

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

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси»</b>

УДК 681.51:622.276.346.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Малыгин Роман Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич	-		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., ДОЦЕНТ		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Томск – 2019г.

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

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

Уровень образования – бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

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

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Громаков Е.И.  
 (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
8Т5Б	Малыгин Р.А.

Тема работы:

Автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: система скважинная метрологическая «Аргоси». Цель работы: улучшение экономических показателей работы системы. Режим работы: непрерывный.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков; разработка схемы соединения внешних проводов; разработка математического обеспечения; разработка программного обеспечения; разработка экранных форм АС.

<b>Перечень графического материала</b>	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408 - 2013; структурная схема; схема соединения внешних проводок; схема информационных потоков; математическая модель; экраны формы; операторно-структурная схема системы стабилизации уровня жидкости и давления в двухфазном сепараторе.
--	--

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Винокурова Галина Федоровна

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т5Б	Малыгин Роман Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т5Б	Малыгин Роман Александрович

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<b>Автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования и разработки является автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси». В состав системы входят: сепаратор, датчики, клапана поворотные регулирующие. Рабочим местом является зона, включающая рабочий стол, пульт управления и монитор. Областью применения данной системы являются компании, занимающиеся добычей нефти и газа для обсчета продукции поступающей со скважины в течении определенного времени.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 01.14.2019) – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенный уровень вибрации на рабочем месте.

<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение атмосферы объектом исследования не выявлено;</li> <li>– загрязнение гидросферы объектом исследования не выявлено;</li> <li>– выявление загрязнения литосферы объектом исследования: утилизация оборудования.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– возникновение пожара.</li> <li>– утечка нефти и газа.</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Малыгин Роман Александрович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т5Б	Малыгину Роману Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет – 203 204 руб. Затраты на заработную плату – 87 916 руб. Прочие расходы – 781 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налог во внебюджетные фонды 27,1 Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT – анализ,
2. <i>Формирование плана и бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИП и потенциальных рисков</i>	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4.1 Интегральный показатель эффективности – 4.19 Сравнительная эффективность проекта – 0.87

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

1. Оценка конкурентоспособности НТИ
2. Матрица SWOT
3. График разработки
4. Бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.04.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т5Б	Малыгин Роман Александрович		

## Реферат

Выпускной курсовой проект содержит: 83 страниц, 22 рисунка, 28 таблиц, 29 формул, 13 источников.

В данной работе выполнено исследование и разработка работы установки скважной метрологической системы (ССМ) компании «Аргоси». Целью является повышение обеспечения экономической выгоды. Для этого производится разработка АСУ блоком сепарации: выбор SCADA–системы, ПЛК, датчиков, создание математической модели двухфазного сепаратора и работы системы в пакете Simulink, разработка структурной и функциональной схемы автоматизации системы исследования, разработка схема внешних проводок.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2016, Matlab R2013a, Codesys v2.3 и MasterSCADA v 3.6.

Ключевые слова: ССМ, нефтегазовый сепаратор, нефть, газ, вода, SCADA-система, PID-регулятор, АСУТП, экранные формы.

## Содержание

Термины и определения .....	12
Обозначения и сокращения.....	13
Введение.....	14
1 Техническое задание.....	15
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	15
1.2 Требования к составу системы .....	15
1.3 Требования к системе .....	16
1.3.1 Требования к системе в целом .....	16
1.3.2 Требования к техническому обеспечению .....	16
1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению .....	17
1.3.4 Требования к программному обеспечению.....	18
1.3.5 Требования к математическому обеспечению .....	18
1.3.6 Требования к информационному обеспечению.....	19
1.3.7 Нормативно-техническая документация .....	20
2 Разработка .....	22
2.1 Описание ТП.....	22
2.2 Разработка структурной схемы.....	22
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	24
2.4 Выбор контроллерного оборудования .....	25
2.5 Выбор датчиков.....	27
2.5.1 Выбор датчиков давления .....	27
2.5.2 Выбор расходомеров.....	28
2.5.3 Выбор датчика температуры.....	29
2.6 Выбор исполнительных механизмов .....	31
2.6.1 Выбор регулирующего клапана.....	31
2.7 Создание схемы внешних проводок.....	34
2.8 .....Математическая модель системы стабилизации технологических параметров .....	35
2.10 Настройка ПИД – регулятора. ....	42
2.9 Создание экранных форм .....	46
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 49	
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	49
3.2 Анализ конкурентных технических решений .....	50

3.3	SWOT-анализ.....	52
3.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	54
3.4.1	Структура работы в рамках научного исследования.....	54
3.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	55
3.4.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	58
3.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	60
3.5.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	60
3.5.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	61
3.6	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	63
3.6.1	Отчисление во внебюджетные фонды .....	63
3.7	Накладные расходы.....	64
3.8	Прочие затраты.....	64
3.9	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	64
3.10.....	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	65
4	Социальная ответственность .....	68
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	69
4.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	69
4.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	70
4.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	70
4.3	Экологическая безопасность.....	75
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
4.4.1	Анализ вероятных ЧС .....	76
4.4.2	Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС .....	77
4.4.3	Разработка действий в случае возникновения ЧС .....	78
	Заключение .....	80
	Список литературы .....	81

## **Термины и определения**

В моей выпускной квалификационной работе были использованы данные термины:

**Автоматизированная система:** Комбинирование управляемого объекта и автоматических устройств, в которой часть управления выполняет человек;

**Интерфейс:** Логическая и (или) физическая граница между устройством и средой передачи информации;

**Технологический процесс:** Это последовательность связанных действий, которые выполняются с того момента, как возникли исходные данные и до требуемого результата;

**Мнемосхема:** Сигнальные устройства и сигнальные изображения оборудования и связей контролируемого объекта, размещаемых на операторских пультах, операторских панелях или на ПК;

**SCADA:** Аппаратно-программные компоненты АСУ ТП, которые обеспечивают взаимодействие пользователя с системой;

**Протокол:** Правила, управляющие обменом информацией. Определяет форму (семантику и синтаксис) сообщений;

**ПЛК (Программируемый логический контроллер):** Это программно управляемый дискретный автомат, имеющий множество входов, подключенных с помощью датчиков к объекту управления. Также имеющий множество выходов, подключенных к исполнительным устройствам.

## Обозначения и сокращения

В моей выпускной квалификационной работе были использованы данные обозначения и сокращения:

ССМ – система скважная метрологическая;

ОУ – объект управления;

ИУ – исполнительные устройства;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СИ – средства измерения;

ППЗУ – программируемое постоянное запоминающее устройство;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

МИ – методика измерений;

АС – автоматизированная система;

ПК – персональный компьютер;

ФСА – функциональная схема автоматизации.

## **Введение**

В настоящее время производство стремительно развивается. Развивается и применение аппаратов и автоматических машин, а количество производственных процессов растет. В основе этого лежит автоматизация. Автоматизация охватывает широкий класс промышленных процессов, а также других классов трудовой или иной деятельности человека, в которых высокий объем операций, относящихся к получению, преобразованию, передаче и использованию энергии и особенно информации, передается специальными устройствами.

Для того, чтобы наиболее эффективно применить устройства и различные технологии, необходимо правильно их соединить друг с другом, то есть осуществить корректный обмен информацией между ними. Сделать так, чтобы человеческий фактор снизился до минимально возможного, а также произошло бы и снижение риска.

С учетом вышесказанного, проектирование автоматизированных систем управления является эффективным и востребованным методом улучшения качества производства.

Целью научно-исследовательской работы является улучшение экономических показателей работы установки ССМ (система скважная метрологическая) «Аргоси».

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП**

Установка скважинная метрологическая система компании «Аргоси» (ССМ) необходима для приема продукции нефтяных скважин, для предварительного просчета количества продукции (нефть, попутный нефтегазовый газ и обводненность нефти).

В работе исследуется устройство и работа установки ССМ, поэтому АСУ ТП должна предоставлять:

1. автоматизированное управление в реальном времени процессом работы установки ССМ;
2. при возникновении аварийных ситуаций – оповещение оператора об этом;
3. показатели состояний устройств;
4. управление необходимыми параметрами системы;

Основные цели создания АСУ ТП:

1. повышение точности измерения параметров ТП;
2. увеличение эффективности персонала;
3. уменьшение трудозатрат в управлении ТП;
4. оптимизация трудовых условий.

### **1.2 Требования к составу системы**

Состав системы:

1. Двухфазный сепаратор;
2. расходомеры;
3. клапаны поворотные регулировочные;
4. датчики давления;
5. датчик температуры;
6. исполнительные механизмы.

## **1.3 Требования к системе**

### **1.3.1 Требования к системе в целом**

Разрабатываемая автоматизированная система управления обязана отвечать требованиям ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом нижеизложенных требований.

### **1.3.2 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в ТЗ. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

1. контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
2. контроллеры или подсистемы управления;
3. станция оператора;
4. средства архивирования данных;
5. сетевое оборудование.

СИ, используемые в данном комплексе, должны иметь стандартные сигналы диапазоном (4 – 20) мА. Для обработки поступающих с СИ сигналов и управления заданными параметрами, подсистемы управления должны быть оснащены следующими модулями:

1. ввода сигналов диапазона (4 – 20) мА как со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке, так и без них;
2. входа милливольтовых сигналов со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке;
3. ввода дискретных сигналов;
4. вывода аналоговых токовых сигналов (модуль управляющих

воздействий);

5. вывода дискретных управляющих сигналов (модуль управляющих воздействий).

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на местах их размещения. Применяемые технические средства должны:

1. быть ремонтпригодными и заменяемыми;
2. работать от питания промышленных сетей.

Оборудование, находящееся в помещении должно быть устойчивым против влияния температур (0 – 40) ° С и не меньше 80 % влажности при температуре плюс 35 ° С.

Датчики в системе должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Степень защиты должна быть не меньше IP56.

### **1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению**

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004

Вводимые, измеряемые и расчетные параметры представлены в следующих единицах измерения, представленных в требованиях к функциональным возможностям.

В составе системы должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации.

### **1.3.4 Требования к программному обеспечению**

Программные средства разрабатываемой системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать перечисленным требованиям:

1. функциональная достаточность;
2. восстанавливаемость;
3. возможность модификации;
4. построение модульным типом;
5. удобство использования.

Программное обеспечение:

1. ОС (операционные системы);
2. инструменты ПО (программного обеспечения);
3. базовое и специальное прикладное;

Функции конфигурации:

1. Создание баз данных конфигурации на вход-выходных сигналах;
2. создание мнемосхем для визуализации работы объектов;
3. протоколы;

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций АСУ ТП, в работе которых эти данные не участвуют.

Промышленные языки программирования должны соответствовать стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3.

### **1.3.5 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение представляет собой совокупность математических методов, математических моделей и алгоритмов обработки

информации для создания АСУ.

Разработка математического обеспечения должна производиться с учетом требований, которые предъявляют системам, работающим в режиме реального времени.

Разработка математического обеспечения АСУ ТП разделяется на:

1. Создание алгоритмов функционального назначения (задачи обработки информации контроллерами);
2. создание алгоритмов специального назначения.

Математическое обеспечение ПЛК представлено в таблице 2

Таблица 2 – Математическое обеспечение ПЛК

Функции первичной обработки аналоговых сигналов	Управляющие и противоаварийные функции
Расчет действительных значений	Регулирование параметров
Фильтрация	Управление (программно-логическое)
Сравнение со значением уставки	Противоаварийная защита
Формирование сигналов нарушений	
Создание массивов данных значений параметра	
Наличие ПИД регулятора	

### 1.3.6 Требования к информационному обеспечению

Инф. обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко- машинного интерфейса.

