

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
Автоматизация вертикального нефтяного сепаратора

УДК 004.896:622.276.53.054.5-5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	<u>Ди Вэньлун</u>		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	–		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н. ДОЦЕНТ		

Томск – 2022 г.

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

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств

ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с

	использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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 – весенний семестр 2021 / 2022 учебного года

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

#### выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.06.2022	Автоматизированная система управления вертикальным нефтегазовым сепаратором	50
10.06.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	25
10.06.2022	Социальная ответственность	25

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	—		

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич			

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  
**Воронин А.В.**  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Ди Вэньлун

Тема работы:

Автоматизация вертикального нефтяного сепаратора
--

Утверждена приказом директора (номер, дата)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является автоматизированная система управления вертикальным нефтяным сепаратором. Рабочее давление: 1 МПа, годовая мощность по нефти: 2 млн.т./год, обводненность сырой нефти: 40%, содержание воды в товарной нефти: 0,2%
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Описание технологического процесса; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка структурной схемы автоматизированной системы;

	Выбор технических средств автоматизации; Расчет вертикального нефтяного сепаратора; Построение 3D-модели вертикального сепаратора.
<b>Перечень графического материала</b>	Функциональная схема автоматизации; Структурная схема автоматизации; 3D-модель вертикального нефтяного сепаратора.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Семенов Н.М.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Ди Вэньлун		

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Ди Вэньлун

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04. Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов определялась по средней рыночной стоимости, и в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% районный коэффициент, коэффициент дополнительной заработной платы 12%; накладные расходы 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30% отчисления во внебюджетные фонды

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Представить оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой эффективности НИ</li> </ol>	
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Ди Вэньлун		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 158Т82		ФИО (полностью) Ди Вэньлун	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.04. технологических производств Автоматизация процессов и и

Тема ВКР:

Автоматизация вертикального нефтяного сепаратора

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

**Введение**

*Объект исследования:* автоматизированное рабочее место оператора, необходимое для управления вертикальным нефтяным сепаратором и контроля технологических параметров во время работы  
*Область применения:* нефтехимическая, нефтеперерабатывающая сферы, участковые сборные пункты нефтяных месторождений  
*Рабочая зона:* помещение диспетчерской  
*Размеры помещения:* 3x4 м.  
*Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* помещение диспетчерской, оборудованное персональным компьютером  
*Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* мониторинг технологических параметров сепаратора, изменение уставок отдельных параметров согласно технологическому регламенту

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

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации**

1. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).уровни напряжений прикосновения и токов”
2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
4. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
6. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
7. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
8. МР 2.2.9.2311 – 07. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.
9. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

	<p>10. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности</p> <p>11. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.</p> <p>12. ГОСТ 12.4.021-75. Система стандартов безопасности труда.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке при эксплуатации</b></p>	<p><b>Вредные производственные факторы:</b> отклонение показателей микроклимата от нормы, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шумов и вибрации, перенапряжение глаз</p> <p><b>Опасные факторы:</b> поражение электрическим током, короткое замыкание, статическое электричество</p> <p><b>Требуемые средства индивидуальной и коллективной защиты от выявленных факторов:</b> основная изоляция, защитное отключение, безопасное расположение токоведущих частей, применение установки местного освещения (лампы, светильники), вентиляция, отопление, перерывы в работе, физические упражнения, рациональное размещение технологического оборудования и рабочих мест, применение наушников, аварийная сигнализация при критических показателях оборудования, применение огнетушителей</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при разработке при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> отсутствует</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> в виде отходов, возникших при поломке персонального компьютера, люминесцентных ламп и других электроприборов. Также стоит учесть отходы макулатуры</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> продукты жизнедеятельности персонала</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> отсутствует</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> чрезвычайные ситуации техногенного характера, природные катастрофы, геологические воздействия</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар в результате короткого замыкания</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО (полностью)	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО (полностью)	Подпись	Дата
158Т82	Ди Вэньлун		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 77 с., 14 рис., 26 табл., 33 источника, 2 прил.

Ключевые слова: вертикальный нефтегазовый сепаратор, нефть, газ, вода, SCADA-система, АСУ ТП.

Объектом исследования является вертикальный нефтегазовый сепаратор.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления вертикальным нефтегазовым сепаратором, расчет сепаратора.

В процессе исследования проводились постановка задачи, обзор научно-технической литературы, разработка и утверждение ТЗ, календарное планирование, теоретическая и экспериментальная части.

В результате исследования рассмотрен технологический процесс, построена функциональная и структурные схемы автоматизации, выбраны технические средства автоматизации, произведен расчет вертикального нефтегазового сепаратора, построена 3D-модель сепаратора.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: цилиндрический вертикальный нефтегазовый сепаратор с рабочим давлением 1 МПа, годовая мощность по нефти: 2 млн.т./год, обводненность сырой нефти: 40%, содержание воды в товарной нефти: 0,2%.

Степень внедрения: внедрение позволит улучшить качество производства и повысить производительность по газу.

Область применения: нефтехимическая, нефтеперерабатывающая сферы, участковые сборные пункты нефтяных месторождений.

Экономическая эффективность/значимость работы ежегодный экономический эффект: 10 млн.руб/год, срок окупаемости: 3 мес.

В будущем планируется внедрение АСУ на предприятие.

## Содержание

Введение .....	16
1 Основные процессы промышленной подготовки масла .....	17
2 Конструкция и принцип действия вертикального масляного сепаратора .....	19
3 Параметры, контролируемые в сепараторе .....	23
3.1 Разработка и описание функциональной схемы автоматизации .....	23
4 Приборы для измерения параметров .....	26
4.1 Выбор технических средств автоматизации полевого уровня .....	26
4.1.1 Выбор датчиков давления .....	26
4.1.2 Выбор датчиков уровня .....	27
4.1.3 Выбор расходомеров .....	29
4.1.4 Выбор исполнительных механизмов .....	31
4.1.5 Выбор частотных преобразователей .....	33
4.2 Выбор технических средств автоматизации среднего уровня .....	34
4.3 Выбор сетевого стандарта и реализация верхнего уровня управления .....	36
5 Разработка и описание структурной схемы автоматизации .....	39
6 Построение математической модели .....	39
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	42
7.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	42
7.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	46
7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	46
7.2.2 Разработка графика проведения научного исследования .....	47
7.3 Бюджет научно-технического исследования .....	50
7.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	53
8 Социальная ответственность .....	54
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	54
8.2 Производственная безопасность .....	57
8.2.1 Опасность поражения электрическим током .....	59

8.2.2 Освещенность рабочей зоны .....	60
8.2.3 Климат рабочей зоны .....	61
8.2.4 Вибрация .....	62
8.2.5 Перенапряжение зрительных анализаторов .....	63
8.2.6 Шум .....	64
8.3 Экологическая безопасность .....	65
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	67
8.4.1 Анализ пожарной безопасности .....	67
8.5 Выводы по разделу .....	70
Заключение .....	72
Список использованных источников .....	73
Приложение А .....	76
Приложение Б .....	77

## Определения, обозначения и сокращения

**Обессоливание** - процесс удаления из продукции нефтяных скважин минеральных (в основном хлористых) солей;

**Обезвоживание** - технологический процесс, проводимый в целях освобождения нефти от излишнего балласта (воды и растворенных в ней веществ) перед транспортировкой и переработкой;

