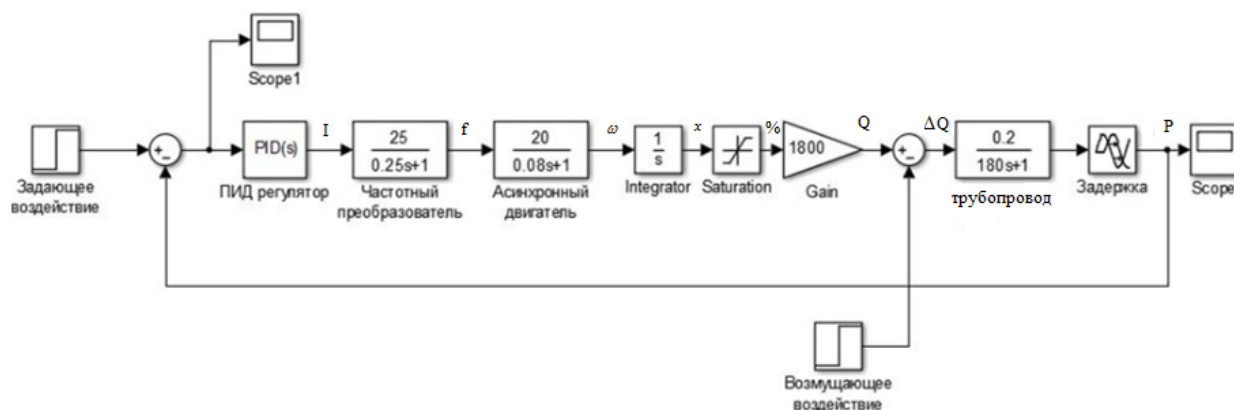


Рисунок 11 – Модель с выделенными блоками

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рисунке 12.

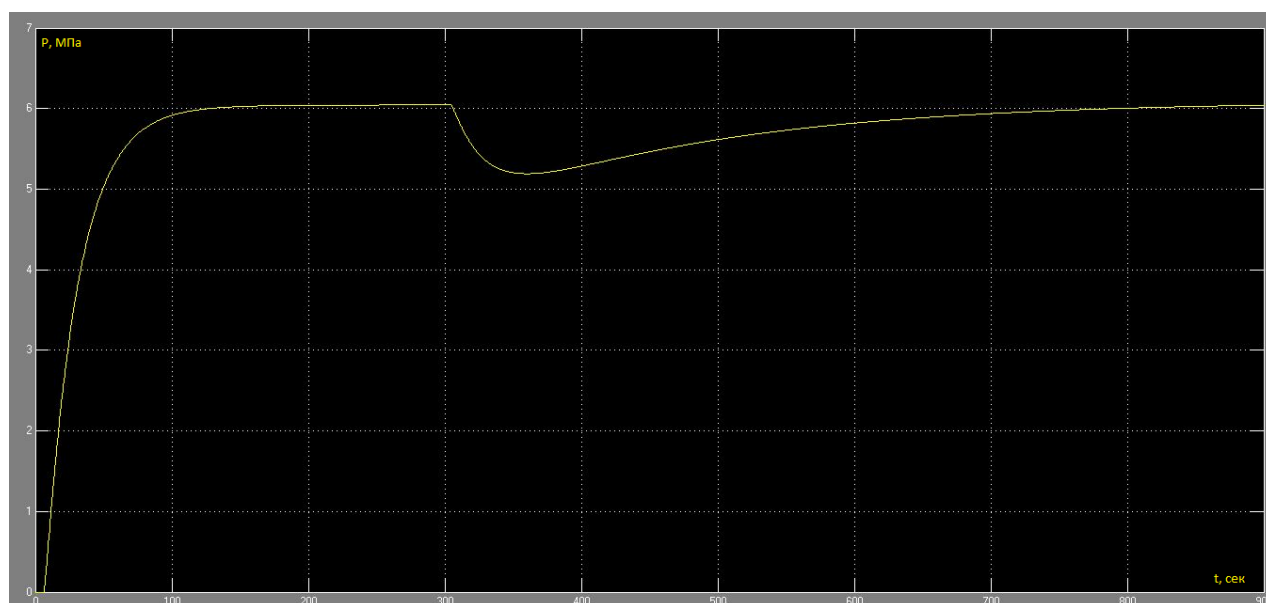


Рисунок 12 – График переходного процесса САР

Из графика видно, что система имеет апериодический характер, имеется транспортное запаздывание. Система не имеет перерегулирование и выходит на установившееся значение примерно за 140 секунд, на 300 секунде введено возмущающее воздействие, система с ней справляется без перерегулирования.

## 2.9 Экранные формы АС

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

Дерево экранных форм приведено в приложении 3.

Пользователь (диспетчер по обслуживанию, старший диспетчер, руководитель) имеет возможность осуществлять навигацию экранных форм с использованием кнопок прямого вызова. Открытие мнемосхем объектов блока подготовки газа происходит нажатием на прямоугольную область мнемосхемы основных объектов в соответствии с названием объекта, за которым необходимо вести контроль. Мнемосхемы некоторых объектов УКПГ включают в себя дополнительные мнемосхемы, которые позволяют вести более тщательный контроль состояний объектов и управлением этими объектами. Открытие дополнительных мнемосхем осуществляется нажатием на прямоугольной области с соответствующим названием функции или на фигуре устройства мнемосхемы объекта УКПГ.

Видеокадры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокадров входят:

- мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию;

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

Мнемосхема «Факельный сепаратор» представлена в приложении К.В верхней части видеокadra расположена таблица с информацией о текущем пользователе, режимах работы и управления, а также текущая дата и время, слева в таблице информация о состоянии параметров на входе и выходе. Основную часть видеокadra занимает мнемосхема факельного сепаратора, под ней расположено меню.

На мнемосхеме «Факельный сепаратор» отображается работа следующих объектов и параметров:

- измеряемые и сигнализируемые параметры;
- измеряемые параметры трубопроводов;
- состояние и режим работы задвижек.

На рисунке 13 представлен мнемознак аналогового параметра:

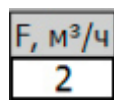


Рисунок 13 – Мнемознак аналогового параметра

В нижней части отображается значение аналогового параметра.