Информационное обеспечение подразумевает собой:

1. порядок и способ обмена информацией между компонентами системы;
2. входная/выходная аналоговая и дискретная информация;
3. формы различных документов;

4. систему, организующую базу данных в реальном времени и архивных данных;

### **1.3.7 Нормативно-техническая документация**

Разработка АСУ ТП выполнена, основываясь на утвержденные технологические схемы в соответствии с действующими руководящими и нормативными документами:

1. ГОСТ 21.101-97 «Основные требования к проектной и рабочей документации»;

2. ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации»;

3. ГОСТ 34.201-89 «Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем»;

4. ГОСТ 5542-87 «Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия»;

5. ГОСТ 17.2.4.06-90 «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения»;

6. ГОСТ 30319.1-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки (с Изменением N 1);

7. РТМ 108.711.02-79 Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики;

8. РД 50-34.698-90 «Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов»;

9. РД 51-101-87 «Комплексная автоматизация и телемеханизация объектов транспорта газа»;

10. МИ 2773-2002 Государственная система обеспечения единства

измерений

11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание 6, 7;

## 2 Разработка

### 2.1 Описание ТП

Нефтяная эмульсия поступает со скважины в установку. В составе нефтяной эмульсии есть нефть, природный газ (преимущественно метан) и пластовая вода. Первым делом эмульсия поступает в двухфазный сепаратор, где делится на жидкую и газообразную фракции. Далее разные фракции поступают в жидкостную и газовую линии соответственно. По своим линиям продукция проходит через расходомеры, где подсчитывается количество жидкой и газообразной фракций в нефтяной эмульсии. На жидкостной линии находится элемент (датчик) подсчитывающий обводненность нефтяной фракции. На линиях расположены клапана поворотные регулировочные, которые отвечают за количество проходимого вещества по линии. Также клапана управляют основными состояниями в установке. После подсчета количества веществ на линиях они поступают на общую линию, где контролируется общее давление установки.

Параметры двухфазного сепаратора следующие:

Таблица 3 – МГС – 400

Полный объем сепаратора, м <sup>3</sup>	1.1
Высота сепаратора, мм	1945
Производительность по нефти и воде, м <sup>3</sup> /ч	60
Производительность по газу, м <sup>3</sup> /ч	7530
Рабочее давление (не более), МПа	0.03 - 16

### 2.2 Разработка структурной схемы

Автоматизирование состоит в управлении оборудованием – поворотными регулирующими клапанами, которые регулируют уровень, расход, давление. Командами включить/выключить, остановить/запустить, открыть/закрыть реализуется централизованное управление.

Объект управление – измерительная установка ССМ. Основные системные параметры управления поступают в SCADA-систему. SCADA-

система обеспечивает дистанционное (диспетчерское), автоматическое управление функциями распределенных устройств, а также наблюдение за параметрами системы. Необходимо, чтобы система была открытая, распределенная с иерархической структурой. Подчинялась трехуровневой модели АС:

- Низший уровень: исполнительные устройства и датчики, а также интеллектуальные датчики, которые могут иметь следующие интерфейсы – HART, CAN, 1-Wire и т.п.

- Средний уровень: ПЛК, модули ввода/вывода, обменивающиеся информацией по Fieldbus (Profibus, Modbus TCP, Modbus RTU). Стоит отметить, что ПЛК собирает и обрабатывает информацию, затем реализует алгоритмы автоматического регулирования и программно-логического управления, защищает и блокирует процессы, а также обменивается данными с вышестоящим уровнем и реализует команды вышестоящего уровня.

- Третий уровень: компьютеры с HMI (SCADA-пакеты). Оператор наблюдает за ходом процессов с любого компьютера сети, но управление осуществляется с одного компьютера или функции управления распределяют между несколькими компьютерами.

Так как интернет-технологии всё больше интегрируются в задачи управления, причем даже на уровне технологического оборудования, современная иерархия АСУ выглядит иначе (рисунок 1).

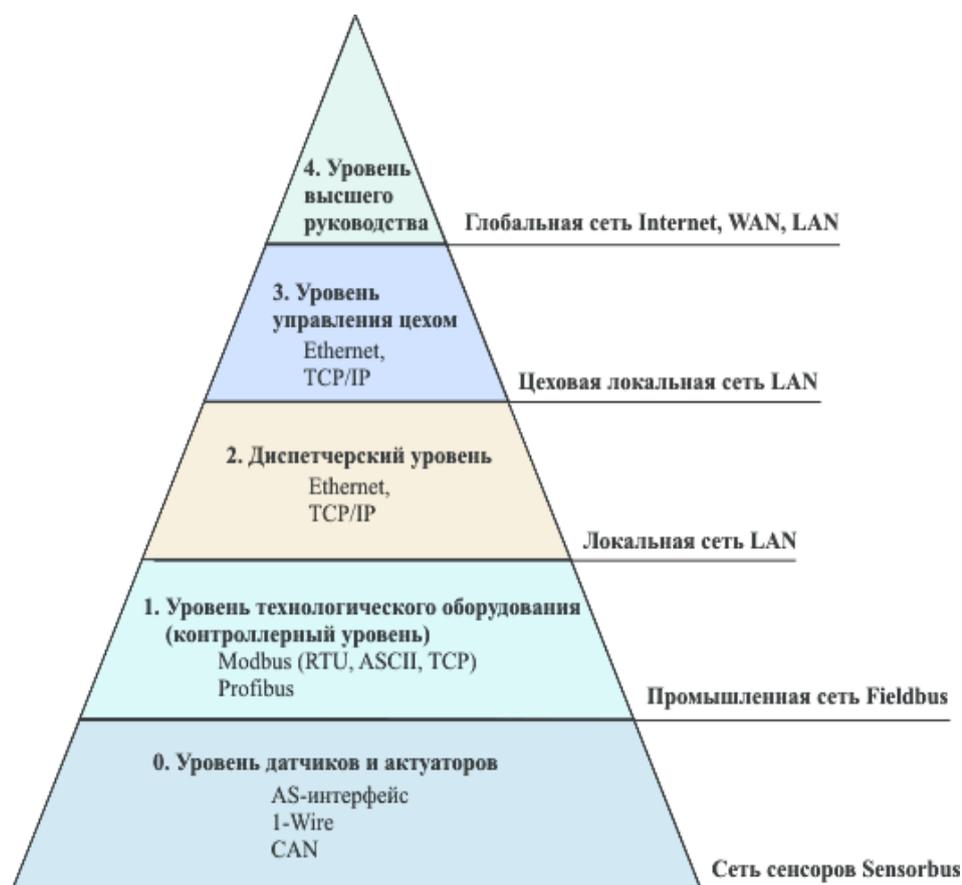


Рисунок 1 - Уровни иерархии АСУ

### 2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации – технический документ, который входит в основной комплект рабочих чертежей проектируемой СА, в соответствии с ГОСТ 21.408-2013. ФСА создается для отображения значимых технических решений.

На функциональной схеме автоматизации представляют технологическое оборудование, а также связующие компоненты (например, трубо- и газопроводы) автоматизированной системы, средства автоматизации и контуры, отвечающие за управление, регулирование и контроль.

Функциональная схема автоматизации может быть выполнена развернутым или упрощенным способами. Различие развернутого способа в том, что на схеме изображаются месторасположения и состав каждого отдельного контура и средств автоматизации. Средства автоматизации и приборы изображаются, согласно ГОСТ 21.208-2013, в виде условных графических

изображений.

## 2.4 Выбор контроллерного оборудования

Для проектирования блока сепарации необходимо выбрать контроллерное оборудование. Выбор осуществлялся между Siemens SIMATIC S7-300, ОВЕН ПЛК154-220.У-М, Schneider Electric и ОВЕН ПЛК160 (таблица 4). Выбран был ОВЕН ПЛК160 (рисунок 2).



Рисунок 2 – ОВЕН ПЛК160

ОВЕН ПЛК160 – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными и аналоговыми входами/выходами на борту для автоматизации средних систем. Оптимальны для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления.

Контролер имеет универсальные аналоговые входы/выходы, программное переключение ток/напряжение.

Таблица 4 – Сравнение контроллеров

Контроллеры	ОВЕН ПЛК154-220.У-М	Schneider Electric 140CPU65	ОВЕН ПЛК160	Siemens S7- 300
Рабочая температура	От минус 10 °С до плюс 55 °С	(0 – 60) °С	От минус 10 °С до плюс 55 °С	От минус 40 °С до плюс 70°С
Интерфейсы	Ethernet; RS232; RS485	Ethernet; RS232C; RS485; USB	Ethernet 100; RS232; RS485; USB 2.0-Device	Ethernet; RS232; RS485; USB
Протокол передачи данных	DCON; GateWay Modbus TCP/RTU/ASCII	Modbus TCP; Ethernet TCP/IP	ОВЕН; Modbus TCP/RTU/ASCII; DCON; GateWay	PROFINET IO; PROFIBUS DP; AS-Interface
Дискретный ввод/вывод	4/4	704	16/12	10/6
Аналоговый ввод/вывод	4/4	66	8/4	8/4
Время выполнения операций	1 мс	0,7 мс	100 мс	0,1 мкс
Наработка на отказ	100000 ч	-	100000	350 000 ч
Цена	от 24 190р	от 93 736р	от 29 280р	от 24 458р

Программирование контроллеров осуществляется в профессиональной, распространенной среде CODESYS v.2.3.x, максимально соответствующей стандарту МЭК 61131:

- поддержка 5 языков программирования, для специалистов любой отрасли;
- мощное средство разработки и отладки комплексных проектов автоматизации на базе контроллеров;
- функции документирования проектов;
- количество логических операций ограничивается только количеством свободной памяти контроллера;
- практически неограниченное количество используемых в проекте счетчиков, триггеров, генераторов.

Интерфейсы для программирования и отладки: Ethernet, USB, RS-232

(Debug).

## 2.5 Выбор датчиков

### 2.5.1 Выбор датчиков давления

Выбор датчика давления остановлен на Метран-55 ДИ (выбор происходил среди – ОВЕН ПД200-ДИ, Метран-55 ДИ, Метран-150CG и Rosemount 3051 в таблице 5). Так как Метран-55 ДИ по всем характеристикам подходит установке вид датчика представлен на рисунке 3.

Таблица 5 – Сравнение датчиков давления

Датчики давления	ОВЕН ПД200-ДИ	Метран-55 ДИ	Метран-150CG	Rosemount 8700
Диапазон измерений	(0,004 – 7) МПа	(1,6 – 16) МПа	(0 – 10) МПа	(0 - 13,7) МПа
Погрешность измерений	±0,1 %	±0,1 %	±0,075 %	±0,04 %
Диапазон температур измеряемой среды	От минус 40 °С до плюс 100 °С	От минус 40 °С до плюс 70 °С	От минус 40 °С до плюс 80 °С	От минус 40 °С до плюс 150 °С
Выходной сигнал постоянного тока	(4 – 20) мА	(0 – 5) мА (0 – 20) мА (4 – 20) мА	(4 – 20 ) мА с HART- протоколом	(4 – 20) мА с HART- протоколом
Средний срок службы	12 лет	15 лет	20 лет	10 лет
Степень защиты	IP65	IP65	IP66	IP68
Цена	от 34 220.00р	от 7 402р	от 24 886.2р	от 44 991,93р



Рисунок 3 – Датчик давления Метран-55

Датчики давления Метран-55 ДИ предназначены для непрерывного преобразования измеряемой величины – давления избыточного – в унифицированный токовый выходной сигнал.

### 2.5.2 Выбор расходомеров.

Контроль расхода нефти и газа осуществляют расходомеры. Выбор состоял из следующих расходомеров – Метран- 350, Micro motion elite, Rosemount 8700, FLUXUS F808 и был остановлен на Micro motion (рисунок 4).



Рисунок 4 – Расходомер Micro motion elite

Расходомер серии Micro motion elite – кориолисовый, предназначен для измерения объемного и массового расхода.

Преимущества:

1. Точность измерения
2. Измерение расхода агрессивных сред
3. Низкие потери давления

Таблица 6 – Сравнение расходомеров

Расходомеры	Метран-350	Micro motion elite	Rosemount 8700	FLUXUS F808
Давление измеряемой среды	до 25 МПа	до 16 МПа	до 40 МПа	-
Условный проход	50...2400	>120000	4...900	10...6500
Температура измеряемой среды	От минус 40 °С до плюс 400 °С	От минус 40 °С до плюс 160 °С	От минус 29 °С до плюс 177 °С	От минус 0 °С до плюс 60 °С
Температура окружающей среды	От минус 40 °С до плюс 85 °С	От минус 40 °С до плюс 60 °С	От минус 50 °С до плюс 74 °С	От минус 40 °С до плюс 130 °С
Выходной сигнал постоянного тока	(4 – 20) мА /HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART	(4 – 20) мА/HART; WirelessHART; EtherNet/IP; Profinet; PROFIBUS; Modbus	(4 – 20) мА /HART, Foundation Fieldbus, Profibus PA	(4 – 20) мА /HART, Foundation Fieldbus, Modbus
Погрешность измерений	±0,8 %	±0,5 %	±0,1 %	±1 %
Степень защиты	IP68	IP67	IP67	IP68
Цена	-	-	от 46 820р	-

### 2.5.3 Выбор датчика температуры

Для предотвращения появления отложений парафинов, замерзания или

образования гидратов должен быть установлен датчик температуры (ТТ 13-1) WIKA TR10-F (рисунок 5). Выбор осуществлялся среди следующих датчиков Rosemount 0065, ТХАУ Метран-271, KOBOLD TTL.