**Дегазация** - удаление из добываемой нефти растворённых в ней низкомолекулярных углеводородов - метана, этана и частично пропана, а также сероводорода, азота и углекислого газа;

**Стабилизация** - это технологический процесс удаления (отгонки) из нефти остаточного количества углеводородных газов и легких жидких фракций после первичной дегазации в целях снижения потерь ценных углеводородов при транспортировке, хранении и для обеспечения постоянного давления паров нефти при ее подаче на перегонные аппараты;

**Отстаивание** - это наиболее простой метод очистки нефти от загрязнений при условии достаточного различия в значениях плотности загрязнений, воды и нефти;

**Фильтрация** - это процесс разделения неоднородных дисперсных систем путем пропускания их через пористую перегородку, задерживающую одну фазу и пропускающую другую;

**RS-485** - стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса передачи данных;

**Modbus** - открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий — ведомый;

**HART** - набор коммуникационных стандартов для промышленных сетей;

**SCADA** - программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления;

**SWOT** - метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории;

**ВКР** - выпускная квалификационная работа;

**ПАВ** - поверхностно-активные вещества;

**ФСА** - функциональная схема автоматизации;

**АРМ** - автоматизированное рабочее место;

**ПЧВ** - преобразователь частоты векторный;

**ПЛК** - программируемый логический контроллер;

**БП** - блок питания;

**АСУ ТП** - автоматизированная система управления технологическим процессом;

**НИР** - научно-исследовательская работа;

**ПЭВМ** - персональная электронно-вычислительная машина;

**САУ** - система автоматического управления.

## Введение

Определенно точно можно сказать, что автоматизация технологических процессов - ключевое звено в общей системе работы и функционирования аппаратов в нефтегазовой отрасли, ибо замена в этой сфере человеческого труда машинным приводит к повышению эффективности и качества конечного продукта, сокращению всевозможных затрат, а также, что важно, более грамотному использованию ресурсов производственной системы предприятия и обеспечению максимального уровня оперативности и гибкости, вместе с существенным уменьшением численности технического персонала. Используемые в настоящее время газонефтяные сепараторы обладают недостаточно высокой производительностью по Земляному газу, а газовыделение в них недостаточно эффективно.

Подводя итог, можно сказать, что проектирование автоматизированных систем управления является эффективным и популярным методом повышения качества продукции, при этом технологический расчет сепаратора позволит повысить производительность по Земляному газу при сохранении массогабаритных параметров сепаратора.

Целью данной выпускной квалификационной работы является повышение качества процессов и обеспечение экономической выгоды за счет разработки автоматизированной системы управления вертикальным газонефтяной сепаратором.

## 1 Основные процессы промышленной подготовки масла

С технико-экономической точки зрения рекомендуется специальная обработка сырья перед подачей в магистральный газопровод.

В ходе таких операций осуществляется:

- обессоливание;
- обезвоживание;
- дегазация;
- стабилизация.

Это непосредственно основные процессы добычи нефти на нефтепромыслах. Во-первых, продукция скважины проходит через процесс разделения. Это фактически разделение земных газов и «черного золота». Этот метод также известен как дегазация. Этот процесс осуществляется с помощью специального сепаратора. Это устройство может быть вертикальным или горизонтальным. Обезвоживание и опреснение — взаимосвязанные процессы.

Это связано с одним фактором. Основной блок солей сосредоточен в пластовой воде. Его удаление также способствует опреснению. Для выполнения этих двух процессов могут использоваться различные методы. Столь разнообразный подход в основном обусловлен изобилием качества, которое гарантирует стабильность эмульсии.

• Поэтому одно сырье легко осаждается, а другой источник энергии вообще такой способностью не обладает. Но в то же время последние поддаются химическому расщеплению. Некоторые испытывают гидратацию электрода. Для деэмульгации и обессоливания широко применяют различные виды методов: механического;

- физико-химического и химического;
- электрического.

Первый включает в себя прямой гравитационный и термический шлам исходного сырья. В данном случае эти методы являются методами разрушения эмульсии естественным путем. Кроме того, обычно применяют комплекс мер,

облегчающих механическое разрушение защитной оболочки капель воды. Второй метод включает термохимические методы и использование деэмульгаторов. Широкое распространение этого метода обусловлено в основном его простотой. Поверхностно-активные вещества являются лучшим решением. В третью входят электросарификация и электрогидратация. Этот метод основан на доставке сырья через специальные устройства. Следует обратить внимание и на другие способы, в том числе на основной процесс подготовки нефтепромысловой нефти. Таким образом, стабилизация сырья позволяет выделить из него легкие фракции (пропан-бутан и часть бензина). В процессе хранения и транспортировки энергоресурсов большая часть теряется. Это происходит из-за испарения. Именно легкие концы запускают процесс фортфикации. Поэтому выполняются процедуры стабилизации для уменьшения потерь углеводородов при дальнейшей транспортировке.

Также пластовая вода подготавливается к использованию.

Для этих целей применяются процессы:

- отстаивания;
- фильтрования;
- флотации.

Первый вариант – гравитационная сепарация, основанная на наличии механических примесей, капель «черного золота» и воды. Для этого используйте горизонтальное или вертикальное приспособление – маслосборник. Что касается второго варианта, то в этом случае пластовая вода пропускается через слой гидрофобного фильтра. Это могут быть полиэтиленовые гранулы. При флотации пузырьки воздуха проходят через слой загрязненной жидкости снизу вверх. Они осаждаются непосредственно на поверхность твердых частиц или капель сырья. Этот процесс помогает им подниматься выше уровня жидкости.

## **2 Конструкция и принцип действия вертикального масляного сепаратора**

Процесс отделения нефти от земных газов в сепараторе называется сепарацией (дегазацией). Сепарация проходит в несколько стадий, от количества стадий зависит объем дегазированной нефти, получаемой из пластового флюида.

По форме газонефтяные сепараторы делятся на:

- цилиндрические;
- сферические.

По принципу работы вертикальные сепараторы можно разделить на несколько типов:

- гравитационные, в основе работы таких сепараторов лежит разница плотности разделяемых сред, при снижении скорости потока эта разница позволяет более тяжелой среде осесть в кубовую часть сепаратора.

- центробежные, отделение Земляного газа от жидкой среды в таких сепараторах происходит за счет специальных внутренних устройств, которые закручивают поток, и отделение фаз происходит под действием центробежной силы.

По показателям рабочего давления вертикальные сепараторы делятся на:

- до 0,6 МПа;
- до 2,5 МПа;
- свыше 2,5 МПа.

В работе используется цилиндрический вертикальный газонефтяный сепаратор с рабочим давлением 1 МПа.

Вертикальные сепараторы имеют меньшую пропускную способность по горным газам и жидкостям, но их легче очищать от механических примесей в оборудовании [8].

Они помогают регулировать уровень жидкости и удалять парафиновые отложения. Вертикальные сепараторы занимают меньше места и обеспечивают

более высокую точность измерения расхода жидкости в широком диапазоне нагрузки. Работа газонефтяного сепаратора обеспечивает:

- отделение попутного масляного земляного газа из добытой масла (дегазация масла);
- глубокую и тонкую очистку попутного масляного земляного газа от капельной и мелкодисперсной жидкости, газоконденсата, механических примесей и различных взвешенных частиц и жидких фракций;
- очистку земляного газа перед подачей на факельную установку или газоперерабатывающий завод;
- подготовку попутного масляного земляного газа перед дальнейшим его использованием для транспорта или в качестве топлива.