Приняты следующие цвета основной для отображения аналогового параметра:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
3–8Т22	Сулейманов Руслан Рафаэльевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

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

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Данков Артем Геогиевич	к.и.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8Т21	Сулейманов Руслан Рафаэльевич		

### 3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

#### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности газодобывающие компании, имеющие в своем составе блок факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа (УКПГ). Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа (УКПГ), а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

В таблице 12 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Нефтестройпроект», «Б» - ОАО «ТомскНИПИнефть», «В» - ЗАО «ЭлеСи»

Таблица 12 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	А, Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	В	В
	Крупная	Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

#### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 13). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая

система АСУ ТП блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа (УКПГ), существующая система управления АСУ ТП, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Таблица 13 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,05	5	1	4	0,25	0,05	0,2
Удобство эксплуатации	0,06	3	2	4	0,18	0,12	0,24
Помехоустойчивость	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Энергоэкономичность	0,09	3	4	2	0,27	0,36	0,18
Надежность	0,11	5	2	5	0,55	0,22	0,55
Уровень шума	0,03	2	2	2	0,06	0,06	0,06
Безопасность	0,11	5	3	5	0,55	0,33	0,55
Потребность в ресурсах памяти	0,03	2	5	3	0,06	0,15	0,09
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	2	2	1	0,06	0,06	0,03
Простота эксплуатации	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	0	4	0,2	0	0,2

Продолжение таблицы 13

Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	5	0	5	0,1	0	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	1	3	0,06	0,03	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	1	5	3	0,03	0,15	0,09
Цена	0,06	3	5	1	0,18	0,3	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	3	5	0,28	0,21	0,35
Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Финансирование научной разработки	0,03	2	1	1	0,06	0,03	0,03
Срок выхода на рынок	0,04	2	4	5	0,08	0,16	0,2
Наличие сертификации разработки	0,02	1	3	5	0,02	0,06	0,1
Итого:	1	63	52	67	3,54	2,71	3,53

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации.

### 3.3 Технология QuaD

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 14).



Таблица 14 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Повышение производительности	0,05	80	100	0,8	4
Удобство в эксплуатации	0,06	75	100	0,75	4,5
Помехоустойчивость	0,05	40	100	0,4	2
Энергоэкономичность	0,09	30	100	0,3	2,7
Надежность	0,11	95	100	0,95	10,45
Уровень шума	0,03	40	100	0,4	1,2
Безопасность	0,11	95	100	0,95	10,45
Потребность в ресурсах памяти	0,03	50	100	0,5	1,5
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	30	100	0,3	0,9
Простота эксплуатации	0,04	75	100	0,75	3
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	80	100	0,8	4
Ремонтопригодность	0,02	85	100	0,85	1,7
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
Конкурентоспособность продукта	0,03	60	100	0,6	1,8
Уровень проникновения на рынок	0,03	20	100	0,2	0,6
Цена	0,06	85	100	0,85	5,1
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	80	100	0,8	5,6
Послепродажное обслуживание	0,05	75	100	0,75	3,75
Финансирование научной разработки	0,03	50	100	0,5	1,5
Срок выхода на рынок	0,04	30	100	0,3	1,2
Наличие сертификации разработки	0,02	10	100	0,1	0,2

Итого:	1			66,15
--------	---	--	--	-------

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 66,15, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

### 3.4 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 15.

Таблица 15 – SWOT-анализ

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Экономичность и энергоэффективность проекта	С2. Экологичность технологии	С3. Более низкая стоимость	С4. Наличие бюджетного финансирования	С5. Квалифицированный персонал	Сл1. Отсутствие прототипа проекта	Сл2. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров	Сл3. Мало инжиниринговых компаний, способной построить производство под ключ	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования
Возможности	В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В2. Использование существующего программного обеспечения	+	0	-	0	+	-	-	-	-	-
	В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	+	+	0	0	-	-	-	-	-	-
	В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях	0	-	+	0	-	-	-	-	-	-
	В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	+	0	+	0	-	-	-	-	-	-

Угрозы	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства	-	-	-	-	-	+	+	0	0	+
	У2. Развитая конкуренция технологий производства	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0
	У3. Ограничения на экспорт технологии	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0
	У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	-	-	-	-	-	+	-	-	0	+

### 3.5 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках научного исследования составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер

Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер
	12	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	13	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер
Оформление отчета	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
	17	Проектирование SCADA-системы	Инженер
	18	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.6 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

В таблице 17 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 17 – временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	5	3,2	1	3,2	5
Изучение существующих объектов проектирования	2	5	3,2	1	3,2	5
Календарное планирование работ	0,5	1	0,7	2	0,35	1

Таблица 17

Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	3	1,8	1	1,8	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	4	2,8	1	2,8	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оценка эффективности полученных результатов	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	1	2	1,4	1	1,4	2
Составление перечня вход/выходных сигналов	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Составление схемы информационных потоков	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка схемы внешних проводок	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов сбора данных	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	4	2,8	1	2,8	4
Проектирование SCADA-системы	2	5	3,2	1	3,2	5
Составление пояснительной записки	1	3	1,8	1	1,8	3

На основе таблицы 17 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 18 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 18 – План-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль	Март			Апрель			Май			Июнь		
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер													
3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер													
4	Календарное планирование работ	Руководитель													
		Инженер													
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер													
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер													
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер													
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель													
		Инженер													
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель													
		Инженер													
10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер													
11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер													
12	Составление схемы информационных потоков	Инженер													
13	Разработка схемы внешних проводок	Инженер													
14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер													
15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер													
16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер													
17	Проектирование SCADA-системы	Инженер													
18	Составление пояснительной записки	Инженер													

-руководитель
  - инженер

### 3.7 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.7.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 19 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 19 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Контроллер ОВЕН ПЛК110	шт.	1	47 500	59375
Датчики давления "ОВЕН ПД100-115"	шт.	2	67 800	155940
Датчик температуры "ОВЕН ДТС045.И"	шт.	1	32 000	36800
Датчик расхода "ЭМИС -ВИХРЬ"	шт.	2	132 700	305210
Уровнемер "ОВЕН ПДУ-И"	шт.	2	29 900	68770
Сигнализатор уровня РИЗУР-900	шт.	2	17 300	39790
клапан, регулирующий VFM2	шт.	1	172 000	206400
Электропривод DANFOS AME655	шт.	1	128 000	153600
Итого:				1025885