Таблица 7 – Сравнение датчиков температур

Датчики температур	Rosemount 0065	ТХАУ Метран-271	WIKA TR10-F	KOBOLD TTL
Диапазон измерений	От минус 50 °С до плюс 450 °С	От минус 40 °С до плюс 600 °С	От минус 200 °С до плюс 600 °С	От минус 200 °С до плюс 1600 °С
Тип сенсора	Pt100	Pt100	Pt100	Pt100
Температура окружающей среды	От минус 40 °С до плюс 85 °С	От минус 40 °С до плюс 60 °С	От минус 60 °С до плюс 80 °С	От минус 40 °С до плюс 80 °С
Выходной сигнал постоянного тока	(4 – 20) мА/HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА/HART, Foundation Fieldbus, Profibus
Погрешность измерений	±0,08 °С	±0,5 %	±0,25 %	±1 %
Степень защиты	IP68	IP66	IP68	IP66
Цена	от 21 000р	от 4000р	от 5000р	-

Pt100 – обозначение термометра сопротивления, где 100 – это 100 Ом при температуре 0 °С, а Pt – изготовлен из платины.



Рисунок 5 - WIKА TR10-F

Принцип измерения основан на зависимости сопротивления металлической проволоки, либо пленки на диэлектрической подложке от температуры.

Датчик может быть изготовлен в различных исполнениях:

1. Измерительный элемент – Pt100, Pt1000
2. 2-проводный, 3-проводный, 4проводный

## **2.6 Выбор исполнительных механизмов**

### **2.6.1 Выбор регулирующего клапана**

Исполнительное устройство - устройство в АСУ, реализующее управляющие воздействия с регулятора на объект управления, перемещая регулирующий орган.

Для стабилизации регулируемой величины нужно менять процесс в требуемом направлении. С помощью регулирующего воздействия исполнительного устройства.

Для выбора регулирующего клапана необходимо определиться с его

параметрами – материалом корпуса, температурой рабочей среды, температурой окружающей среды, типом конструкции, ходом штока и пропускной способностью.

Материал корпуса подбирается исходя из рабочей среды. В данном случае рабочие среды – нефть, вода и газ, соответственно материалом выступит легированная сталь.

Пропускная способность рассчитывается по методу, изложенному в РТМ 108.711.02-79:

1. Пропускная способность регулирующего клапана для нефти и воды

$$Kv_{max} = 0.01 * Q_{max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}, \quad (1)$$

где  $Kv_{max}$  – максимальная пропускная способность клапана;

$Q_{max}$  – объемный расход среды, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta P$  – перепад давления на клапане, Мпа.

Исходя из производительности МГС – 400:

Таблица 8 – Параметры для расчета пропускной способности

$Q_{max}$	$\Delta P$	$\rho$
60 м <sup>3</sup> /ч	0,65 Мпа	900 кг/м <sup>3</sup>

Получаем:

$$Kv_{max} = 28 ,$$

Далее подбираем клапан с пропускной способностью 36,4, так как необходим запас в диапазоне от 10% до 30% от посчитанной величины.

2. Пропускная способность для регулирующего клапана газа

$$Kv_{max} = 0.01 * \frac{G_{max}}{Y} * \sqrt{\frac{v}{\Delta P}}, \quad (2)$$

где  $G_{max}$  – массовый расход среды, кг/ч;

$Y$  – коэффициент расширения;

$v$  – удельный объем газа, м<sup>3</sup>/кг.

Подставляем данные сепаратора и получаем:

$$Kv_{max} = 251,7$$

Ближайшее значение с учетом погрешности это 327,21 из каталога Барнаульского котельного завода.

Определив необходимые параметры, выбран следующий клапан: клапан поворотный регулирующийся, односедельный с ЭИМ (электрический исполнительный механизм) 6С-13-1, 6С-12-4-1 (рисунок 6):



Рисунок 6 – Клапан, регулирующийся с электроприводом

Технические характеристики представлены в таблице 9:

Таблица 9 – Технические характеристики регулирующего клапана

Техническая характеристика	Значение
Корпус	Легированная сталь
Рабочее давление, МПа	До 10 МПа
Температура рабочей среды, °С	-60...450
Температура окружающей среды, °С	-60...50
Присоединение	Фланцевое

Для того, чтобы управлять клапаном был подобран электропривод Regada ST1 из того же каталога, что и регулирующийся клапан. Технические характеристики электропривода представлены в таблице 10:

Таблица 10 – Технические характеристики электропривода

Техническая характеристика	Значение (при различных вариантах исполнения)
Рабочий ход, мм	8...80
Скорость управления, мм/мин	8...80
Напряжение питания	230В, 50Гц
Температура окружающей среды	-25...+55°C
Степень защиты	IP67

Стандартное исполнение ЭИМ:

1. электрическое присоединение реализуется на клеммную колодку;
2. механическое подсоединение – фланец.

## 2.7 Создание схемы внешних проводок

Кабели должны быть экранированными и негорючими, в связи с этим был выбран КВВГЭнг (рисунок 7). Кабель применяют для прокладки в условиях агрессивных сред, при необходимости защиты электрических цепей от негативного влияния электрических полей.



Рисунок 7 - КВВГЭнг

Конструкция:

1. токопроводящая жила – медная проволока;
2. изоляция – ПВХ пластикат;
3. оболочка – ПВХ пластикат пониженной горючести;
4. экран – в виде обмотки из медной ленты или медной фольги.

Кабель КВВГЭнг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика. Электротехнический контрольный кабель КВВГЭнг предназначен для присоединения к

электроаппаратуре, электроприборам. Технические характеристики в таблице 11.

Таблица 11 – Технические и эксплуатационные характеристики

Характеристика	Значение
Температура окружающей среды при эксплуатации	от +50°С до –50°С
Относительная влажность воздуха (при t°+35°С)	98%
Длительно допустимая t° нагрева жил при эксплуатации	+70°С
Максимально допустимая t° жил при коротком замыкании (4 сек.)	+160°С
Минимальная t° прокладки кабеля без предварительного подогрева	- 15°С
Срок службы	30 лет
Гарантийный срок эксплуатации	5 лет

## 2.8 Математическая модель системы стабилизации технологических параметров

Математическая модель системы будет разделяться на 2 части: жидкостная линия и газовая линия. Обе линии нужны для поддержания рабочего состояния системы. По жидкостной линии будет производиться измерение уровня жидкости в сепараторе, а по газовой линии – давление.

Начнем построение математической модели с жидкостной линии. На выходе жидкостной линии нужен уровень. Уровень жидкости — это высота цилиндра, который занимает жидкость, если брать сепаратор за идеальный цилиндр.

$$L = \frac{V}{S}, \quad (3)$$

где  $L$  – уровень жидкости в сепараторе, м;

$V$  – объем жидкости в сепараторе, м<sup>3</sup>;

$S$  – площадь сепаратора,  $m^2$ .

$$S = \pi * R^2, \quad (4)$$

Где  $R$  – радиус резервуара сепаратора, мм.

При помощи уравнений (3) и (4) получим участок математической модели, изображенный на рисунке 8.

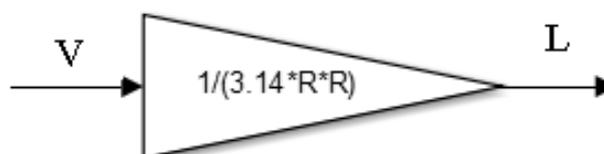


Рисунок 8 – Часть математической модели объекта управления

Далее воспользуемся формулой расчета объема из потока жидкости, что видно из уравнения (5).

$$V = \int_0^t Q * dt, \quad (5)$$

где  $Q$  – поток жидкости, проходящий через сепаратор за определённое время  $m^3/ч$ ;

$t$  – время, с.

Дополним математическую модель описанным уравнением (5) рисунок 9.

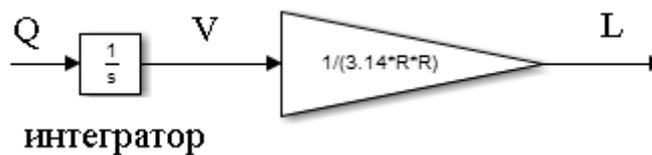


Рисунок 9 – Часть математической модели объекта управления

Далее нужно получить поток, который находится в сепараторе. Этот поток есть результирующая разности двух других: входного и выходного потоков (дебит и расход) сепаратора.

$$Q = Q_{\text{вх.}} - Q_{\text{вых.}}, \quad (6)$$

где  $Q_{\text{вх.}}$  – входной поток (дебит) жидкости сепаратора, м<sup>3</sup>/ч;  
 $Q_{\text{вых.}}$  – выходной поток (расход) жидкости сепаратора, м<sup>3</sup>/ч.

Воспользовавшись уравнением (6) дополним математическую модель рисунок 10. Входной поток (дебит) жидкости по заданию не известен, поэтому возьмем его, как возмущающее воздействие на систему.

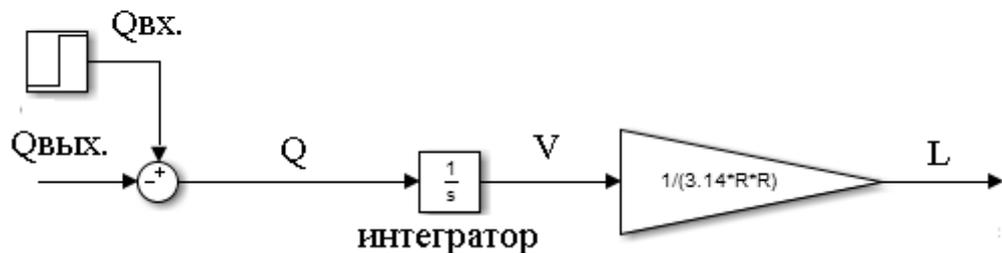


Рисунок 10 – Часть математической модели объекта управления

Рассчитаем выходной поток (расход) системы. Поток после сепаратора идет по жидкостной линии через клапан. В клапане расход регулируется степенью открытия задвижки клапана и разностью давлений до и после клапана уравнение (7).

$$Q_{\text{вых.}} = K * \Delta P, \quad (7)$$

где  $K$  – степень открытия клапана (0 – 90 градусов);  
 $\Delta P$  – разность давлений до клапана и после, МПа.

Реализуем математическую модель жидкостной линии рисунок 11.

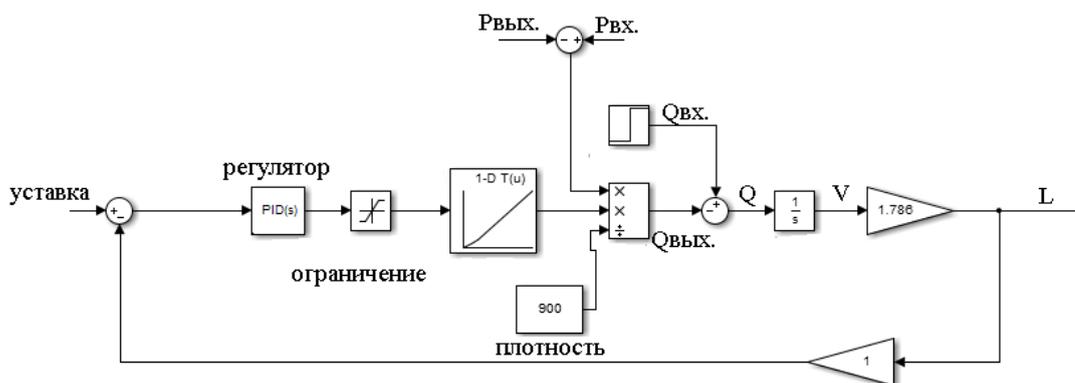


Рисунок 11 – Часть математической модели объекта (жидкостная линия)

Теперь построим математическую модель для газовой линии. На газовой линии находится давление в сепараторе. Давление рассчитывается по формуле Менделеева – Клапейрона уравнение (8).

$$PV_{\text{газа}} = \frac{m}{\mu} RT, \quad (8)$$

где  $P$  – давление в сепараторе, Па;

$T$  – температура в сепараторе, К;

$V_{\text{газа}}$  – объем газа в сепараторе, м<sup>3</sup>;

$R$  – универсальная газовая постоянная равная  $8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$m$  – масса газа в данном объеме, кг;

$\mu$  – молярная масса газа, кг/моль.