На рисунке 1 приведена схема вертикального сепаратора.

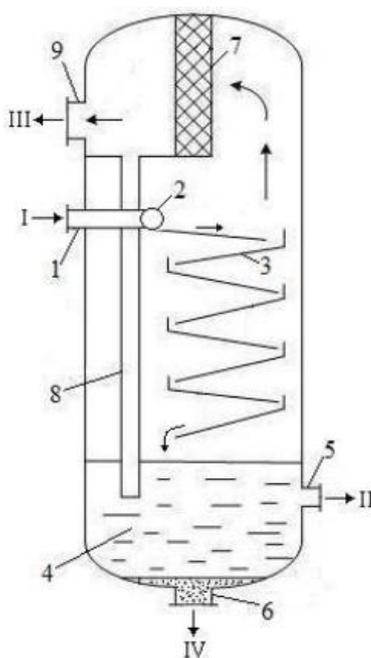


Рисунок 1 – схема вертикального сепаратора

(I – газонефтяная смесь; II – дегазированная масло; III – земляной газ; IV – механические примеси; 1 – штуцер ввода сырья; 2 – распределительный коллектор; 3 – наклонные полки; 4 – секция сбора масла; 5 – штуцер вывода масла; 6 – штуцер вывода мехпримесей; 7 – жалоюзийный каплеуловитель; 8 – дренажная труба; 9 – штуцер вывода земляного газа)

Сепаратор представляет собой вертикальное цилиндрическое устройство диаметром 1,6 м.

Сначала смесь (рис. 1) проходит под давлением через аппарат 1 в аппарат 2, из которого смесь поступает в аппарат 3, увеличивая путь движения потока масла и тем самым увеличивая время сепарации, что позволяет создать большую площадь для выхода пузырьков газа, установив III наклонную плоскость.

Смесь с удаленным газом поступает в секцию 4 с целью удаления механических примесей.

нефти удаляется из смеси с помощью аппарата 5, а механические примеси, такие как песок, грязь и т.д., удаляются с помощью аппарата 6.

Основной поток газа вместе с увлеченными каплями жидкости поднимается и поступает в аппарат 7, где происходит слипание капель.

Затем захваченная жидкость проходит по аппарату 8 в секцию 4. Газ выводится из аппарата через аппарат 9.

На рисунке 2 показана схема смеси, поступающей в сепаратор. Смесь проходит через аппарат 1 в аппарат 2. Через этот зазор смесь попадает на наклонную полку по всей ее ширине.

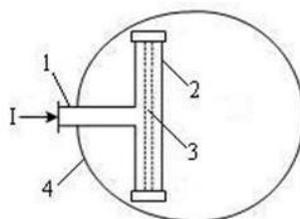


Рисунок 2 – схема узла ввода сырья в сепаратор  
(I – газонефтяная смесь; 1 – штуцер ввода сырья;  
2 – раздаточный коллектор; 3 – щель для выхода  
газонефтяной смеси; 4 – корпус сепаратора)

Вертикальный масляный сепаратор состоит из:

1. корпуса;
2. штуцеров для ввода и вывода продуктов;
3. штуцеров для присоединения предохранительного клапана и контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА).

Для ремонтных работ в корпусе верхней части был установлен люк. Катер установлен на железобетонном фундаменте с лестницей и площадкой с перилами для обслуживающего персонала. Внутри сепаратора горизонтальные перегородки установлены с наклоном вниз  $5^\circ$ , а конические перегородки состоят из нескольких конусов друг над другом. Вертикальный сепаратор состоит из четырех частей:

1. **Основная сепарационная секция**, Степень декомпрессии, температура внутри сепаратора, физико-химические свойства нефти, особенно вязкость, и конструкция скважинной продукции, поступающей в сепаратор (радиальная, тангенциальная), определяют работу сепарационной секции.

2. **Осадительная секция**, Газ в сепараторе захватывается и высвобождается маслом из сепарационной части. Для повышения эффективности сепарации он направляется в тонкий слой вдоль наклонной плоскости для увеличения длины пути движения, чтобы достичь целью повышения эффективности.

3. **Секция сбора масла**, Третья ступень расположена в нижней части всего агрегата и предназначена для удаления и сбора масла в агрегате.

4. **Каплеуловительная секция**, Четвертая ступень расположена в верхней части всего блока, и ее назначение — сбор мелких капель, уносимых потоком воздуха.

Использование вертикального устройства может значительно повысить точность измерений. Однако есть у устройства и некоторые недостатки:

- 1) При одинаковом диаметре устройства пропускная способность ниже;
- 2) Плохая стабильность процесса сепарации при попадании пульсирующего потока;
- 3) Эффективность разделения невысока.

Горизонтальный сепаратор имеет значительное преимущество в производительности по сравнению с вертикальным сепаратором: если сравнить производительность двух сепараторов одинакового размера,

производительность горизонтального сепаратора примерно в 2,5 раза больше, чем у вертикального сепаратора. Это связано с тем, что методы разделения капель в этих двух устройствах различаются: первый падает навстречу воздушному потоку, а второй падает перпендикулярно воздушному потоку под действием силы тяжести.

### **3 Параметры, контролируемые в сепараторе**

#### **3.1 Разработка и описание функциональной схемы автоматизации**

Разработка автоматизированной системы управления вертикальным масляным сепаратором позволяет обеспечить поддержание, контроль, регулирование или стабилизацию следующих технологических параметров [6] [7]:

1. Контроль и регулирование уровня в секции сбора масла;
2. Контроль и регулирование уровня механических примесей;
3. Контроль и регулирование расхода выходящего земляного газа из сепаратора;
4. Контроль давления выходящего земляного газа из сепаратора;
5. Контроль и регулирование расхода масла из сепаратора;
6. Контроль давления масла, выходящей из сепаратора.

Регулирование достигается с помощью установки запорно-регулирующих клапанов на технологических линиях, управление их приводами происходит с помощью частотных преобразователей.

Схема функциональной автоматизации (ФСА) определяет функциональную структуру, объем автоматизации технических установок и отдельных узлов промышленного объекта [1] [2] [4].

ФСА схематически описывает: техническое оснащение, связь, управление и автоматику, а также показывает взаимосвязь между техническими средствами и автоматикой.

Средства автоматизации и техническое оборудование FSA изображены упрощенно, без соблюдения масштаба.

Разработку функциональных схем автоматики проводят в соответствии с ГОСТ 21.404-85 «Общие обозначения оборудования и средств автоматизации на схемах».

С учетом всего написанного выше была разработана функциональная карта. Схема представлена в Приложении А и включает в себя циклы контроля параметров, а также настройки.

Таблица 1 – параметры процесса работы газонефтяного сепаратора

<b>Показатель</b>	<b>Диапазон изменения величины</b>
Производительность сепаратора по земляному газу	0-46700 м <sup>3</sup> /ч
Производительность сепаратора по маслу	0-225 м <sup>3</sup> /ч
Уровень масла в сепараторе	0,25-1,3 м
Уровень механических примесей в сепараторе	0-0,5 м

### **Контур регулирования расхода выходящего из сепаратора земляного газа**

Контур включает в себя первичный преобразователь (FE2a), вторичный преобразователь в аналоговый сигнал (FT2б), основой контура является непрерывный ПИД регулятор (FC2в). В качестве исполнительного механизма по расходу используется привод запорно-регулирующего клапана 1д, который регулируется частотным преобразователем. Происходит индикация, регистрация расхода земляного газа на выходе из сепаратора на автоматизированном рабочем месте (АРМе).