#### 3.7.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Siemens. В таблице 20 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 20 – расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
CodeSys	1	12 000	12000
итого:			12000

#### 3.7.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 21.





Таблица 21 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата	Премияльный коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Заработная плата основная
Руководитель	23264,86	0,3	0,2	1,3	45366,5	2278,50	4	9113,98
Инженер	7800	0,3	0,5	1,3	18252	916,69	39	35751,00
Итого:								44864,99

### 3.7.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{допР}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 9113,98 = 1367,09$$

$$Z_{\text{допИ}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 35751 = 5362,65$$

### 3.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	9113,98	1367,09
Инженер	35751	5362,65
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	27,1	27,1
Итого:	12158,41	1823,76

### 3.7.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (1025885 + 12000 + 44864,99 + 6729,74 + 13982,17) \cdot 0,15 \\ = 165519,285 \text{ руб}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.7.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1025885
2. Затраты на специальное оборудование	12000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	44864,99
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6729,74
5. Отчисления во внебюджетные фонды	15478,42
6. Накладные расходы	165519,285
7. Бюджет затрат НТИ	1270477,435

### 3.7.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности производится путем определения интегрального показателя эффективности научного исследования через нахождение величин финансовой и ресурсной эффективности.

Интегральный финансовый показатель определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта, руб.

Для исполнения 1:  $I_{\text{финр}} = 1121532,52 / 1725434,64 = 0,65$ ;

Для исполнения 2:  $I_{\text{финр}} = 1725434,64 / 1725434,64 = 1$ ;

Для исполнения 3:  $I_{\text{финр}} = 1380347,71 / 1725434,64 = 0,8$ .

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum_i^n a_i b_i ,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Бальная оценка каждого варианта исполнения по техническим критериям, учитывающая также и конкурентные технические решения, рассмотренные ранее, представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов  
исполнения проекта

Оценочные критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Удобство в эксплуатации	0,23	5	4	4
2. Потребность в дополнительных исследованиях	0,11	4	4	3
3. Универсальность системы	0,18	4	4	4
4. Качество стабилизации	0,27	4	4	4
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,21	5	4	5
Итого	1			

Исходя из данных таблицы 24, рассчитываются интегральные показатели ресурсоэффективности для каждого исполнения:

$$I_{p-исп1} = 4,44;$$

$$I_{p-исп2} = 4;$$

$$I_{p-исп3} = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}.$$

После этого определяется сравнительная эффективность исполнений разработки, которая позволит определить самый выгодный вариант разработки с позиции финансовой и ресурсной эффективности:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}}.$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,65	1	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,44	4	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	6,83	4	5,13
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,59	0,75

Исходя из полученных данных и проведенного анализа эффективности можно заключить, что вариант исполнения 1 является наиболее эффективным с позиции финансовой и ресурсоэффективности.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т22	Сулейманов Руслан Рафаэльевич

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ИКСУ</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

--	--

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

<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты</li> </ul>	<p><i>В ходе анализа производственной среды на предмет вредных факторов было выявлено следующее:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень шумов на рабочем месте.</li> <li>2. Повышенный уровень вибрации.</li> <li>3. Электромагнитные излучения.</li> </ol>
---	---

<p>(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Электрический ток (источником является датчики, исполнительные механизмы и другое электрооборудование автоматики)  Пожар (попутная нефть, является легковоспламеняющейся жидкостью)  Взрыв (основным веществом с которым работает УКПГ является газ, который является взрывоопасным веществом)</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Воздействие на селитебную зону не происходит.  Гидросферу не значительное.  Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом  Воздействую на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.</p>

<p>5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i></li> <li>– <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</i></li> </ul>	<p><i>Рабочее место должно соответствовать требованиям: ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности и настоящего стандарта».</i></p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Егор Сергеевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т22	Сулейманов Руслан Рафаэльевич		



## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом факельным сепаратором УКПГ. В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом факельным сепаратором установки комплексной подготовки газа. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является блок подготовки метанола, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

## 4.1. Профессиональная социальная безопасность

### 4.1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. 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 25.

Таблица 25 – Опасные и вредные фактора при работе

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ 12.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<i>Рабочим местом является площадка где установлен факельный сепаратор. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров факельного сепаратора. Установка факельных сепараторов, расположена на территории установки комплексной подготовки газа</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Повышенный уровень шумов</li><li>2. Повышенный уровень вибрации</li><li>3. Электромагнитные излучения</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Электро-безопасность</li><li>2. Пожаро-взрывобезопасность</li></ol>	<b>Шумы</b> – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [1] <b>Вибрация</b> – ГОСТ 31192.2-2005 [3] <b>Электромагнитное излучение</b> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [5] <b>Электробезопасность</b> – ГОСТ 12.1.038-82 [6] <b>Пожарная безопасность</b> – СНиП 2.11.03-93 [7] <b>Взрывобезопасность</b> – ГОСТ 12.1.010-76 СББТ [8].

#### 4.1.1.1. Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение

памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

При выполнении работ на рабочих местах в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещениях предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [2].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 [3].

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 26.

Таблица 26 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

После модернизации автоматизированной системы управления увеличилось число оборудования, которое является источником шума. В состав источников шума в проектируемой системе являются электроприводы и клапана, пожарные сигнализации, компрессора.

До разработки системы автоматизированного управления шум на площадке составлял 65 дБ, после внедрения автоматизированной установки снизился до 60 дБ. Это связано с внедрением более новой автоматики и исполнительных механизмов. При этом дополнительных мер защиты, как наушники не требуется.

#### 4.1.1.2.Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [4].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота  $f$ , Гц;
- амплитуда колебаний  $d$ , мм.

Таблица 27 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Основными источниками вибрации в цехе подготовки метанола являются работающие задвижки, электроприводы, компрессора.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы.

Средства индивидуальной защиты не требуются, так как вибрация не значительная.

#### **4.1.1.3. Электромагнитное излучение**

Электромагнитное излучение – это электромагнитные волны, возбуждаемые различными излучающими объектами, – заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. В зависимости от длины волны различают гамма-излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, радиоволны и низкочастотные электромагнитные колебания

На производстве имеется множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, трансформаторы тока и напряжения, распределительные шкафы, шкафы управления, а также насосные агрегаты, работающие от сети переменного тока).