Объем газа для данной части математической модели получим из разности объемов сепаратора и жидкости находящейся в нем. Расчет объема жидкости в сепараторе уравнения (3), (4) и (5). Получим уравнение (9).

$$V_{\text{газа}} = V_{\text{сеп.}} - V_{\text{ж.}}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{сеп.}}$  – объем сепаратора, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{ж.}}$  – объем жидкости в сепараторе, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{газа}}$  – объем газа в сепараторе м<sup>3</sup>.

Молярную массу рассчитаем через атомарную массу газа (метан) уравнение (10).

$$\mu = \frac{M \cdot V_{\text{газа}}}{V_{\text{н.у.}}}, \quad (10)$$

где  $\mu$  – молярная масса газа, кг/моль;

$M$  – масса атома газа (метан), м<sup>3</sup>/кг

$V_{\text{н.у.}}$  – молярный объем газа, м<sup>3</sup>.

Из уравнений (8), (9) и (10) получаем часть математической модели рисунок 12.

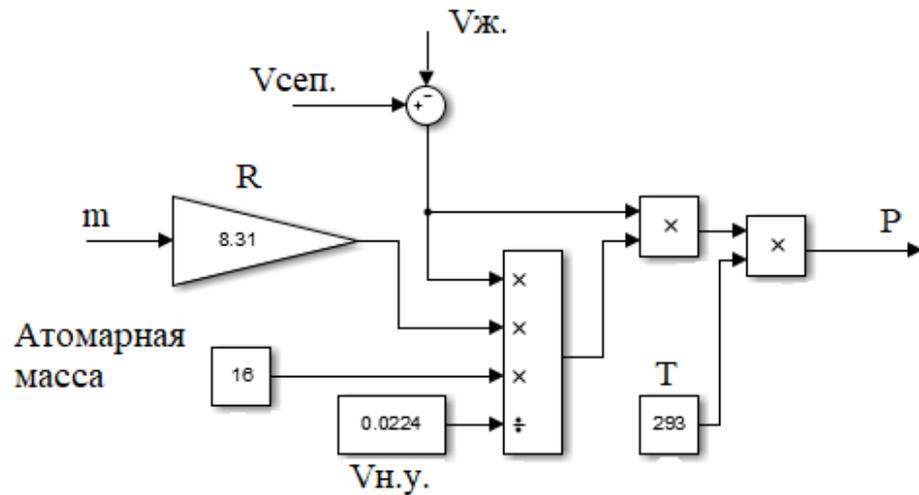


Рисунок 12 – Часть математической модели объекта управления

Найдем массу через массовый поток проходящий через сепаратор уравнение (11).

$$m = \int_0^t G dt, \quad (11)$$

Дополним математическую модель рисунок 13.

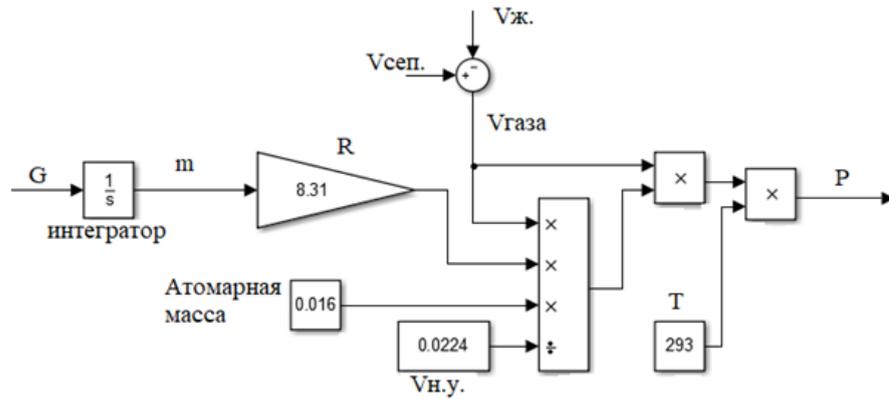


Рисунок 13 – Часть математической модели объекта управления

Поток в сепараторе есть разница входящего и выходящего потоков (дебит и расход) уравнение (12). Выходной поток (расход) регулируется клапан и равен потоку проходящего через клапан и высчитывается через площадь сечения, а также зависит от давления до и после клапана уравнение (13). Давление до клапана является давлением в сепараторе, давление после клапана - давление на выходе из системы.

$$G = G_{\text{ВХ.}} - G_{\text{ВЫХ.}}, \quad (12)$$

где  $G_{\text{ВХ.}}$  – массовый поток (дебит) на входе сепаратора, кг/ч;  
 $G_{\text{ВЫХ.}}$  – массовый поток (расход) на выходе из системы, кг/ч.

$$G_{\text{ВЫХ.}} = \frac{f}{529} * \sqrt{\frac{T}{p * \Delta P * P_{\text{ВЫХ.}}}}, \quad (13)$$

где  $f$  – площадь проходного сечения клапана, м<sup>2</sup>;  
 $p$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>.

На основе уравнений (12) и (13) дополним математическую модель рисунок 14.

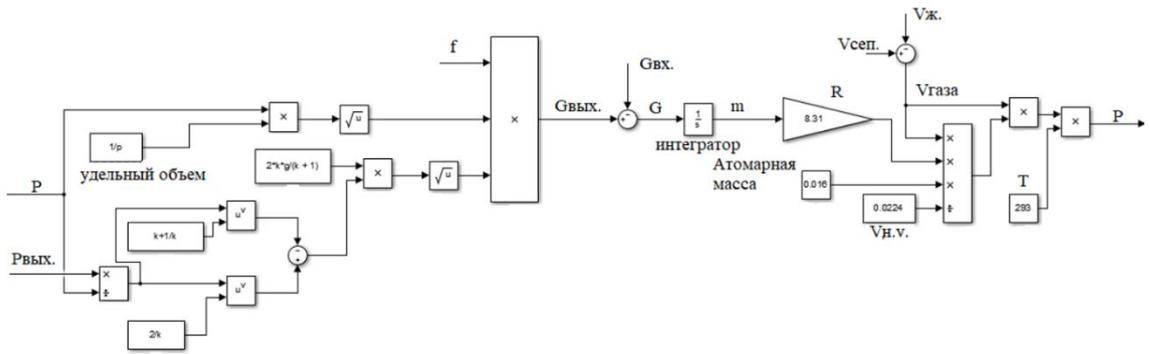


Рисунок 14 – Часть математической модели объекта управления

Объединим две линии в общую математическую модель. И выставим зависимость одной части от другой. Жидкостной линии нужно давление в сепараторе, которое находится в математической модели газовой линии. Газовая линия зависит от объема жидкости в сепараторе, который находится через уровень жидкости. Полная математическая модель изображена на рисунке 15.

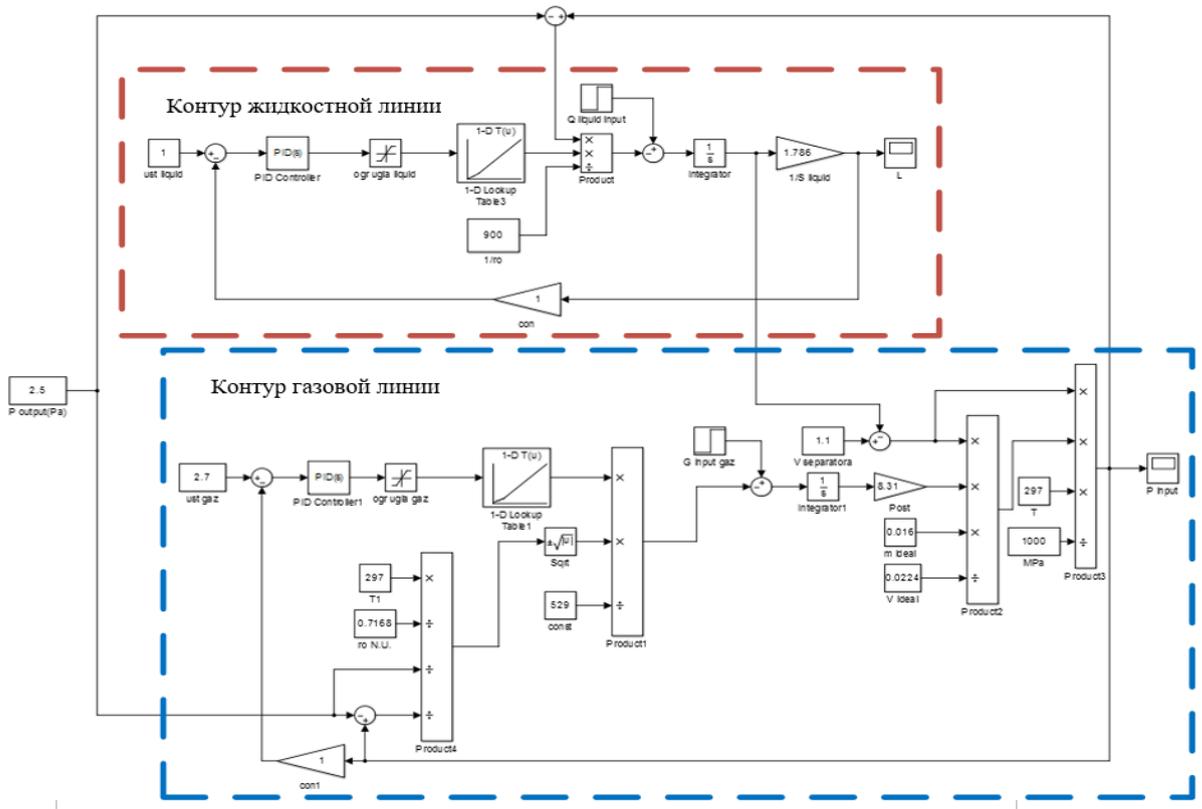


Рисунок 15 – Математическая модель объекта управления (измерительная установка системы скважной метрологической)

В математической модели для расчета нелинейной пропускной способности клапанов был использован элемент Matlab – LookUpTable. В этом элементе можно задать соответствие точек нелинейной функции расчеты в данном блоке происходят при помощи кусочно – линейной функции. То есть в блоке функция строиться кусочно - линейно тем самым создавая нелинейность функции.

### **2.10 Настройка ПИД – регулятора.**

Настройка ПИД – регулятора системы происходила в ручном режиме, потому что стандартные методы настройки ПИД – регулятора не действует. На математической модели системы (рисунок 15) присутствуют такие элементы как квадратный корень и LookUpTable, которые приводят к нелинейности системы. Также 2 контура регулирования зависят друг от друга, что тоже вызывает нелинейность расчетов процессов, происходящих в математической модели. За счет выше перечисленных условий настройка системы стандартными методами, такими как метод Циглера – Никольсона, метод CHR и Т-правило, не видятся возможной.

Правило ручной настройки ПИД – регулятора:

Настроить пропорциональную часть, если система уходит в рассогласование, то пропорциональная часть слишком велика. Если система не реагирует на возмущение, следует увеличить пропорциональную часть. После настройки пропорциональной части, настраивается Интегральная часть для устранения статистической ошибки регулирования. Настройка происходит с минимального значения интегральной составляющей и продолжается до тех пор, пока система не установиться в рабочее значение. Дифференциальная часть настраивается для уменьшения времени переходного процесса, так же с минимального значения.

Во время ручной настройки системы были подобраны параметры ПИД – регуляторов для двух контуров (газовой и жидкостной линий). Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12

ПИД – регулятор контура\Параметры	P	I	D
Газовая линия	260	15	0
Жидкостная Линия	270	25	0

Графики переходных процессов демонстрируют на рисунках 16 и 17, как система обрабатывает влияние на изменение уставки контуров.