### **Контур регулирования уровня масла в сепараторе**

Контур включает в себя первичный преобразователь (LE3a), вторичный преобразователь в аналоговый сигнал (LE3б), основой контура является непрерывный ПИД регулятор (LC3в). В качестве исполнительного механизма по уровню используются приводы запорно-регулирующих клапанов 5д и 6д,

которые регулируются частотными преобразователями. Происходит индикация, регистрация уровня масла в сепараторе на АРМе.

### **Контур регулирования уровня механических примесей в сепараторе**

Контур включает в себя первичный преобразователь (LE4а), вторичный преобразователь в аналоговый сигнал (LE4б), основой контура является непрерывный ПИД регулятор (LE4в). В качестве исполнительного механизма по уровню используется привод запорно-регулирующего клапана 4д, который регулируется частотным преобразователем. Происходит индикация, регистрация расхода земляного газа на выходе из сепаратора на АРМе.

### **Контуров контроля параметров**

В работе также используются датчики исключительно для контроля параметров технологического режима, без управления и регулирования. Первичные преобразователи – вторичные: давление выходящего земляного газа (PE1а-PT1б), давление масла на выходе из сепаратора (PE5а-PT5б), расход масла из сепаратора (FE6а-FT6б). Происходит индикация и регистрация параметров на АРМе.

## **4 Приборы для измерения параметров**

### **4.1 Выбор технических средств автоматизации полевого уровня**

Основные требования при выборе датчиков и измерительных преобразователей:

1. измеряемый диапазон должен охватываться возможностью датчика;
2. погрешность по требованию регламента (технологии);
3. выходной сигнал: аналоговый (4-20 мА, 0-10 В), дискретный (сухой контакт или др.) или сетевой (HART, по RS-485);
4. исполнение (взрывобезопасность/искробезопасность).

#### **4.1.1 Выбор датчиков давления**

В работе необходимо проводить измерение давления и перепада в 2 местах технологического процесса. РЕ1а – давление выходящего земляного газа из газонефтяного сепаратора (0-1 МПа), РЕ5а – давление масла из сепаратора (0-1 МПа).

При выборе датчиков давления учитывались требования, такие как: охват требуемого диапазона измерения, возможность измерения избыточного давления, исполнение с уровнем взрывозащиты “взрывобезопасный”.

Для правильного и более удобного функционирования разработанной системы выбирался датчик с возможным выходным сигналом 4-20 мА, так как при обрыве сигнала и поломке датчика на контроллер будет приходить 0 мА, что и будет мгновенно обозначать поломку, также учитывалась погрешность измерения, она не должна составлять более 1% для приведенного технологического процесса.

Преимущественно рассматривались датчики от Метран из-за своей надежности, а также невысокой цены [9].

Характеристика и модель выбранного датчика приведена в таблице 2, основной параметр при выборе – верхний предел измерений, а также условия

эксплуатации.

Таблица 2 - характеристики датчиков давления

Метран-100-Ех-ДИ-1153 (РЕ1а, РЕ6а)	Измеряемые среды: жидкости, пар, земляной газ, земляные газовые смеси, нефтепродукты; Верхний предел измерения: 1 МПа; Температура окружающей среды: -40..70 °С; Выходной сигнал: 4-20 мА; Основная погрешность измерения: 0,5%; Исполнение: 1ExdsПВТ4/НХ – взрывонепроницаемая оболочка.
---------------------------------------	--

При деформации чувствительного элемента под воздействием входной измеряемой величины (например, давления или разности давлений) изменяется электрическое сопротивление кремниевых тензорезисторов мостовой схемы на поверхности этого чувствительного элемента.

На рисунке 3 приведен общий вид датчика Метран-100.



Рисунок 3 – датчик Метран-100

#### 4.1.2 Выбор датчиков уровня

В работе необходимо проводить измерение уровня в 2 местах технологического процесса. LE3а – уровень масла в масляном сепараторе (0,25 -1,3 м), LE4а – уровень механических примесей в сепараторе (0-0,5 м).

Выбор датчиков уровня проходил, исходя из надежности и цены, а также удовлетворения соответствующему диапазону измерения и среды измерения.

Были выбраны волноводные радарные уровнемеры ROSEMOUNT 5300, их технические характеристики представлены в таблице 3 [10].

Таблица 3 - характеристики выбранных датчиков уровня

ROSEMOUNT 5300 Исполнение: жесткий одинарный зонд (LE3a, LE4a)	Среда измерения: жидкости, вязкие жидкости, сыпучие, суспензии; Рабочая температура: -196..400 °С; Диапазон измерений: до 3 м; Выходной сигнал: 4..20 мА; Время срабатывания: 0-5 секунд; Основная погрешность измерений: 0,25%; Исполнение: взрывозащищенное.
---	--

Уровнемеры ROSEMOUNT 5300 - интеллектуальные, двухпроводные измерительные преобразователи для непрерывного измерения уровня, использующие принцип временной рефлектометрии. Маломощные импульсы длительностью несколько наносекунд излучаются по зонду, погруженному в среду. Когда импульс достигает поверхности измеряемой среды, часть его энергии отражается обратно и улавливается уровнемером, который пересчитывает разницу времени между излучением и приёмом импульса в расстояние, и далее рассчитывает расстояние до поверхности жидкости или до поверхности раздела. Внешний вид и конструкция датчика приведены на рисунке 4.



Рисунок 4 – датчик ROSEMOUNT 5300

### 4.1.3 Выбор расходомеров

В работе необходимо проводить измерение расхода в 2 местах технологического процесса. FE2a – расход выходящего земляного газа из сепаратора (0-46700 м<sup>3</sup>/ч), FE7a – расход выходящей масла из сепаратора (0-225 м<sup>3</sup>/ч).

Рассматривались тахометрические, кориолисовы, вихревые и ультразвуковые расходомеры. Первые обладают существенным недостатком – дороговизна при большом диаметре трубопровода, а также недостаточная точность учета, у вторых при сильных вибрациях сильно ухудшается точность проведения замеров, вихревые же чувствительны к изменениям температуры, а также измерения в расходомерах этого типа происходят в малом динамическом диапазоне.

Поэтому в качестве расходомера земляного газа выбран ультразвуковой расходомер-счетчик земляного газа Turbo Flow UFG-F [11]. При выборе учитывалась рабочая температура земляного газа, способ измерения, диапазон измерения расхода, а также требуемая точность до 1%. Его достоинства: долговечный корпус, подходит для нефтеперерабатывающей промышленности, может монтироваться на трубопроводы больших диаметров.

Принцип работы ультразвукового электронного расходомера-счетчика земляного газа основан на том, что преобразователи посылают и принимают импульсы, проходящие через среду. Ультразвуковой расходомер-счетчик земляного газа измеряет разность времени прохождения сигналов по потоку и против него, используя различные способы цифровой обработки сигналов, определяет скорость и объемный расход.

Технические характеристики приведены в таблице 4, а изображен он на рисунке 5.