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 28 [5].

Таблица 28 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м]/В [мкТл] при воздействии	
	Общем	Локальном
<=1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 400 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в металлических маслонаполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

Уровень влияния магнитного поля незначителен, следовательно, дополнительных средств защиты от магнитного излучения не требуется.

#### **4.1.2. Анализ опасных факторов**

##### **4.1.2.1. Электробезопасность**

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность поражения электрическим током существует всегда, если имеется контакт с устройством, питаемым напряжением 36 В и выше, тем более от электрической сети 220 В. Это может произойти по оплошности в случае прикосновения к открытым токоведущим частям, но чаще всего из-за различных причин (перегрузки, не совсем качественная изоляция, механические

повреждения и др.). В процессе эксплуатации может ухудшиться изоляция токоведущих частей, в том числе шнуров питания, в результате чего они могут оказаться под напряжением, и случайное прикосновение к ним чревато электротравмой, а в тяжелых случаях — и гибелью человека.

Зоной, повышенной электроопасности являются места подключения электроприборов и установок. Нередко подключающие розетки располагают на полу, что недопустимо. Часто совершается другая ошибка — перегрузка розеток по мощности, и, как следствие, происходит нарушение изоляции, приводящее к короткому замыканию.

Во время монтажа и эксплуатации линий электросети необходимо полностью сделать невозможным возникновения электрического источника возгорания в следствии короткого замыкания и перегрузки проводов, ограничивать применение проводов с легковоспламеняющейся изоляцией и, за возможности, перейти на негорючую изоляцию.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и наладивания шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания.

Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите до одного контактного зажима.

Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть на меньше площади перерезу фазового проводника. Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления

проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ.

При проектировании автоматизированной системы добавилось большое количество электроприборов, таких как датчики, исполнительные механизмы с электроприводами.

Данное оборудование работает от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50%, средняя температура около 24°C.

Для указанных 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. Эти виды оборудования являются 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 в близи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [6].

#### **4.2. Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации УКПГ, а именно контроль качества газа и его учета, 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 «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу».

В процессе хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду.

На УПГ происходит выделение газоконденсатов с последующим сбором в емкости для сбора газоконденсата. При хранении в емкости газоконденсат выделяет пары, которые по степени воздействия на организм человека, относятся к 4 классу опасности (вещества малоопасные).

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению испарения газоконденсатов, путем герметизации емкости для сбора газоконденсата и откачивании его по соответствующему графику

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.

### **4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **4.3.1. Пожарная безопасность**

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [15]. Пожары на предприятиях и в быту приносят значительный материальный ущерб, поэтому пожарной безопасности уделяют особое внимание.

К основным причинам пожаров на УКПГ можно отнести следующие:

- непредвиденная утечка природного газа, что может привести к опасной концентрации природного газа 5%-15%
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- негерметичное соединение приборов и датчиков;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории УКПГ (курение и т. п.).

Пожарная безопасность на УКПГ в соответствии с требованиями [16] должна обеспечиваться за счет:

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

Как известно, горение природного газа или взрыв происходит в непроветриваемых помещениях при ПДК 5%-15%. Основным приемом для

предотвращения возгорания является своевременное перекрытие запорной арматуры, с целью отключения участка возгорания от подачи газа. Также на территории УКПГ должен иметься пожарный щит с наличием средств пожаротушения. Наличие в неветриваемых помещениях сигнализаторов с чувствительными элементами, сигнализирующие об утечки газа. На территории УКПГ быть установлены знаки пожарной безопасности для обозначения места расположения пожарного инвентаря, оборудования, гидрантов, колодцев и т.д., проходов к нему, схема эвакуации, а также для обозначения запретов на действия, нарушающие пожарную безопасность.

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

Мероприятия по предупреждению пожара:

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

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны со взрывобезопасным исполнением, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи. Дополнительных первичных средств пожаротушения не требуется.

### **4.3.2. Взрывобезопасность**

В связи с тем, что основной рабочей зоной является блок факельных сепараторов отделяет жидкую фазу нефтяной эмульсии от газа, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются сепараторы, отстойники и трубопроводы, перекачивающие газ, места соединений с исполнительными механизмами.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [8].

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

### **4.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений**

1. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Настоящий стандарт распространяется на опасные и вредные производственные факторы, устанавливает их классификацию и содержит особенности разработки стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.

2. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. Санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Настоящий свод правил устанавливает нормы допустимого шума на территориях и в помещениях зданий различного назначения, порядок проведения акустических расчетов по оценке шумового режима на этих территориях и в помещениях зданий, порядок выбора и применения различных методов и средств для снижения расчетных или фактических уровней шума до требований санитарных норм, а также содержит указания по обеспечению в помещениях специального назначения оптимального акустического качества с точки зрения их функционального назначения.

4. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Настоящий стандарт устанавливает требования к проведению измерений и оценке воздействия локальной вибрации на рабочем месте

5. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарные правила устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к условиям производственных воздействий ЭМП, которые должны соблюдаться при проектировании, реконструкции, строительстве производственных объектов, при проектировании, изготовлении и эксплуатации отечественных и импортных технических средств, являющихся источниками ЭМП.

6. 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.

7. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы». Настоящие нормы распространяются на склады нефти и нефтепродуктов и устанавливают противопожарные требования к ним.

8. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Настоящий стандарт распространяется на производственные процессы (включая транспортирование и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду, и устанавливает общие требования по обеспечению их взрывобезопасности.

#### **4.4.3 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 [13] 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 четырех-бригадный 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 [13] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

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.

## **Заключение**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработаны технические решения для разработки автоматизированной системы факельного сепаратора высокого давления установки комплексной подготовки газа. В ходе выполнения проекта подобрано современное оборудования, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами факельного сепаратора, а именно полевые датчики и контроллер ОВЕН ПЛК110[M02]. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система Codesys.