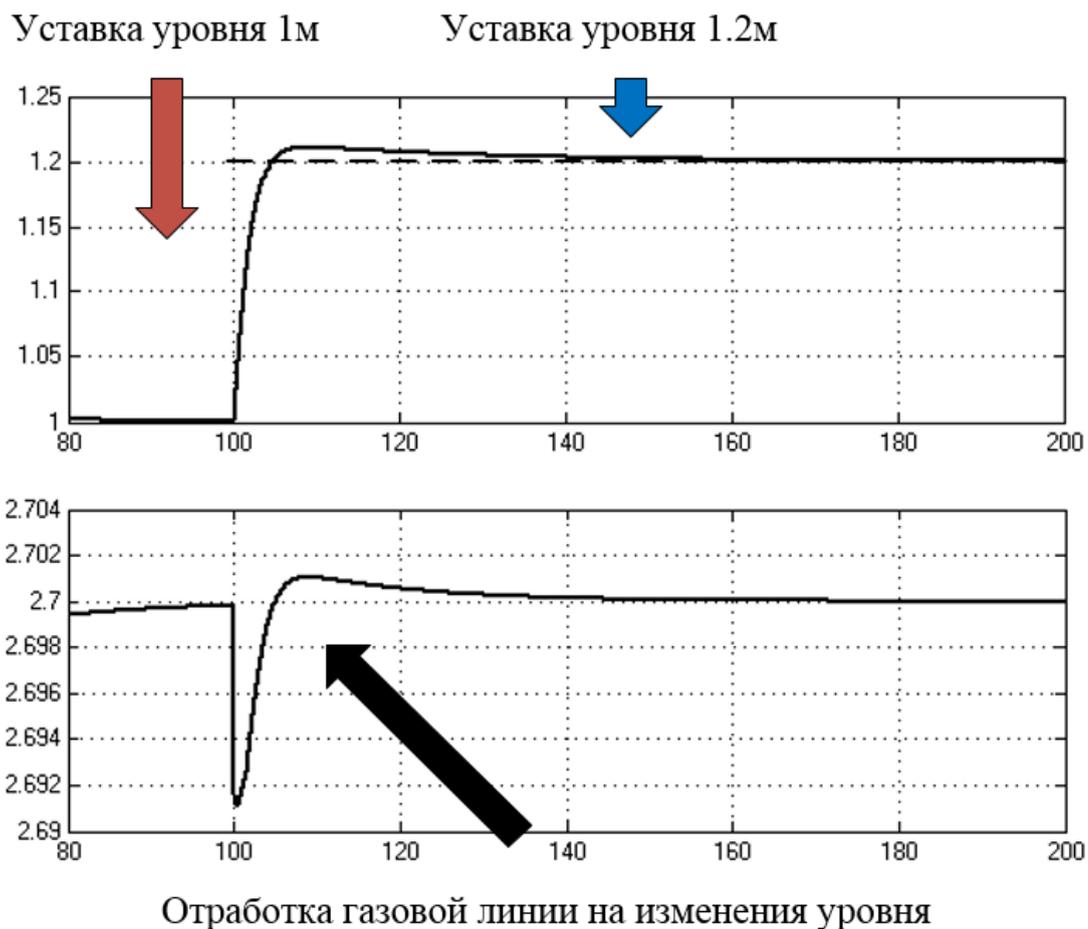
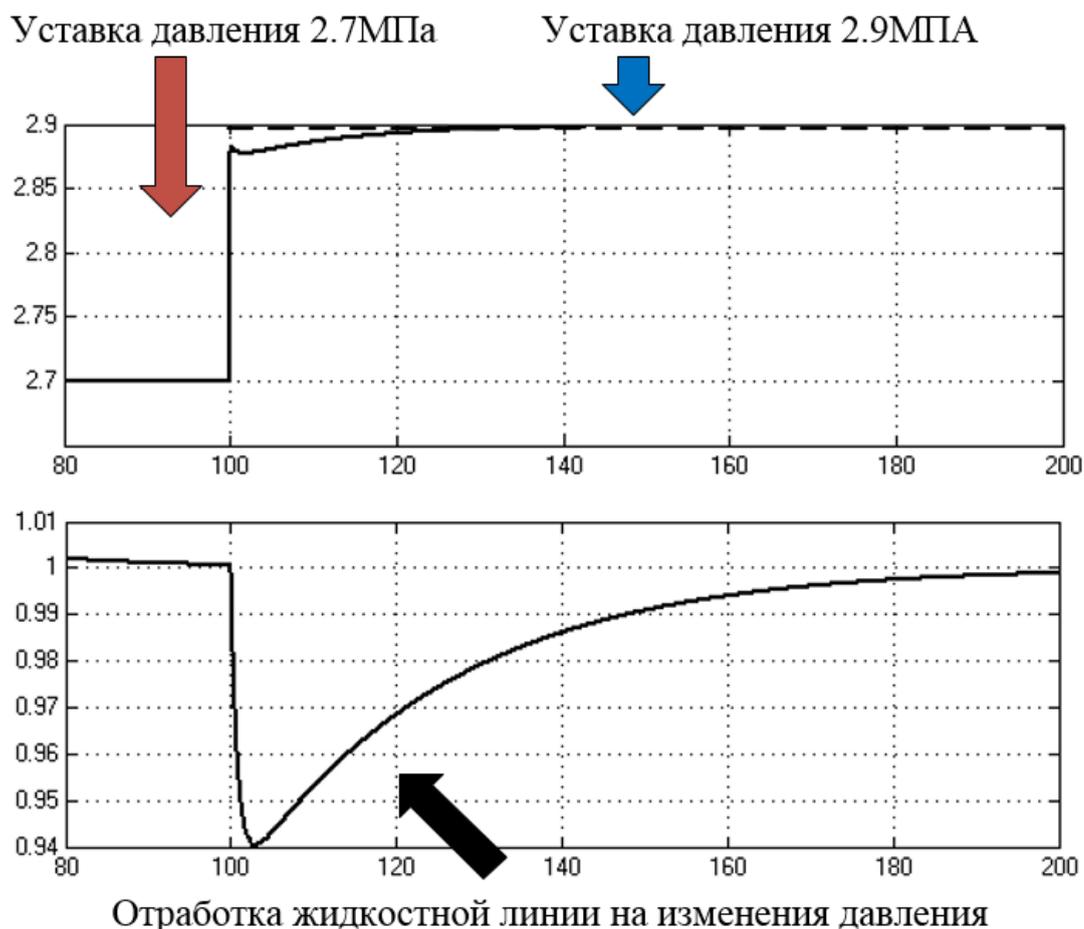


Рисунок 16 – График изменения уставки жидкостной линии



Отработка жидкостной линии на изменения давления

Рисунок 17 – График изменения уставки газовой линии

Исходя из рисунков 16 и 17 можно установить время переходного процесса и перерегулирование. Для контура газовой линии время переходного процесса составляет 50с, а для контура жидкостной линии – 60с, при изменении уставки жидкостной линии. Перерегулирования в контуре жидкостной линии нет, в контуре газовой линии – 11.1%. При изменении уставки газовой линии перерегулирования в обоих контурах нет, а время переходного процесса 40с и 100с газовой и жидкостной линий соответственно.

Рассмотрим, как система обрабатывает возмущение в отдельных контурах. Моделируем систему до состояния равновесия и подаем возмущение сначала на контур жидкостной линии, а потом на контур газовой линии. В виде возмущения будет резкое увеличение потока газонефтяной эмульсии в сепаратор. Реакция системы видна на рисунках 18 и 19.

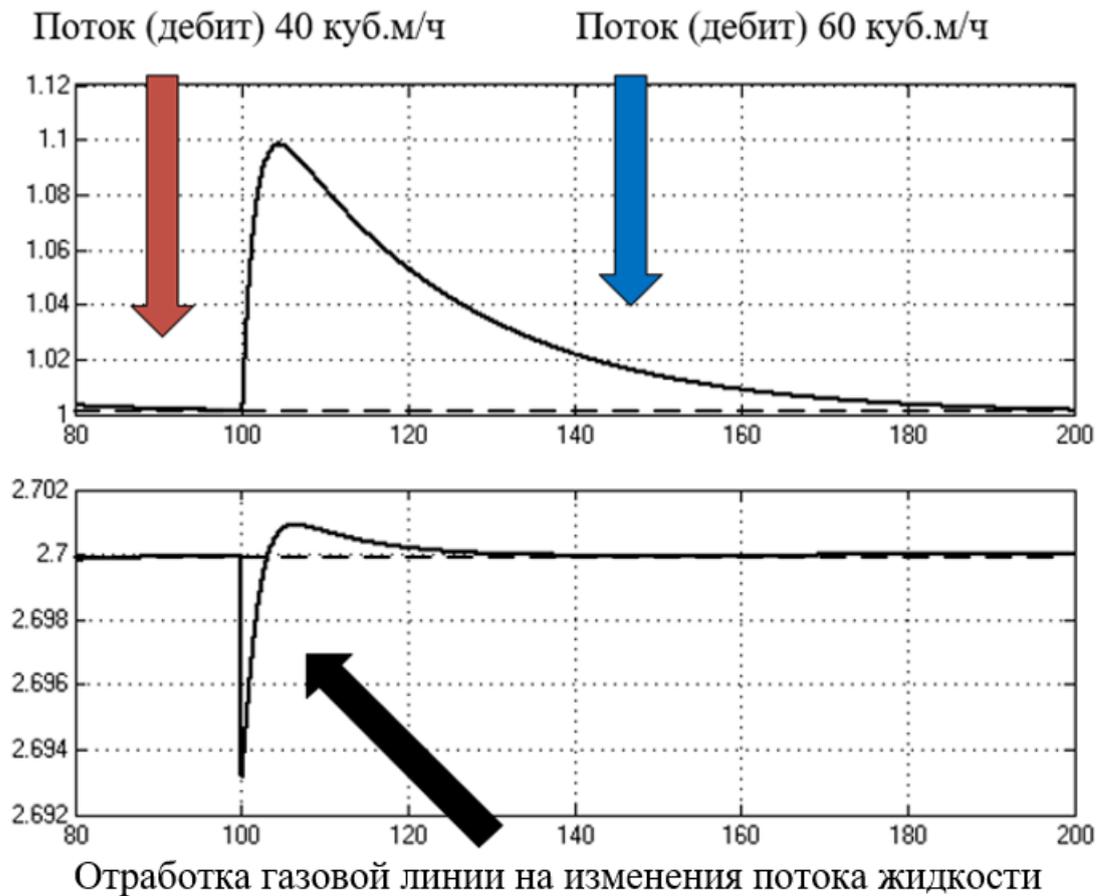


Рисунок 18 – Отработка возмущений в контуре газовой линии

Рисунок 18 показывает реакцию газовой линии при резком увеличении жидкостной составляющей в эмульсии. При этом перерегулирование составило 14% газовой линии и время переходного процесса равно 40с.

Рисунок 19 показывает реакцию жидкостной линии при резком увеличении газа в эмульсии. При этом перерегулирование составило 18% газовой линии и время переходного процесса равно 100с.

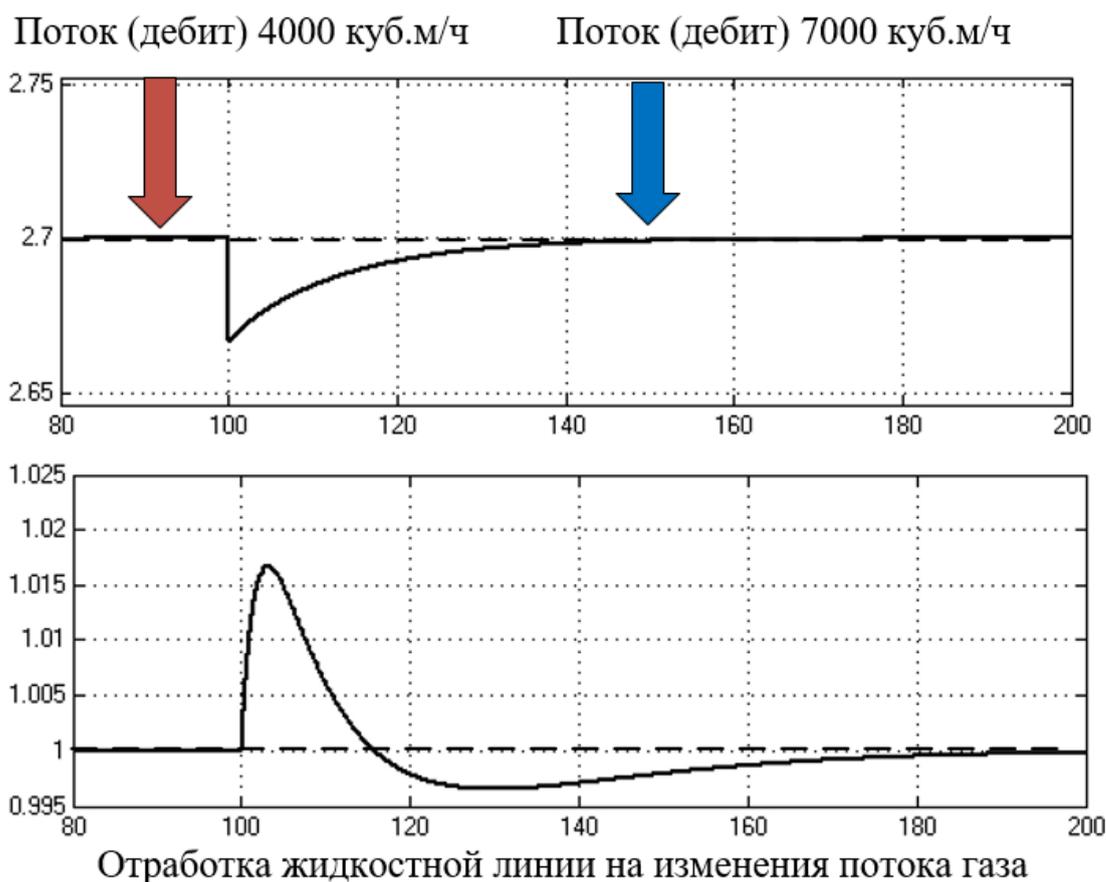


Рисунок 18 – Обработка возмущений в контуре жидкостной линии

Система обрабатывает возмущения и возвращается в состояние равновесия. Возмущения в соседних контурах не так сильно влияют на контур, в котором возмущения не было. Это видно на рисунках 17 и 18. Возмущение по уровню жидкости сильнее выражается в контуре жидкостной линии. Возмущение по газу – в контуре газовой линии.