Таблица 4 - характеристики выбранного расходомера земляного газа

Turbo Flow UFG-F	Среда измерения: природный, масляном и другие земляные газы на промышленных объектах; Рабочая температура: до 70°C; Диапазон измерений: до 50000 м <sup>3</sup> /ч; Выходной сигнал: 4..20 мА; Точность измерения: 0,3-1%; Исполнение: взрывозащищенное.
------------------	---



Рисунок 5 – расходомер газа Turbo Flow UFG-F

В качестве расходомера масла выбран расходомер масла Sentinel LCT4 [12].

Его преимущества:

1. Исключена необходимость периодической калибровки;
2. Исключена потеря давления;
3. Отсутствуют ограничения, связанные с трубой;
4. Отсутствуют подвижные компоненты и фильтры.

Технические характеристики приведены в таблице 5, а изображен он на рисунке 6.

Таблица 5 - характеристики выбранного расходомера масла

Sentinel LCT4	Среда измерения: сырая масло, другие нефтепродукты; Рабочая температура: до 140 °С; Диапазон измерений: до 12022 м3/ч; Выходной сигнал: 4..20 мА; Точность измерения: 0,3%; Исполнение: взрывозащита АTEX II 2 G Ex de IIС.
---------------	--



Рисунок 6 – расходомер масла Sentinel LCT4

#### 4.1.4 Выбор исполнительных механизмов

Основные требования при выборе исполнительных механизмов:

1. Физическая среда (технология): условный диаметр, момент и скорость открытия/закрытия для задвижек; частота и скорость срабатывания для дискретных клапанов;
2. Тип принимаемого сигнала: 1/2 дискретный сигнал, аналоговый сигнал или сетевой;
3. Исполнение: без взрывозащиты, взрывозащищенное.

В данной работе исполнительные механизмы подбираются для линии регулирования выхода земляного газа из сепаратора (1д), подачи газонефтяной смеси (2д), регулирования выхода масла из сепаратора (3д), а также регулирования выброса механических примесей (4д). Выбор запорно-регулирующих клапанов исходил из диаметра трубопровода (200 мм), от физической среды (масла, земляные газы), поддержки рабочей температуры, а также давления. В результате выбрано 4 запорно-регулирующих клапана 25ч945п ЗРК чугунных, фланцевых с приводом МИЭП PN16бар [13]. Характеристики представлены в таблице 6, а изображен клапан на рисунке 7.

Взрывозащищенность электрического исполнительного механизма достигается:

1. выполнением взрывозащищенными его конструктивных частей – двигатель («взрывонепроницаемая оболочка»), блок сигнализации положения («искробезопасные цепи»);
2. заключением всего механизма во взрывонепроницаемую оболочку.

Таблица 6 – характеристики выбранных клапанов

<p>Запорно-регулирующий клапан 25ч945п ЗРК МИЭП PN16бар</p>	<p>Физическая среда: жидкая и газообразная, вязкие жидкости; Рабочая температура: -20..150 °С; Скорость управления: 100 мм/мин; Напряжение питания, В~ 220; Номинальный диаметр: DN15...200; Номинальное давление: PN16 бар (1,6 МПа); Тип принимаемого сигнала - аналоговый, унифицированный; Исполнение: ЭИМ (электрический исполнительный механизм) во взрывозащищенном исполнении</p>
---	---



Рисунок 7 – запорно-регулирующий клапан (ЗРК) 25ч945п

#### 4.1.5 Выбор частотных преобразователей

Универсальная линейка частотных преобразователей может быть использована для управления приводами на базе асинхронных двигателей в газонефтяной промышленности. Имеется широкий набор функций для решения базовых задач частотного управления.

В работе устанавливается четыре частотных преобразователя на приводы запорно-регулирующих клапанов (1д-4д). Выбор производится, исходя из мощности электродвигателей приводов клапанов - номинальная мощность 1,3 кВт. В результате были выбраны четыре ОВЕН ПЧВ 1 для электродвигателей с мощностью 0,18-4 кВт [14].

*Основные параметры частотного преобразователя:*

- Питание 1×220 В (0,18...2,2 кВт) и 3×380 В (0,37...4 кВт);
- Выходная частота до 400 Гц;
- Диапазон регулирования до 1:1000;
- Точность поддержания скорости до 0,1% от фактической;
- Точность поддержания момента до 0,5% от фактического;
- По электромагнитной совместимости частотные преобразователи относятся к оборудованию класса А по ГОСТ Р 51522.

ОВЕН ПЧВ 1 будут лучшим решением в технологическом оборудовании, где применяется управляемый электропривод: станках, смесителях, производственных линиях, системах водоснабжения, вентиляции, дымососах, подъемно-транспортном и т.п. оборудовании. Внешний вид частотного преобразователя представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ 1

#### 4.2 Выбор технических средств автоматизации среднего уровня

Для выбора ПЛК и модулей ввода-вывода необходимо знать количество сигналов в разработанной системе, позиции для типов сигналов представлены в таблице 7.

Таблица 7 - позиции для типов сигналов

Тип сигнала	Кол-во	Позиция
Аналоговый входной	7	PE1a, FE2a, LE3a, LE4a, PE5a, PE6a, FE7a
Аналоговый выходной	4	1д, 2д, 3д, 4д (на частотные преобразователи)

Объем автоматизации в данном случае – малый, в качестве ПЛК в разработанной системе выбран контроллер фирмы ОВЕН ПЛК210-05-CS [14]. Контроллер выбирался, чтобы охватить максимальное количество сигналов, используемых в работе, в результате – исключить использование сторонних модулей, а следовательно – и затрат. Характеристики представлены в таблице 8, а внешний вид на рисунке 9.

Таблица 8 – характеристики ПЛК210-05-CS

ПЛК210-05-CS	Объем памяти: ROM 512 Мбайт, RAM 256 Мбайт, RETAIN 64 Кбайт; Наличие портов: 4xEthernet, 2xRS-485, 1xRS-232; Встроенные модули ввода/вывода: 12 DI, 8 DO, 8 AI, 4 AO; Питание: 220 В; Наличие резервного порта питания.
--------------	---



Рисунок 9 – контроллер ОВЕН ПЛК210-05-CS

*Преимущества:*

1. Высокая производительность;
2. ОС Linux с RT-патчем;
3. Поддержка быстрых входов/выходов до 95 кГц;
4. Приемлемая цена (в отличие от аналогов);
5. Простое и удобное программирование в среде CODESYS;
6. Наличие встроенных модулей ввода/вывода.

В качестве блока питания ПЛК, а также полевых устройств выбран ОВЕН БП240К [14]. Его характеристики в таблице 9, а изображен он на рисунке 10.

Таблица 9 – характеристики блока питания

ОВЕН БП240К	Номинальное напряжение: 24 В; Номинальный ток: 10 А; Номинальная мощность: 240 Вт; Диапазон подстройки выходного напряжения: 22,5-29 В; Напряжение питания переменного тока: 90-264 В.
-------------	--



Рисунок 10 – блок питания ОВЕН БП240К

### **4.3 Выбор сетевого стандарта и реализация верхнего уровня управления**

В работе выбран сетевой стандарт Ethernet, он имеет ряд преимуществ, его внедрение на уровне промышленных систем позволяет предприятиям передавать собираемую информацию для применения в различных приложениях. Ethernet имеет такие преимущества, как простота интеграции с Internet, возможность включения в сеть самых разнообразных устройств и централизованного управления ими. Унификация Ethernet как единой сетевой технологии ведет к сокращению расходов, в том числе на обучение специалистов и обслуживание систем.