Во время разработки проекта рассмотрен технологический процесс работы факельного сепаратор, предназначенного для очистки газа от капельной жидкости. Для безопасной работы и аварийной защиты системы установлены регулирующие клапана с электроприводами. Для корректной работы насоса подобран частотный преобразователь необходимой мощности

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации факельного сепаратора высокого давления, с помощью которых подобрано правильное оборудования. Была построена схема внешних проводок, которая позволяет четко разобраться в системе передачи сигналов оператору АСУ на щит КИПиА, который в случае обнаружения неисправности работы системы, сможет легко их устранить. В заключении разработки проекта разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

В результате выполнения ВКР спроектирована автоматизированная система установки комплексной подготовки газа, а именно факельного сепаратора высокого давления, которая полностью удовлетворяет поставленной задаче.

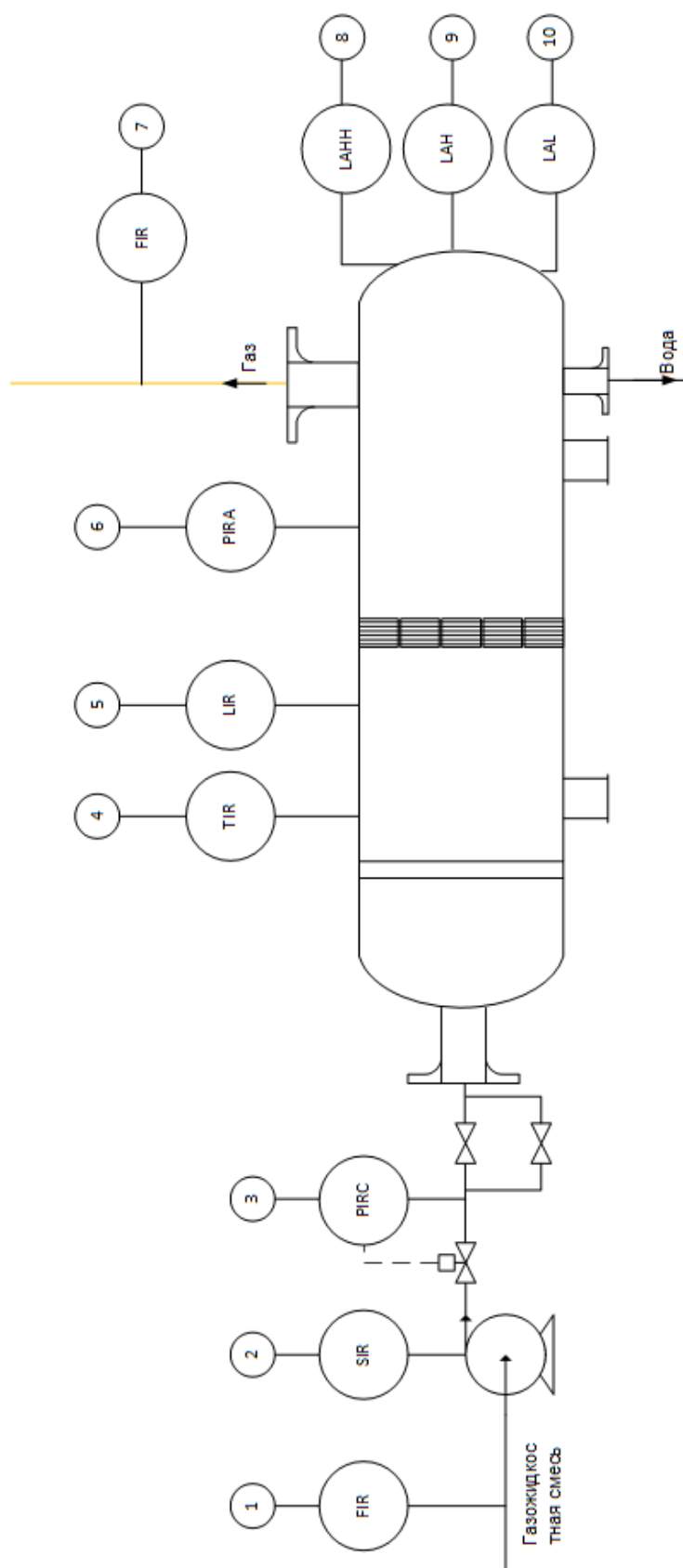


## Список используемых источников

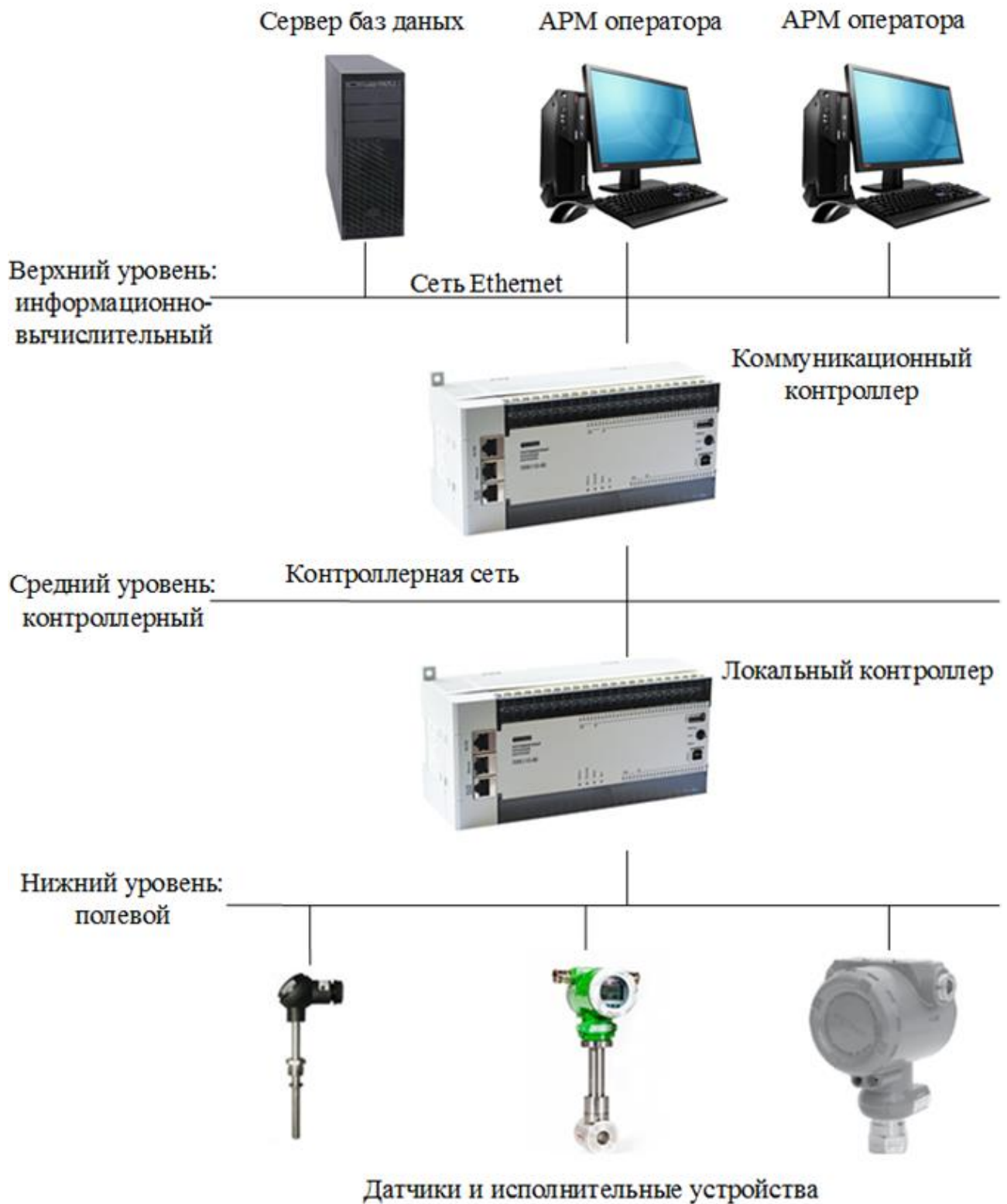
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
10. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
14. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
15. ГОСТ Р 12.1.019-2009 (изм. №1) ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
16. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