## 2.9 Создание экранных форм

На мнемосхеме отражены основные параметры системы: давление сепаратора, давление на выходе из системы, обводненность жидкостной линии, расходы жидкостной и газовой линии, открытие клапанов и подсчет основных ресурсов, проходящих через установку. Также в отдельное окно выделены настройки ПИД – регуляторов газовой и жидкостной линий и отображение трендов основных параметров. Отображение данных элементов на основном виде выведено в кнопки.

Отображение элементов мнемосхемы можно увидеть на рисунке 19.

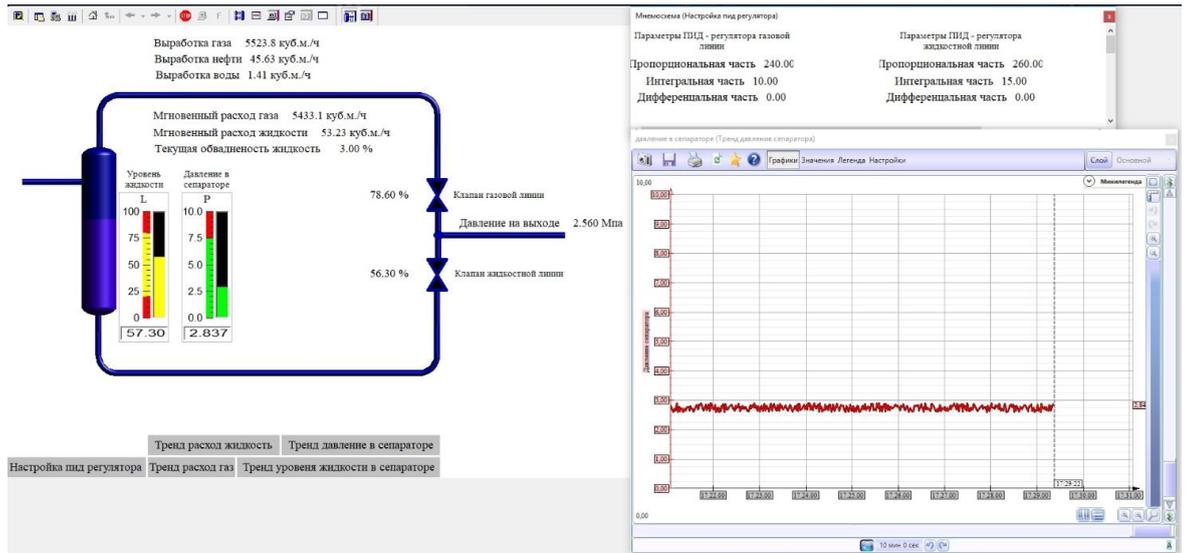


Рисунок 19 – Общий вид мнемосхемы

На основной части визуализировано отображение уровня в сепараторе двумя видами: в виде индикатора и на резервуаре сепаратора. Также в виде индикатора визуализировано давление в сепараторе. Отображение можно увидеть на рисунке 20.

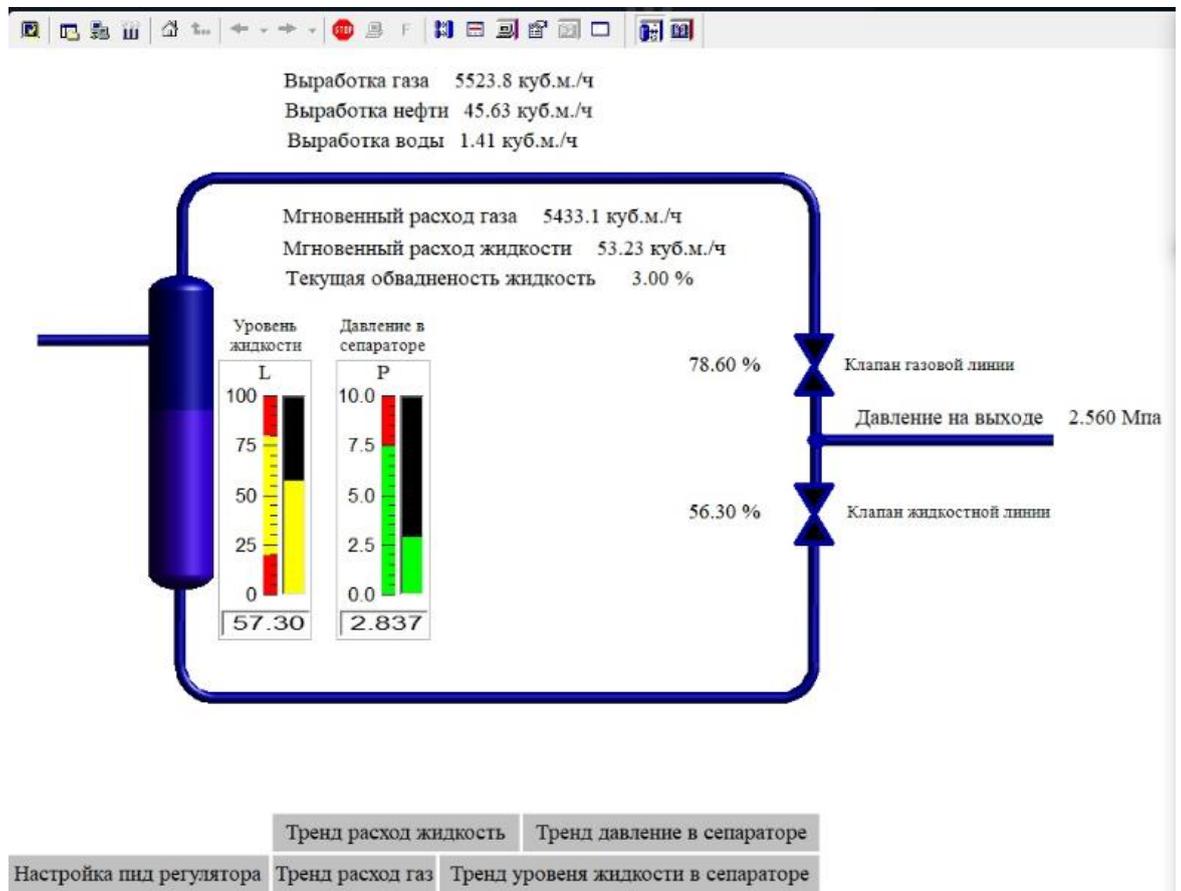


Рисунок 20 – Вид основной части мнемосхемы

Тренды и настройки ПИД – регуляторов выведено отдельно, чтобы не нагружать элементами основную мнемосхему и для установления прав доступа на вызов данных элементов. Как выглядят вызванные элементы продемонстрировано на рисунках 21 и 22.

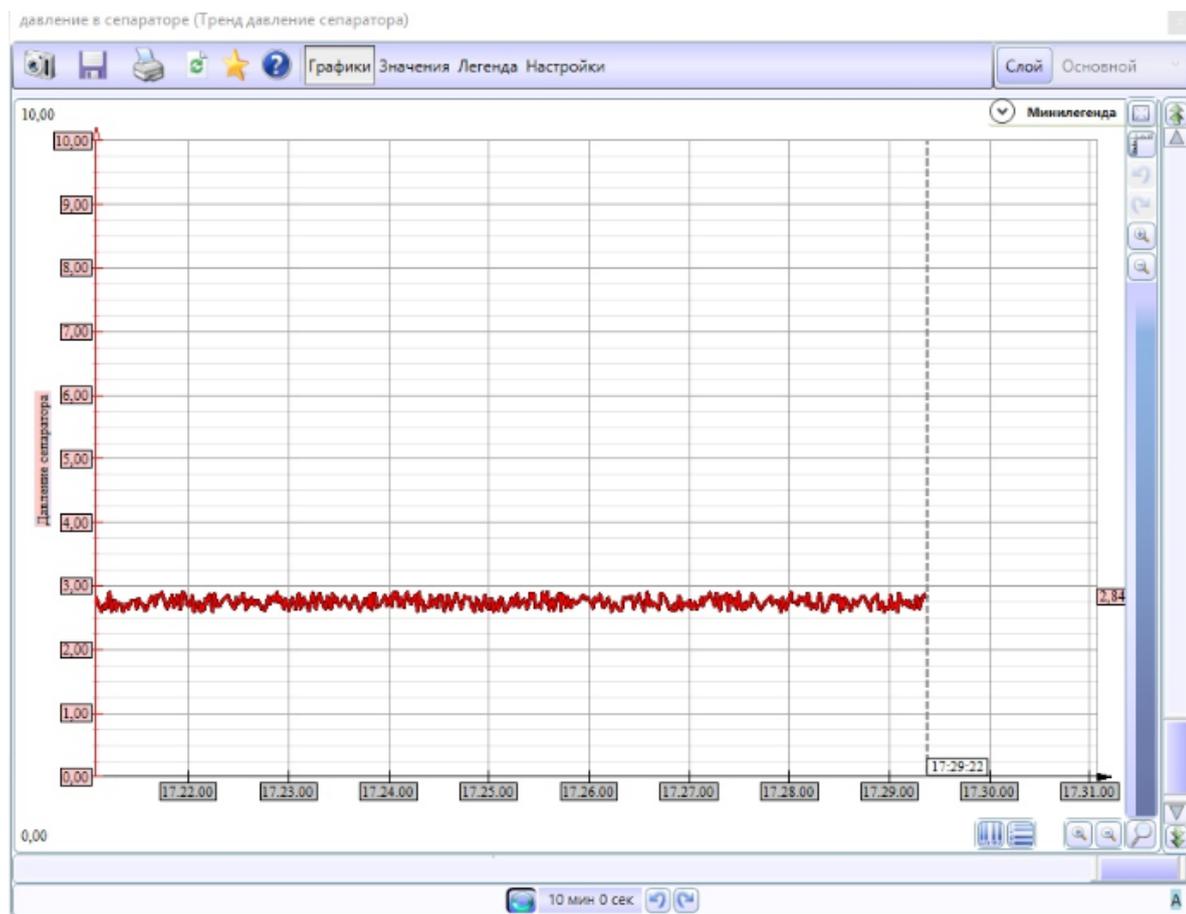


Рисунок 21 – Вид тренда

The screenshot shows the "Мнемосхема (Настройка пид регулятора)" window. It contains two columns of PID controller parameters:

Параметры ПИД - регулятора газовой линии	Параметры ПИД - регулятора жидкостной линии
Пропорциональная часть 240.00	Пропорциональная часть 260.00
Интегральная часть 10.00	Интегральная часть 15.00
Дифференциальная часть 0.00	Дифференциальная часть 0.00

Рисунок 22 – Вид настройки ПИД - регуляторов

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

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Данный раздел определяет оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Научно-исследовательская работа направлена на исследование и разработку автоматизированной системы управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси».

#### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Объектом исследования является автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси». Потенциальными потребителями результатов исследований являются предприятия, заинтересованные в предварительном просчёте нефтяной эмульсии идущей со скважин при добыче нефти. Сегментирование рынка производится согласно следующим критериям: размера компании-заказчика и

область применения. Карта сегментирования приведена в таблице 13. Анализ рынка был проведен на основе фирм-производителей ООО «Элком+» (фирма А), ООО «ИндаСофт» (фирма Б), АО «ЭлеСи» (фирма В).

Таблица 13 – Карта сегментирования

		Область применения		
		Разработка АСУ ТП	Строительно- монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер	Крупные	В	Б	В
	Средние	А,Б,В	А,Б	А,В
	Мелкие	А,Б,В	А,Б	А

Таким образом, из карты сегментирования видно, что сегмент рынка по разработке SCADA-систем для мелких и крупных предприятий остается свободным.