В работе в качестве АРМов инженера и оператора используются промышленные компьютеры с характеристиками Core i7-2100MHz, 16Gb ОЗУ, SDD 240Gb+SATA.

В качестве промышленного сетевого коммутатора для передачи информации между контроллерным оборудованием и АРМами был выбран ОВЕН КСН210-5 [14]. Данная модель простая, компактная, надёжная и подходит для передачи информации в рамках разработанной АСУ. На рисунке 11 изображен промышленный коммутатор ОВЕН КСН210-5, а технические характеристики приведены в таблице 10.



Рисунок 11 – промышленный коммутатор ОВЕН КСН210-5

Таблица 10 – технические характеристики коммутатора ОВЕН КСН210-5

ОВЕН КСН210-5	напряжение питания: 10..48 В; максимальная мощность потребления: 4 Вт; протокол обмена данными: Ethernet/TCP/IP; кол-во портов: 5 портов Ethernet; тип: неуправляемый.
---------------	--

В качестве программного обеспечения для программирования ПЛК ОВЕН используется Codesys v3.5 - это интегрированная среда разработки (IDE) приложений для программируемых контроллеров.

Системные требования (минимальные):

1. Требования к компонентам:

Процессор: Intel Atom 2,2 ГГц;

Оперативная память: 4 GB;

Жесткий диск: 2 GB.

2. Требования к программному обеспечению  
Windows 7 (service pack 1 или выше);  
Windows 10.

Приведенные требования к компонентам и к программному обеспечению подходят для выбранного промышленного компьютера.

В качестве SCADA-системы может быть выбрана система визуализации MasterSCADA, исходя из совместимости с выбранным контроллером, а также удобства.

Разрабатывать проекты в MasterSCADA легко и приятно - это первая в России SCADA-система, в которой реализован объектный подход к разработке систем управления, учета или диспетчеризации.

1. Требования к компонентам:  
Процессор: Intel Core i5;  
Оперативная память: 2048 Мб;  
Свободное дисковое пространство: 1 Гб.
2. Требования к программному обеспечению  
Windows 7 x64 и выше.

Приведенные требования к компонентам и к программному обеспечению подходят для выбранного промышленного компьютера.

## **5 Разработка и описание структурной схемы автоматизации**

Структурная схема автоматизации вертикального масляного сепаратора представлена в приложении Б тремя иерархическими уровнями.

В состав полевого (**нижнего**) уровня входят датчики сигналов и исполнительные устройства, запорно-регулирующие клапаны.

Второй (**средний**) уровень состоит из контроллера, который обеспечивает выполнение функций контроля, регулирования и управления инженерным оборудованием в объеме, достаточном для поддержания работы сепаратора, блока питания, процессора, сетевого коммутатора.

Третий (**верхний**) уровень включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора на базе SCADA-системы, сетевого сервера резервирования и хранения данных, а также АРМа инженера АСУ ТП.

Аналоговые сигналы с датчиков и исполнительных устройств поступают на контроллер, проходят первичную обработку и далее по цифровому интерфейсу RS-485 (протокол Modbus) передаются на АРМ оператора с целью их дальнейшей обработки, отображения и хранения. С АРМ оператора осуществляется также дистанционное управление исполнительными устройствами разработанной системы.

На схеме отображены входные аналоговые сигналы от датчиков (АІ) – 7 сигналов, также имеются аналоговые выходные сигналы на частотные преобразователи приводов (АО) в количестве 4 сигналов. Всего на схеме отображено 11 сигналов.

## **6 Построение математической модели**

Для улучшения качества управления выбираются алгоритмы ПИД-регулирования с достаточно коротким временем установившегося состояния и

низкой чувствительностью к внешним возмущениям. ПИД-регуляторы используются в системах автоматического управления для поддержания заданных значений тестируемых параметров [3].

ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Процесс регулирования давления осуществляется следующим образом. На вход блока управления поступают заданное (уставка)  $y^*(t)$  и текущее  $y(t)$  значения регулируемой величины. Блок управления вычисляет рассогласование  $e(t) = y^*(t) - y(t)$ , на основе которого формирует управляющий сигнал  $u(t)$ , подаваемый на вход исполнительного устройства.

Задание по давлению сравнивается с текущим значением давления, полученным при помощи датчика давления. По рассогласованию регулятор уровня формирует задание по положению регулирующего органа. Заданное положение сравнивается с текущим, полученным от датчика положения регулирующего органа. На основе рассогласования по положению блок управления формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм.

Частотный преобразователь:

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

Электропривод:

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

Задвижка:

$$Q = k\omega$$

Трубопровод:

$$T_3 * \frac{dP}{dt} + P = k_3 * Q$$

Таблица 11 – требуемые коэффициенты для построения модели

<b>K1</b>	<b>T1</b>	<b>K2</b>	<b>T2</b>	<b>k</b>	<b>K3</b>	<b>T3</b>
15	0.2	20	0.08	0.1	2	0.23

На рисунке 12 предоставлена структурная схема регулирования давления, построенная в среде Matlab.

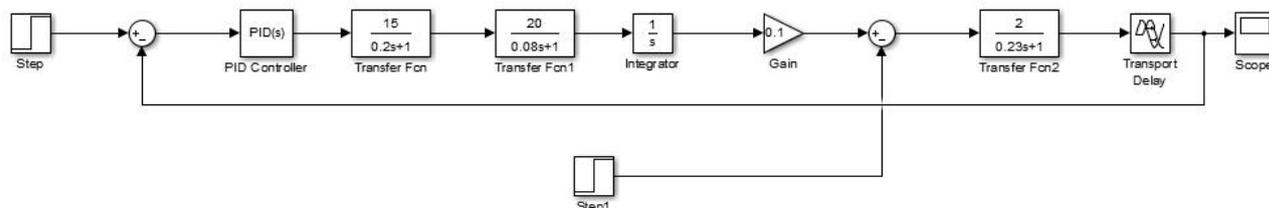


Рисунок 12 – структурная схема в Matlab

Выбор параметров ПИД регулятора осуществлялся путем использования автоматической настройки ПИД регулятора (PID Autotune) в среде Matlab для получения приемлемой характеристики переходного процесса. Эти значения составляют:  $K_p = 0.057$ ,  $K_d = 0.0055$ ,  $K_I = 0.000087$ .