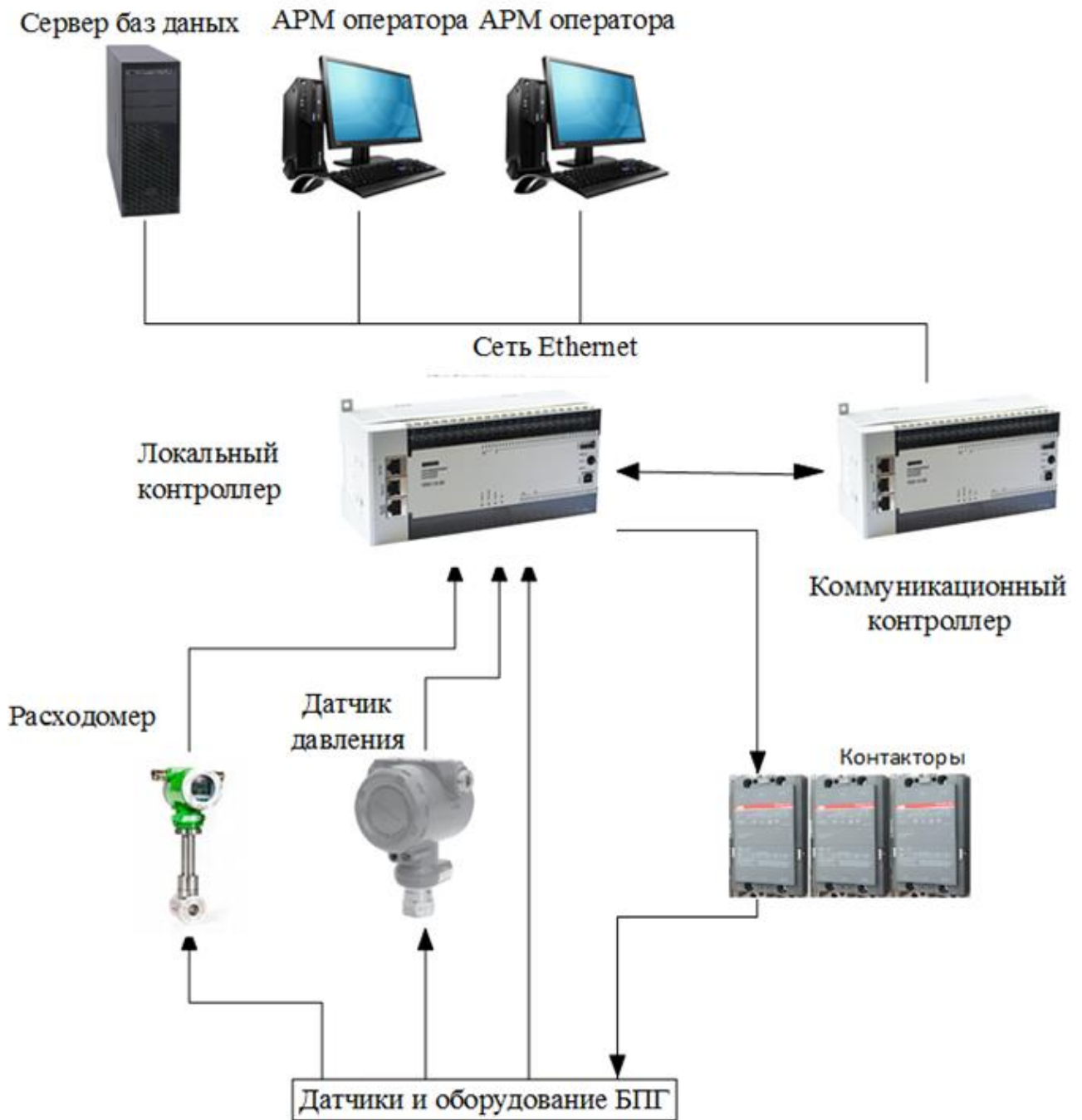
# Приложение А



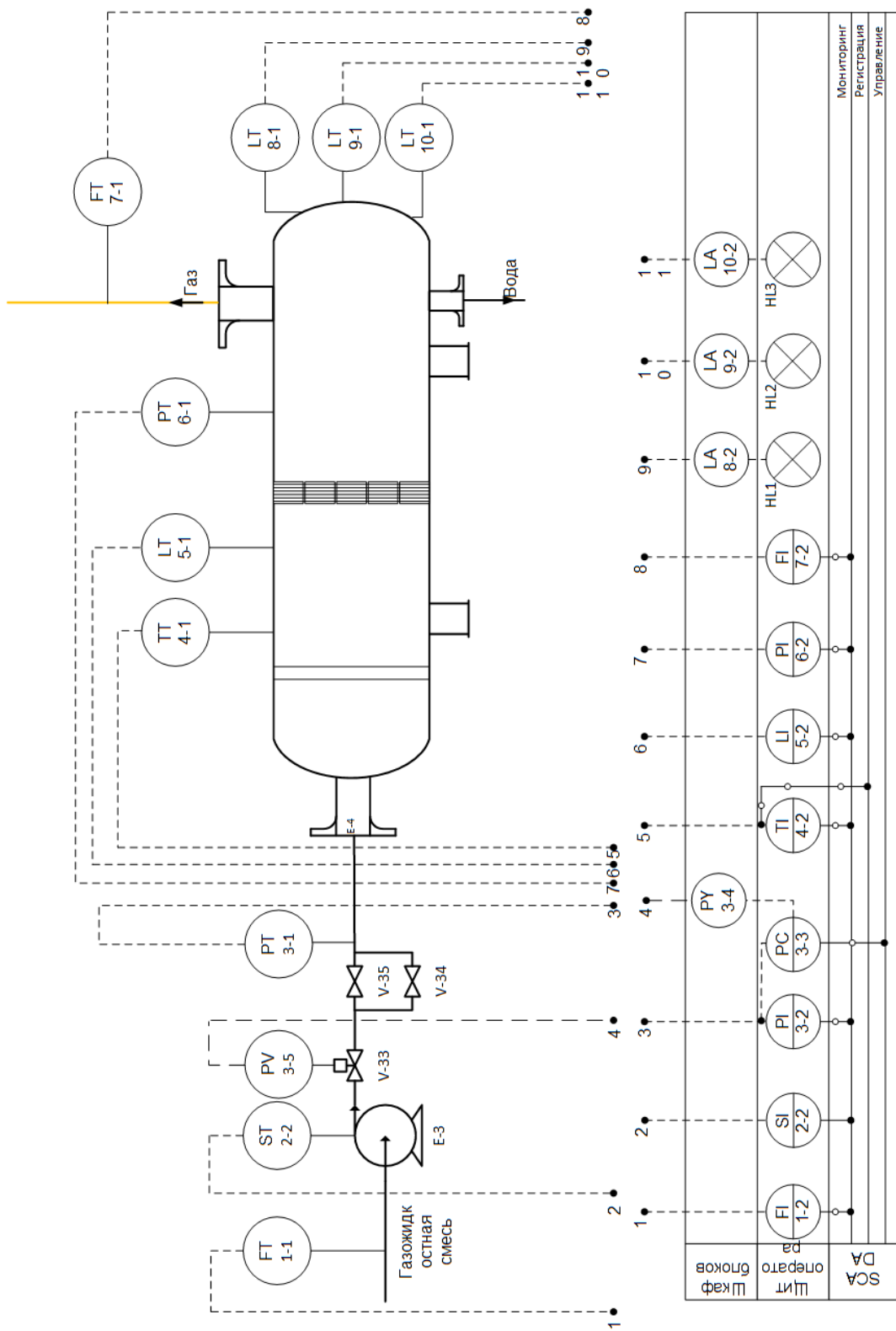
## Приложение Б