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Среди производителей рассматриваемой системы можно выделить следующих: «Элеси» (система автоматизации и учета нефти и нефтепродуктов), «Элком+» (автоматизированная система подсчета нефтепродукта). Анализ приведен в таблице 14.

ЭлеСи — это ведущий разработчик интеллектуальных высокотехнологичных систем контроля и управления для предприятий нефтегазовой отрасли. Компания, которая производит, внедряет и сопровождает надежные системы автоматизации и телемеханики.

Компания «Элком+» специализируется на внедрении комплексных

проектов в области систем технологической связи и автоматизации.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
2. Надежность	0.1	4	4	4	0.4	0.4	0.4
3. Безопасность	0.05	5	4	5	0.25	0.2	0.25
4. Быстродействие	0.05	4	5	5	0.2	0.25	0.25
5. Точность измерений	0.07	4	4	4	0.28	0.28	0.28
6. Срок использования системы	0.08	5	4	3	0.4	0.32	0.24
7. Простота управления	0.1	5	3	4	0.5	0.3	0.4
8. Работоспособность	0.05	5	4	5	0.25	0.2	0.25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0.05	3	4	4	0.15	0.2	0.2
2. Уровень проникновения на рынок	0.05	4	5	5	0.2	0.25	0.25
3. Цена элементов установки	0.1	5	5	4	0.5	0.5	0.4
4. Послепродажное обслуживание	0.1	5	4	5	0.5	0.4	0.5
5. Доступность	0.1	5	4	4	0.4	0.4	0.4
Итого	1	59	55	57	4.53	3.7	4.32

При анализе конкурентов выявлено, что коэффициент конкурентоспособности проекта составляет 4.53, что выше, нежели чем у других

разработчиков. Исходя из этого следует, что разработка автоматизированной системы является конкурентно способной в условиях существующего рынка.

Также можно сделать вывод о том, что автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси» имеет наиболее долгий срок службы и наиболее проста в управлении, но имеет низкую оценку в точности и надежности.

### **3.3 SWOT-анализ**

Для исследования внутренних и внешних факторов, оценке рисков и конкурентоспособности был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT анализ. Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 15.

Таким образом, благодаря своим сильным сторонам проект может реализовать все свои возможности. Низкая стоимость и энергоэффективность технологии позволяют использовать практически все возможности для развития разработки. С появлением первых клиентов такие слабые стороны, как отсутствие опыта внедрения на предприятия и отсутствие производственных испытаний будут устранены.

Таблица 15 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>S1. Высокая отказоустойчивость деталей системы</p> <p>S2. Использование типового оборудования.</p> <p>S3. Простота конструкции.</p> <p>S4. Низкая стоимость датчиков.</p> <p>S5. Простота эксплуатации.</p>	<p>Сл1. Высокая стоимость программного обеспечения для разработки системы.</p> <p>Сл2. Узкая область применения.</p> <p>Сл3. Отсутствие производственных испытаний.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>V1. Выход на иностранный рынок.</p> <p>V2. Повышение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>V3. Появление бюджетных программ для разработки системы.</p> <p>V4. Увеличение количества компаний, где необходима автоматизированная система управления нефтяной скважиной.</p>	<p>За счет использования типового оборудования, а также наличие простоты в эксплуатации позволяет уменьшить затраты на обучение и переквалификацию персонала, что в дальнейшем будет способствовать выходу на иностранные рынки.</p> <p>Появление бюджетных программ для разработки системы обеспечит низкую стоимость проекта, что в результате позволит увеличить спрос на продукт.</p>	<p>Увеличения количества компаний, нуждающихся в проектируемой системе, позволит увеличить количество производственных испытаний.</p> <p>Произведение производственных испытаний дает возможность отладки системы в реальных условиях проекта, что в дальнейшем приведет к увеличению спроса на проект, и выходу на иностранный рынок.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Направленность продукта на определенную группу потребителей.</p> <p>У2. Увеличение стоимости ресурсов.</p> <p>У3. Появление новых более совершенных систем на рынке.</p> <p>У4. Уменьшение спроса на данный проект.</p>	<p>Использование типового оборудования позволит сохранить низкую стоимость продукта при увеличении стоимости ресурсов.</p> <p>Простота конструкции и эксплуатации системы дает возможность перенастройки системы согласно требованиям заказчика, что обеспечивает конкурентоспособность при появлении более совершенных систем.</p>	<p>Использование более бюджетного и популярного программного обеспечения для разработки системы, позволит сохранить низкую цену в случае увеличения стоимости ресурсов, а также даст возможность совместного использования системы с уже имеющимся оборудованием на производстве.</p>

### 3.4 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.4.1 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для реализации проекта необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	2	Обзор научно-технической литературы	Инженер
	3	Изучение существующих систем	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Разработка и проектирование системы	5	Разработка модели объекта	Руководитель, Инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	7	Разработка структурной схемы и схемы информационных потоков	Инженер
	8	Выбор средств реализации	Руководитель, Инженер
Разработка и проектирование системы	9	Реализация математической модели объекта	Инженер
	10	Моделирование	Инженер
	11	Тестирование и отладка	Руководитель, инженер
	12	Разработка экранных форм	Инженер
	13	Оценка полученных результатов	Руководитель
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (14)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

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

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (15)$$

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

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

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения работ является ленточный график в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (16)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (17)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

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

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

Полученные данные сведены в таблицу 17.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, $T_{pi}$		Длительность работы в календарных днях, $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	1	2	2	4	1,4	2,8	0,7	1,4	1	2
Обзор научно-технической литературы	-	12	-	25	-	17,2	-	17,2	-	21
Изучение существующих систем	-	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	8
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
Разработка модели объекта	5	8	7	12	5,8	9,6	2,9	4,8	4	6
Разработка схем и чертежей	-	20	-	22	-	24,8	-	24,8	-	30
Выбор средств реализации	3	6	5	8	3,8	6,8	1,9	3,4	2	4
Реализация математической модели объекта	-	15	-	20	-	17	-	17	-	21
Моделирование	-	7	-	12	-	9	-	9	-	11
Тестирование и отладка	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2	2
Разработка экранных форм	-	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	8
Оценка полученных результатов	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Составление пояснительной записки	-	9	-	12	-	10,2	-	10,2	-	12
Итого							10	102,3	13	123

### **3.4.3 Разработка графика проведения научного исследования**

На основе полученной таблицы строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 6.

Таблица 18 – Календарный план-график выполнения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				Янв.			февр.			март			апр.			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руков., инж.	1, 2	■																	
2	Обзор научно-технической литературы	Инженер	21		■	■															
3	Изучение существующих систем	Инженер	8				■														
4	Календарное планирование работ по теме	Руков., инж.	1, 1							■											
5	Разработка модели объекта	Руков., инж.	4, 6							■											
6	Разработка схем и чертежей	Инженер	30							■	■	■									
7	Выбор средств реализации	Руков., инж.	2,4										■								
8	Реализация математической модели объекта	Инженер	21										■	■	■						
9	Моделирование	Инженер	11																■		
10	Тестирование и отладка	Руков., инж.	2, 2																■		
11	Разработка экранных форм	Инженер	8																■		
12	Оценка полученных результатов	Руководитель	3																■		
13	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Инженер	8																	■	
14	Составление пояснительной записки	Инженер	4																		■

■ – руководитель

■ – инженер

### 3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (18)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 19 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Сумма, руб.
Персональный компьютер	Шт.	1	40000	40000
Монитор	Шт.	1	5200	5200
Клавиатура	Шт.	1	720	720
Мышь	Шт.	1	640	640
Принтер	Шт.	1	3500	3500
Бумага	Пачка	2	260	520
Канцелярские принадлежности	Шт.	1	700	700
Ethernet кабель	Шт.	1	650	650
Лицензия MatLab	Шт	1	8000	8000
Всего за материалы				51930
Транспортно-заготовительные расходы (3%)				1558
Итого				61488

### 3.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (19)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата ((12 – 20) % от основной).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * T_p, \quad (20)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

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

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

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (21)$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-

технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
-выходные дни	14	14
-праздничные дни		
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{ТС} * (1 + k_{np} + k_{\partial}) + k_p, \quad (22)$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

Так как работа над системой связана с угрозой для жизни и является вредным производством,  $k_{np}$  (премиальный коэффициент) и  $k_{\partial}$  (коэффициент доплат) равны 0,3 и 0,15 соответственно.

Расчет основной платы представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{np}$	$k_{\partial}$	$k_p$	$Z_M$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33664	-	-	1,3	43763,2	1813,3	10	18133
Инженер	12664	-	-	1,3	16463,2	682,14	102,3	69783
Итого:								87916

### 3.6 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}, \quad (23)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,12.

Расчеты дополнительной заработной платы представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$ , руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$ , руб.
Руководитель	18133	0,12	2176
Инженер	69783	0,12	8374
Итого:			10550

#### 3.6.1 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (24)$$

где  $k_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	18133	2176	0,271	5504
Инженер	69783	8374		21180
Итого				26684

### 3.7 Накладные расходы

В накладные расходы должны быть включены те затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, услуг связи, размножение материалов, печать и ксерокопирование материалов и т.д.

Накладные расходы определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (25)$$

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

Получим:

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (87916 + 10550) = 15755 \text{ руб}$$

Таким образом, накладные расходы составили 15755 рублей.

### 3.8 Прочие затраты

В этих расходах нужно посчитать затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Для этого нужно узнать мощность, время использования оборудования и рассчитать затраты.

Стоимость 1 кВт – составляет 5,8 руб. Средняя мощность, потребляемая электрооборудованием во время работы, – 220 Вт. Время использования электрооборудования составляет 612 часов.

Тогда затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{\text{эн}} = 0,22 \cdot 612 \cdot 5,8 = 781 \text{ руб.}$$

Таким образом, прямые расходы составили 781 рублей.

### 3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в

качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	
	Исп. 1	Исп. 2
1. Материальные затраты НТИ	61 488	65 988
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	87 916	87916
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10 550	10550
4. Отчисление во внебюджетные фонды	26 684	26684
5. Накладные расходы	15 755	15755
6. Прямые расходы	781	383
7. Бюджет затрат НТИ	203 204	207 704

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (26)$$

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.

$\Phi_{\text{max}}$  зависит от сложности проекта для которого разрабатывается АСУ.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{194\,776}{199\,276} = 0,98$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{199\,276}{199\,276} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения

объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (27)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Сравнительный анализ приведен в таблице 25.

Таблица 25 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
1. Удобство в эксплуатации	0.2	5	5
2. Надежность	0.15	4	5
3. Безопасность	0.15	4	4
4. Быстродействие	0.2	3	5
5. Точность измерений	0.1	5	5
6. Срок использование системы	0.1	4	5
7. Простота управления	0.05	4	5
8. Работоспособность	0.05	4	4
Итого	1	33	39

$$I_{p-исп1} = 0.2 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 + 0.1 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.05 \cdot 4 + 0.05 \cdot 4 = 4.1$$

$$I_{p-исп2} = 0.2 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.05 \cdot 5 + 0.05 \cdot 4 = 4.8$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} \quad (28)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (29)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель	0.98	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.1	4.8
Интегральный показатель эффективности	4.19	4.8
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0.87	

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является первый вариант исполнения.

## 4 Социальная ответственность

### Введение

В разделе рассматриваются правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производится анализ опасных и вредных производственных факторов, оказывающих влияние на производственную деятельность обслуживающего персонала, а также поднят вопрос влияния объекта исследования на окружающую среду.

Объектом исследования и разработки является автоматизированная система управления высокодебитной скважинной метрологической системой «Аргоси». В состав системы входят: сепаратор, датчики, клапана поворотные регулирующие.

Потенциальными потребителями проектного решения являются компании, занимающиеся добычей нефти и газа. Работа системы реализует начальные расчеты продукции, добытые со скважины.

## **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В подразделе рассмотрены специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Также тезисно приводятся основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

### **4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Согласно «Трудовому кодексу Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени [1]. (в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ)

В компании, где предполагается использование разрабатываемой системы, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 12 часов в день в связи работы вахтовым методом.

Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда [1]. (часть третья введена Федеральным законом от 22.07.2008 N 157-ФЗ)

Работодатель обязан вести учет времени, фактически отработанного каждым работником.

## **4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей**

### **зоны.**

Управление разрабатываемой системой предполагает наличие оператора, который взаимодействует с ней через пульт управления в положении стоя.