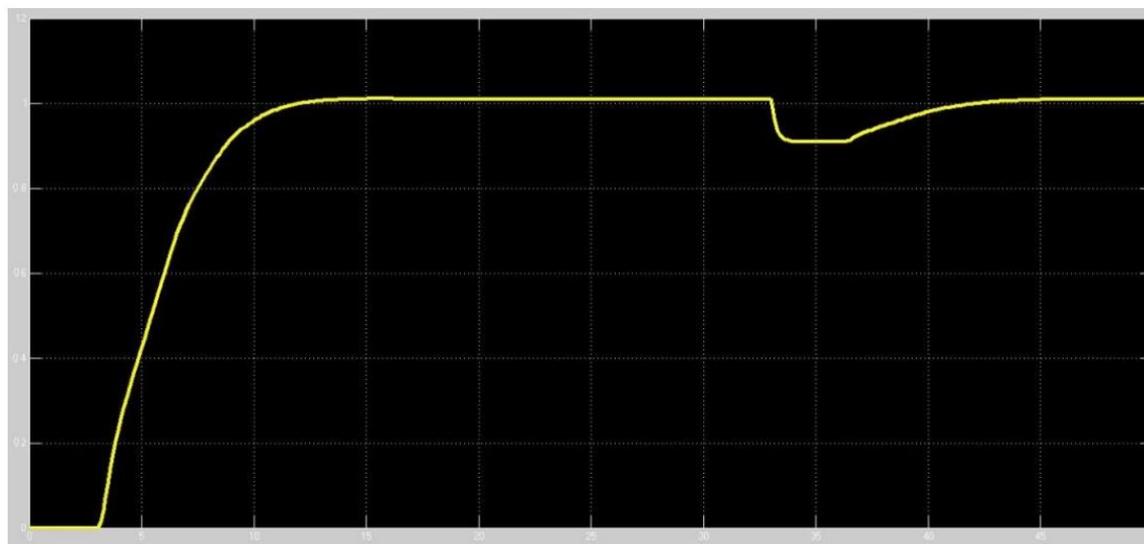


Рисунок 13 – график переходного процесса

В результате моделирования процесса время переходного процесса составило 12 сек. Также наблюдается поддержание заданного значения давления (1 МПа) при возникновении возмущения, в виде включения контрольной линии для режима поверки метрологических характеристик, значит модель построена верно.

## 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Потенциальными потребителями результатов разработки являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается АСУ нефтегазовым сепаратором.

В таблице 12 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 12 – карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	+	+	+	-
	Средняя	+	+	+	+
	Крупная	+	+	+	+

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

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 13:

Таблица 13 – оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проектируемая АСУ ТП	средняя компания АСУ ТП	крупная компания АСУ ТП	Проектируемая АСУ ТП	средняя компания АСУ ТП	крупная компания АСУ ТП
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Повышение производительности	0,12	5	2	4	0,6	0,24	0,48
Удобство в эксплуатации	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
Устойчивость	0,12	4	2	3	0,48	0,24	0,36
Энергоэкономичность	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
Надежность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Безопасность	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Простота эксплуатации	0,08	5	4	5	0,4	0,32	0,4
<b>Экономические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Конкурентоспособность	0,05	3	1	3	0,2	0,05	0,15
Уровень проникновения на рынок	0,05	2	3	3	0,15	0,15	0,15
Цена	0,1	4	5	2	0,4	0,5	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Условия проникновения на рынок	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
Итого	1	51	34	46	4,4	2,81	3,81

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая АСУ вертикальным нефтегазовым сепаратором является

наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, более низкая устойчивость и надежность, высокая цена и низкий срок эксплуатации.

Далее в работе были выявлены соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого строятся интерактивные матрицы проекта, они приведены в таблицах 15, 16, 17, 18.

Таблица 15 – интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	-	+	+
	В2	-	-	+	+
	В3	+	-	+	+

Таблица 16 – интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-
	В2	-	-	-
	В3	-	-	-

Таблица 17 – интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 18 – интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3

Угрозы проекта	У1	+	+	+
	У2	+	-	+
	У3	+	-	+

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 14.

Таблица 14 – матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</b> С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки.	<b>Слабые стороны научноисследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывод на рынок новой системы.
<b>Возможности:</b> В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов. Использование существующего программного обеспечения позволяет не тратить время и деньги на создание уникального ПО.	Санкции, наложенные на РФ, и высокий курс евро/доллара будут ограничивать появление новых иностранных технологий на российском рынке.
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему.	Новая система управления и актуальность разработки не сказываются на спросе. Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя	Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.

Положительные и слабые стороны внедрения АСУ ТП, которые были обозначены в ходе проведенного анализа, дают возможность спланировать необходимые изменения, слабые стороны необходимо по возможности минимизировать, базируясь прежде всего на имеющихся сильных сторонах.

Поддержка сильных сторон, усиление позиции в области, позволит увеличить потенциальную валовую прибыль в будущем. Исходя из анализа

можно сформировать стратегию деятельности, то есть долгосрочный план по достижению определенных целей в будущем.

## 7.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 19 представлены этапы научно-исследовательских работ и распределение исполнителей.

Таблица 19 – этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Постановка задачи	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Обзор научно-технической литературы	Студент, руководитель
	3	Разработка и утверждение ТЗ	Студент, руководитель
	4	Календарное планирование	Студент, руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка функциональной схемы автоматизации	Студент
	6	Выбор технических средств автоматизации	Студент
	7	Расчет вертикального нефтяного сепаратора	Студент

Продолжение таблицы 19

Теоретические и экспериментальные исследования	8	Разработка структурной схемы автоматизации	Студент
	9	Построение 3D - модели вертикального нефтяного сепаратора	Студент
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент

### 7.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для того чтобы определить ожидаемое (среднее) значение трудоемкости используется данная формула (1):

$$t_{ож_i} = \frac{3*t_{min_i} + 2*t_{max_i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{min}$  - это минимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.;  $t_{max}$  - максимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , которая находится по формуле (2):

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{p_i}$  - продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ож_i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для того, чтобы было удобней строить график, в выпускной квалификационной работе длительность каждого этапа работ из рабочих дней переведена в календарные дни. В этом случае используется формула (3):

$$T_{k_i} = T_{p_i} * k_{кал}, \quad (3)$$

где  $T_{k_i}$  - продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{p_i}$  - продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{кал}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности находится по следующей формуле (4):

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,21, \quad (4)$$

где  $T_{кал}$  - календарные дни,  $T_{вых}$  - выходные дни,  $T_{пр}$  - праздничные дни.

Временные показатели проведения научного исследования приведены в таблице 20.

Таблица 20 – временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, $T_{p_i}$		Длительность работ в календарных днях, $T_{k_i}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож_i}$ , чел-дни		Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент				
1. Постановка задачи	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	1,694	-
2. Обзор научно-технической литературы	1	10	2	20	1,4	14	0,7	7	0,847	8,47
3. Разработка и утверждение ТЗ	1	2	2	4	1,4	2,8	0,7	1,4	0,847	1,694
4. Календарное планирование	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	0,847	0,847
5. Разработка	-	5	-	9	-	6,6	-	6,6	-	7,986

функциональной схемы автоматизации											
------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 29

6. Выбор технических средств автоматизации	-	3	-	7	-	4,6	-	4,6	-	5,566
7. Расчет вертикального нефтяного сепаратора	-	10	-	15	-	12	-	12	-	14,52
8. Разработка структурной схемы автоматизации	-	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	4,598
9. Построение 3D - модели вертикального нефтяного сепаратора	-	5	-	10	-	7	-	7	-	8,47
10. Составление пояснительной записки	-	10	-	15	-	12	-	12	-	14,52
<b>Итого</b>									4,235	66,67

По данным из таблицы создана диаграмма Ганта, представляющая собой ленточный график. На графике видны работы по теме (протяженные отрезки черного цвета, которые характеризуются датами начала и окончания выполнения). Диаграмма Ганта представлена на рисунке 14.