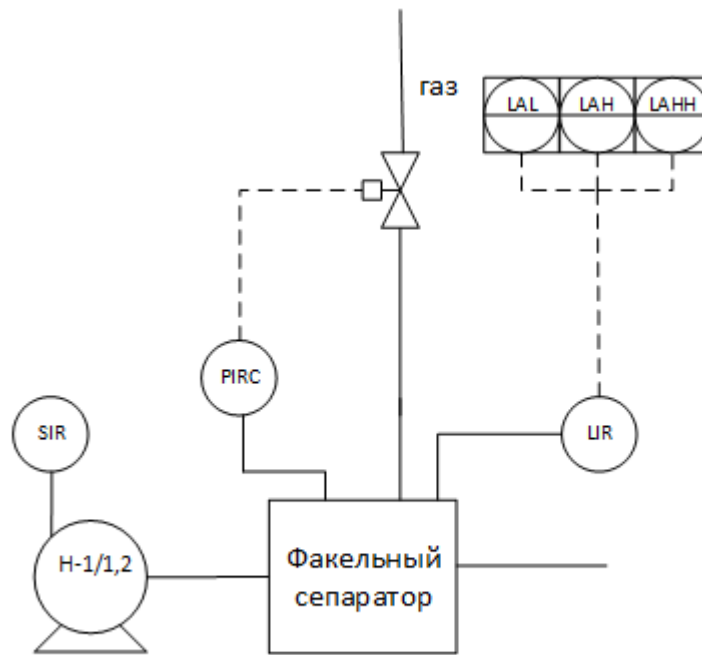
## Приложение В



# Приложение Г



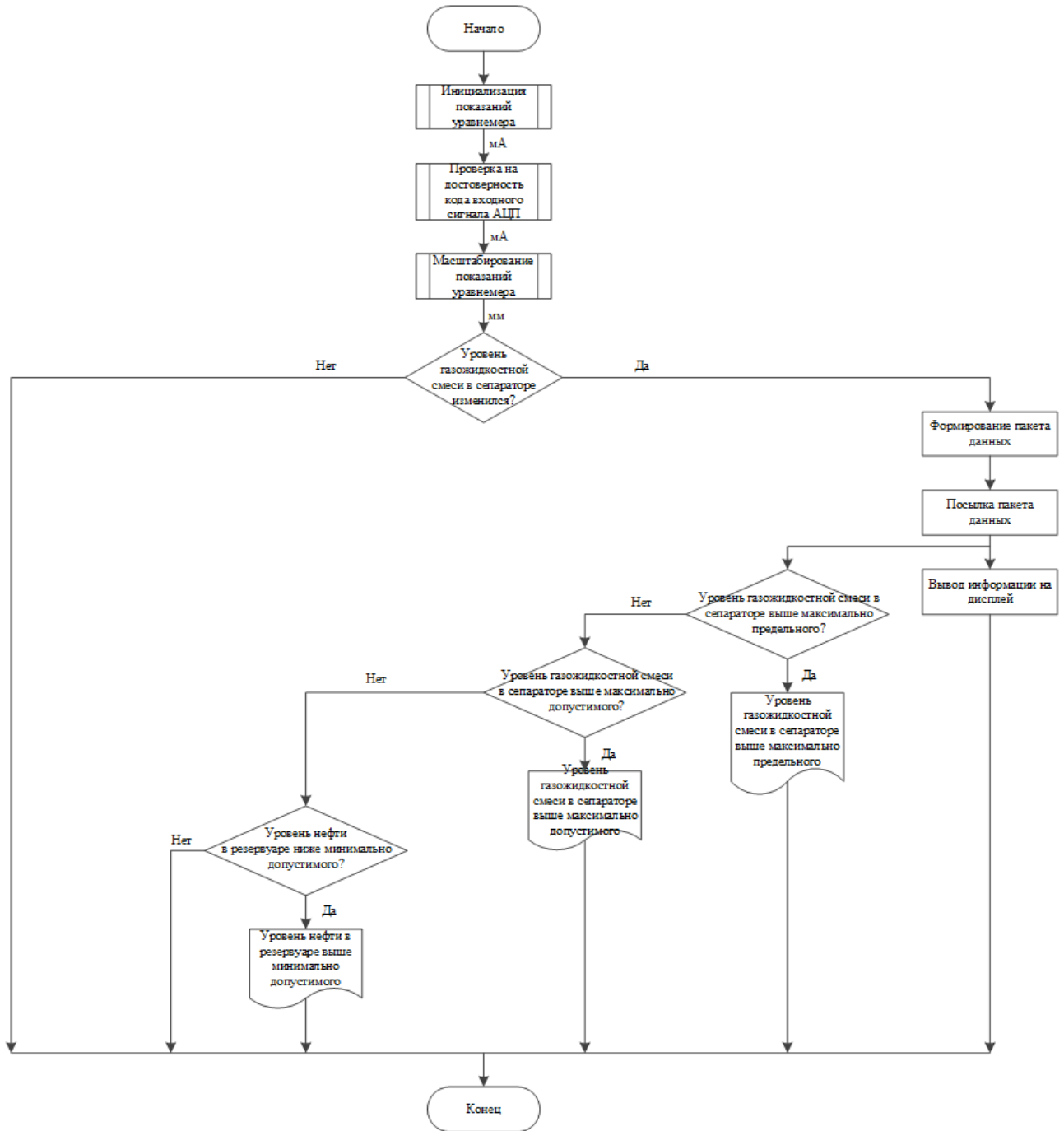