Поэтому рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований [2]:

- Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

- Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

- Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

- Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

- При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают мужчины и женщины - общие средние показатели мужчин и женщин.

## **4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения**

### **безопасности**

Деятельность рабочего происходит при работе с установкой, которая находится в закрытом помещении. Так как установка находится в помещении за счет этого могут быть такие вредные факторы, влияющие на рабочего:

недостаточная освещенность и отклонения показателей микроклимата. При работе сепаратора установки и не постоянности давления потока нефтяной эмульсии могут быть вызваны такие факторы как повышенный уровень вибрации и шума.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представлены в таблице 27 [3].

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Вид работы	Нормативные документы
1.Отклонение показателей микроклимата	Эксплуатация оператором системы управления объектом в трехмерном пространстве	1. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. 3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки". 4.СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны		
3.Повышенный уровень шума на рабочем месте		
4.Повышенный уровень вибрации на рабочем месте		

### **Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия**

#### **Отклонение показателей микроклимата**

Основные виды работ, выполняемыми оператором, по степени физической тяжести, можно отнести к категории легких работ. В таблице 28 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на

рабочих местах производственных помещений для оператора [4].

Таблица 28 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, С <sup>0</sup>	Температура поверхностей, С <sup>0</sup>	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	(21 – 23)	(20 – 24)	(40 – 60)	0,1
Теплый	(23 – 25)	(22 – 26)	(40 – 60)	0,1

Профилактика перегрева организма работника в нагревающем микроклимате включает следующие мероприятия:

- нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к восьмичасовой рабочей смене;
- регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды для поддержания среднесуточного теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне;
- использование специальных средств коллективной и индивидуальной защиты, уменьшающих поступление тепла извне к поверхности тела человека и обеспечивающих допустимый тепловой режим.
- Защита от охлаждения осуществляется посредством:
  - одежды, изготовленной в соответствии с требованиями государственных стандартов.
  - использования локальных источников тепла, обеспечивающие сохранение должного уровня общего и локального теплообмена организма.
  - регламентации продолжительности непрерывного пребывания на холоде и продолжительности пребывания в помещении с комфортными условиями.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику

человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов [5].

Требования к освещению [6]:

- Требования к освещению предусматривают применение в качестве источников света люминесцентных ламп типа ЛБ. При местном освещении разрешается использовать лампы накаливания.

- Требования к освещению запрещают использование светильников без рассеивателей и экранирующих решеток.

- В зоне углов излучения от 50 до 90 градусов (с вертикалью в поперечной и продольной плоскости), яркость светильников общего освещения не должна превышать 200 кд/кв.м., защитный угол светильников - не менее 40 градусов.

- Для светильников местного освещения необходим непросвечивающий отражатель с защитным углом 40 градусов или больше.

- Осветительные установки общего освещения должны обладать Кз (коэффициентом запаса) равным 1,5.

- Применение газоразрядных ламп в светильниках с ВЧ ПРА позволяет не превышать значение минимально допустимого коэффициента пульсации (5%), для любых типов светильников.

- Требования к освещению обязывают совершать проведение чистки стекол оконных рам и светильников как минимум два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп светильников для обеспечения указанных выше нормированных значений освещенности помещений.

К средствам нормализации освещения относятся [7]:

- источники света;
- осветительные (световые) приборы;
- световые приборы;
- светозащитные устройства;

- светофильтры.

К средствам индивидуальной защиты глаз – защитные очки и к СИЗ лица и глаз – щитки.

### **Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Шум – это совокупность различных шумов, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм. Шум может привести к нарушениям слуха (в случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел(dB)), а также может быть фактором стресса и повысить систолическое кровяное давление. Дополнительно, он может способствовать несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Шум может взаимодействовать с другими факторами угрозы на производстве, увеличивая риск для работников.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, в производственных помещениях при выполнении основных и вспомогательных работ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. Так, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 при напряженности труда легкой степени предельно допустимые уровни звука составляют 80 дБА [8].

Снизить уровень шума можно при помощи звукопоглощающих материалов, предназначенных для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создается за счет использования занавесок из плотной ткани.

### **Повышенный уровень вибрации на рабочем месте**

Вибрации – это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная

скорость, колебательное ускорение. Которые порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин.

Вибрации может взаимодействовать с другими факторами угрозы на производстве, увеличивая риск для работников.

Защита от вибрации начинается прежде всего с ее ликвидации. Устранение вибрации достигается в первую очередь совершенствованием кинематических схем и улучшением работы оборудования (машин, станков, электродвигателей, вентиляторов и т. п.).

Для отдельных частей конструкций применяют упругую подвеску, амортизацию, изолируют опоры. Виброизоляция часто заключается в установке колеблющегося оборудования на виброизолирующее устройство. В результате колебательная энергия от вибрирующей машины в меньшей степени передается строительным конструкциям и меньше излучается в виде шума.

### **4.3 Экологическая безопасность**

Объект исследования не оказывает воздействия на атмосферу и гидросферу. Присутствует воздействие на литосферу в виде отходов, возникающих при замене устаревшего или неисправного оборудования (контролеры, сепаратор, клапана, датчики). Если используемое оборудование по каким-либо причинам выйдет из строя, и не подлежит ремонту, то его необходимо будет утилизировать. Пластмассовые, железные детали, можно пустить на переработку. Для сохранения окружающей среды необходимо обратиться в утилизирующие компании.

При переработке утилизирующая компания производит разбор техники. Определяет содержащиеся в ней компоненты и материалы, которые подлежат переработке в сырье для изготовления новой техники.

Большую часть отходов при создании системы составляют металлические конструкции (сепараторы, клапана). При этом масса металлолома может достигать десятков тонн. Кроме того, учитывая, что данное оборудование

используется на нефтяных сооружениях, то отходы являются химически- и пожароопасными. Металлические отходы переплавляются и могут успешно использоваться дальше для изготовления различной продукции.

Утилизация металлических отходов состоит из нескольких технологических операций, включающих в себя:

- демонтаж конструкций и сбор металлических отходов;
- транспортировку отходов на перерабатывающее предприятие;
- проверка металлических отходов (в т.ч. дозиметрическая);
- отделение отходов чёрных металлов от отходов цветных металлов;
- отделение различных примесей неметаллического характера;
- заключительный контроль отходов;
- переработка.

После чего отходы превращаются в готовую сырьевую продукцию или товарный лом металлов, готовый к использованию для выплавки металлов. Всеми этими операциями может заниматься только специализированное предприятие, при наличии квалифицированного персонала и специального оборудования [12].

## **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.4.1 Анализ вероятных ЧС**

Чрезвычайная ситуация – это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

Наиболее типичной ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения является пожар. Он может возникнуть вследствие причин

электрического и неэлектрического характеров. К причинам электрического характера можно отнести короткое замыкание, искрение, статическое электричество. К причинам неэлектрического характера относится неосторожное обращение с огнём, курение, оставление без присмотра нагревательных приборов.

#### **4.4.2 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС**

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара [13].

Наиболее типичной ЧС для нашего объекта является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности.

По пожарной и взрывопожарной опасности, согласно Федеральному закону «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», помещения производственного и складского назначения, независимо от их функционального назначения, подразделяют на следующие категории:

- повышенная взрывопожароопасность (А);
- взрывопожароопасность (Б);
- пожароопасность (В 1—В4);
- умеренная пожароопасность (Г);
- пониженная пожароопасность (Д).

В операторной присутствуют лишь горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), категория производственного помещения – Г (умеренная пожароопасность).

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара, средствами связи, должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи, а также помнить номера телефонов для сообщения о пожаре и уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

#### **4.4.3 Разработка действий в случае возникновения ЧС**

Каждый работник, обнаруживший пожар или его признаки (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

1. немедленно сообщить об этом по телефону в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность, фамилию и номер своего телефона);

2. задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации детей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;

3. известить о пожаре руководителя образовательного учреждения или заменяющего его работника;

4. организовать встречу пожарных подразделений, принять меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения.

## **Заключение по социальной ответственности**

Таким образом, в разделе социальная ответственность были рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и особенности трудового законодательства применительно к условиям проекта.

Также проанализированы основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе исследований в лаборатории, при разработке и эксплуатации проекта, а именно: отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации на рабочем месте. Были описаны мероприятия по снижению уровней воздействия данных факторов.

Рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. В процессе выполнения работы было выявлено, то что объект исследования не оказывает влияния на гидросферу и атмосферу, но может оказывать влияние на литосферу. Во избежание загрязнения среды были предложены мероприятия по утилизации отходов, а также способы их утилизации.

Произведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций, возникновение которых возможно при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Были разработаны превентивные меры по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций, а также разработан порядок действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Требования, мероприятия, указанные в работе, могут применяться при внедрении проектного решения на производстве, порядок действий при чрезвычайных ситуациях также может быть задействован на производстве.

## Заключение

Результатом выполнения работы стала система автоматизированного управления нефтегазовым сепаратором. При выполнении выпускной квалификационной работы были разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации (для определения состава необходимого оборудования, количества каналов передачи данных и сигналов), схемы информационных потоков и соединений внешних проводок.

Для обеспечения автоматизированной системы были выбраны КИП и исполнительные устройства: Метран-55 ДИ, WIKA TR10-F, Micro motion elite, Клапан регулирующий поворотные Барнаульского котельного завода. Промышленный контроллер ОВЕН ПЛК 160, SCADA-система – MasterSCADA 3.6.

Построена математическая модель в пакете Simulink, при помощи которой проанализированы процессы, происходящие во всей системе.

В заключительной части данного проекта были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы системы.

Таким образом, спроектированная САУ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям.

## Список литературы

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Замятина, О.М. Моделирование систем: Учебное пособие [Текст]  
/ О.М. Замятина. – Томск: Издательство ТПУ, 2009. – 204 с
3. Кравцов, А.В. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие [Текст]  
/ А.В. Кравцов, Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 128 с
4. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие.
5. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
6. Нефтегазовая микроэнциклопедия. Краткий электронный справочник по основным нефтегазовым терминам с системой перекрёстных ссылок [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.club-gas.ru/\\_ld/6/621-.pdf](http://www.club-gas.ru/_ld/6/621-.pdf)
7. ПЛК S7-300 [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05\\_S7\\_300\\_2015\\_rupart-1.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05_S7_300_2015_rupart-1.pdf)
8. Расходная характеристика [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://ldmvalves.ru/Proektirovschikam/Reguliruyuschaya\\_armatura\\_LDM/2.3\\_Ras\\_hodnaya\\_harakteristika.html](http://ldmvalves.ru/Proektirovschikam/Reguliruyuschaya_armatura_LDM/2.3_Ras_hodnaya_harakteristika.html)
9. Расходомеры электромагнитные Метран-370 [Электронный

ресурс] Режим доступа: [http://mtnii.nt-rt.ru/images/manuals/Metran\\_370.pdf](http://mtnii.nt-rt.ru/images/manuals/Metran_370.pdf)

10. Расходомеры электромагнитные Rosemount 8700 [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-8700/Rosemount\\_8700\\_rashodomery\\_elektromagnitnye.pdf](http://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-8700/Rosemount_8700_rashodomery_elektromagnitnye.pdf)

11. Регулирующий односедельный клапан [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://saz-avangard.ru/upload/files\\_katalog/katalog\\_saz\\_2018.pdf](http://saz-avangard.ru/upload/files_katalog/katalog_saz_2018.pdf)

12. Ушева, Н.В. Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти [Текст] / Н.В. Ушева, О.Е. Мойзес, С.Ф. Ким, С.Н. Гизатуллина С.Н. // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.-2014.-Т.57. Вып.11.- С.101-103.

13. Черных И.В. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>

14. Щодро, А. И. Автоматизация технологического процесса сепарации нефтесодержащей смеси [Текст] / А.И. Щодро // Актуальные проблемы науки и образования в современном мире: тр. III Международной научно- практической конференции. – Стерлитамак: СФ БашГУ, 2017. - С. 407 – 410.

15. Щодро, А. И. Математическое моделирование процесса сепарации обводнённой нефтесодержащей смеси [Текст] / В.А. Зеленский, А.А. Сушин, А.И. Щодро // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017): тр. III Международной конференции и молодёжной школы. – Самара: Изд-во Предприятие «Новая техника», 2017 – С. 1347 – 1351.

16. Modeling and Control of Three-Phase Gravitly Separators in Oil Production Facilities [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/4265563\\_Modeling\\_and\\_Control\\_of\\_](https://www.researchgate.net/publication/4265563_Modeling_and_Control_of_)

## Three-Phase Gravity Separators in Oil Production Facilities