## Приложение Д



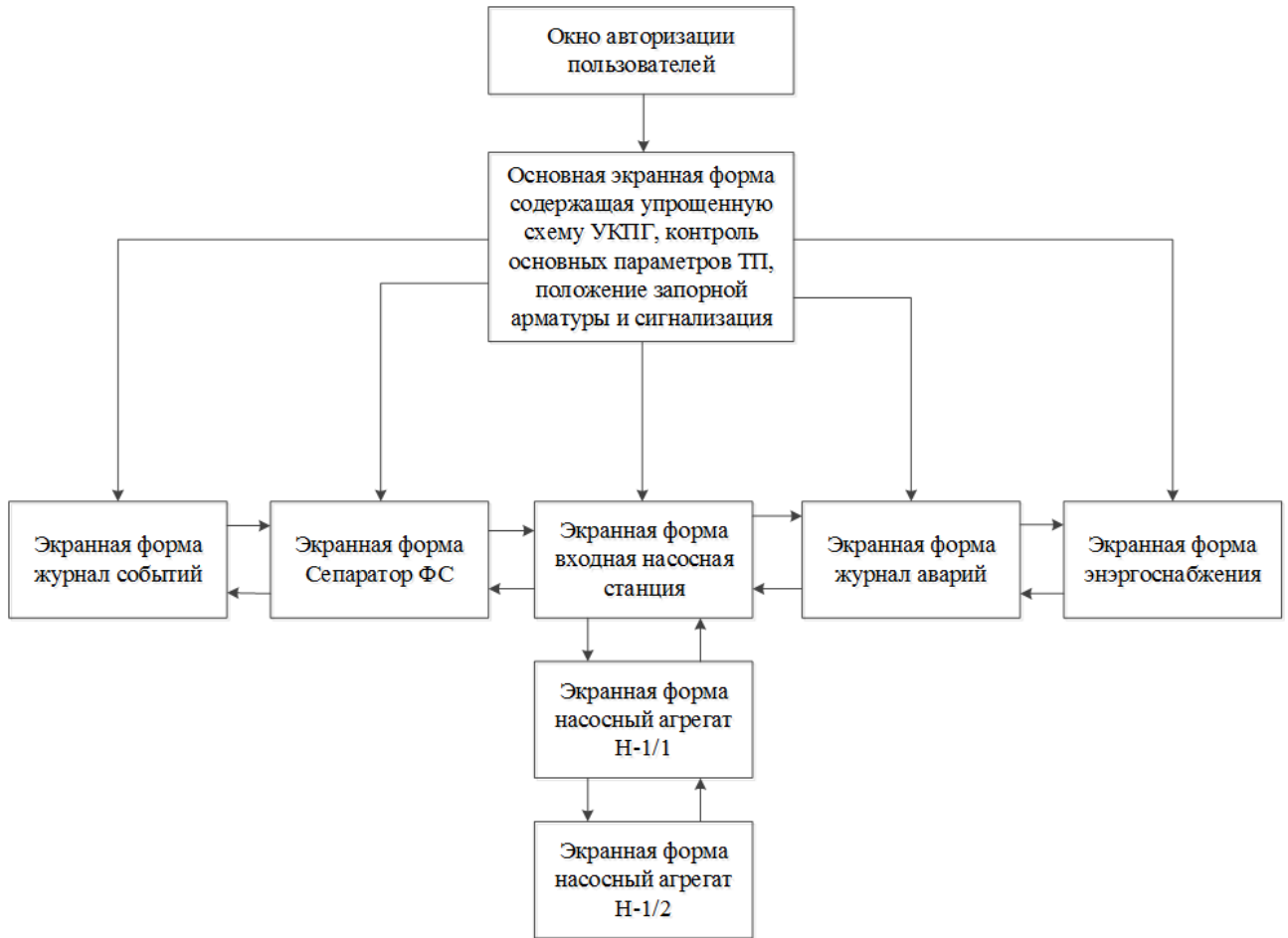




## Приложение Ж



### Приложение 3



# Приложение К