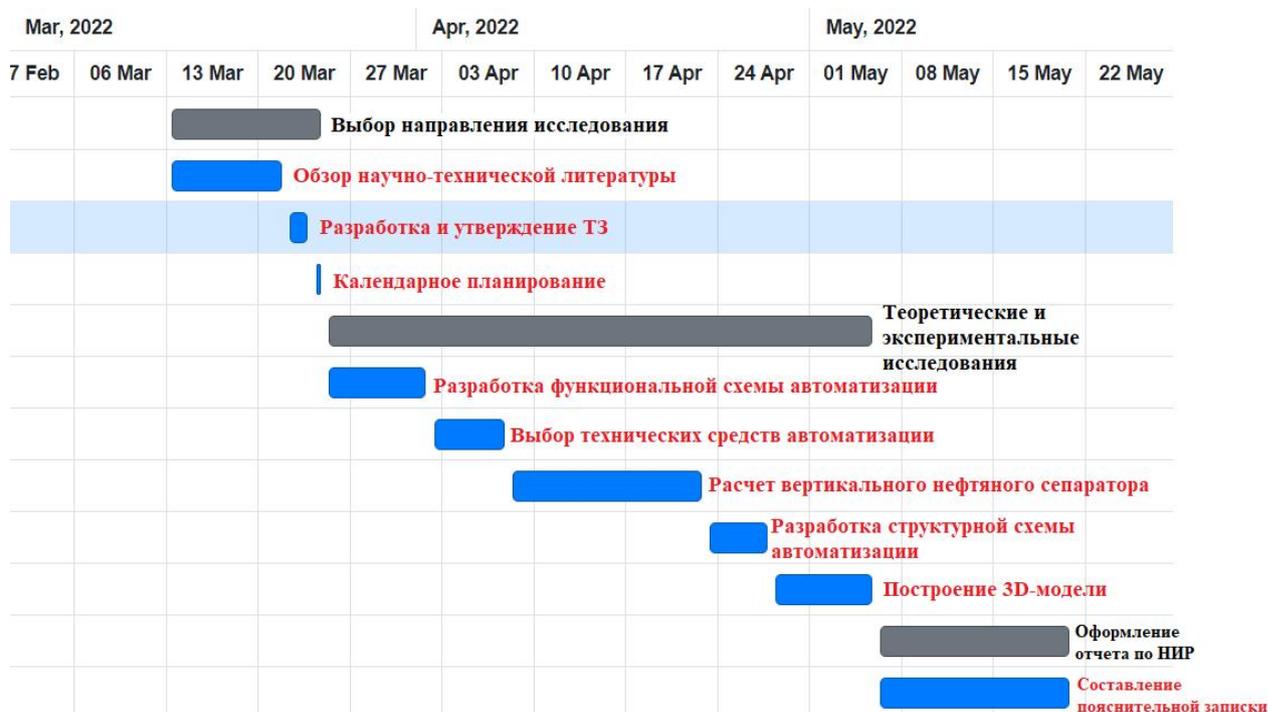


Рисунок 14 – диаграмма Ганта

### 7.3 Бюджет научно-технического исследования

Расчеты представлены в таблице 21.

Таблица 21 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб	Материальные затраты, руб
Датчик давления “Метран-100-Ех-ДИ-1153”	шт.	2	25000	60000
Расходомер “Turbo Flow UFG-F”	шт.	1	344712	413654
Датчик уровня “Rosemount 5300”	шт.	2	142040	340896
Расходомер “Sentinel LCT4”	шт.	1	215500	258600
Частотный	шт.	4	20520	98496

преобразователь “ОВЕН ПЧВ 1”				
Клапан запорно- регулирующий “25ч945п ЗРК”	шт.	4	177603	852494
ПЛК “ОВЕН 210-05- CS”	шт.	1	45670	54804
БП “ОВЕН 240К”	шт.	1	25980	31176
Сетевой коммутатор “ОВЕН КСН210-5”	шт.	1	10740	12888
АРМ инженера и оператора “Core i7-2100 MHz, 16Gb ОЗУ, SDD 240 Gb + SATA”	шт.	2	47000	112800
<b>Итого</b>				2 235 808

Расчет затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы “ОВЕН”, а также на приобретение лицензии SCADA-системы произведен в таблице 22.

Таблица 22 – расчет затрат на приобретение ПО

<b>Наименование</b>	<b>Единица измерения</b>	<b>Количество</b>	<b>Цена за единицу, руб</b>	<b>Материальные затраты, руб</b>
Среда программирова ния ПЛК ОВЕН “Codesys v 3.5”	шт.	1	0	0

SCADA- система “MasterSCADA”	шт.	1	4800	4800
<b>Итого</b>				<b>4800</b>

Суммарное время на монтаж нового прибора +-3 часа (+-180 минут).  
Тогда общее время на установку оборудования – 60 часов.

Для установки оборудования необходим слесарь по контрольно-измерительным приборами и автоматике, а также электромонтер.

Тогда затраты на заработную плату:

$$\frac{2 * 31777}{2 * 40} * 60 = 47665 \text{ руб}$$

, где 40 – норма часов работы в неделю, 2 – количество работников на внедрении, 31777 – средняя заработная плата специалиста по монтажу на производстве, 60 – общее время на установку оборудования.

Определение бюджета затрат на внедрение АСУ приведено в таблице 23.

Таблица 23 – расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты	2 235 808	3237444	2773414
Затраты на программное обеспечение	4 800	4800	4800
Затраты на заработную плату	47 665	47 665	47 665
Прочие	50 000	50 000	50 000
<b>Итого</b>	<b>2 338 273</b>	<b>3 244 579</b>	<b>2 875 879</b>

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

Интегральный финансовый показатель разработки находится по формуле (5):

$$I_{фин.р}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (5)$$

где  $I_{фин.р}^{исп.i}$  – финансовый интегральный показатель разработки;

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$\Phi_{max}$  зависит от сложности проектируемой системы. На сложность проекта влияет большая совокупность факторов, поэтому точно оценить величину  $\Phi_{max}$  невозможно. В данном разделе рассматриваются конкуренты-компании среднего и крупного размера.

$$I_{фин.р}^{исп.1} = \frac{2\,338\,273}{3\,244\,579} = 0,72$$

$$I_{фин.р}^{исп.2} = \frac{3\,244\,579}{3\,244\,579} = 1$$

$$I_{фин.р}^{исп.3} = \frac{2\,875\,879}{3\,244\,579} = 0,88$$

Исходя из оценочной карты, построенной ранее - в таблице 22, в результате расчётов получились следующие показатели:

Инженер = 4,25; Крупная компания = 3,83; Средняя компания = 2,83.

Теперь в работе определяется интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки  $I_{исп.i}$  :

$$I_{исп.1} = \frac{4,25}{0,72} = 5,9$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,83}{1} = 3,83$$

$$I_{исп.3} = \frac{2,83}{0,88} = 3,21$$

Сравнительная эффективность проекта в таблице 24.

Таблица 24 – Сводная таблица показателей

Показатель	Инженер	Крупная компания	Средняя компания
Интегральный финансовый показатель разработки	0,72	1	0,88
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,83	2,83
Интегральный показатель эффективности	5,9	3,83	3,21
Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,54	1,84

Полученные результаты указывают, что разработанный проект эффективен. Финансовые ресурсы, затраченные на данное исследование, составляют 2 338 273 рублей. К тому же, огромное значение для большинства предприятий имеют стоимость обслуживания, и надежность системы, в разработанном проекте, по предварительным данным, оба параметра находятся на высоком уровне, что должно заинтересовать предприятия.

## 8 Социальная ответственность

### 8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Персонал, работающий в диспетчерской относится к группе А. Работа с источниками ионизирующего излучения предполагает для персонала специальную оценку условий труда.

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников [17]. По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда. Согласно федеральному закону РФ «О специальной оценке условий труда» [18] работникам категории А предусматриваются:

1) Сокращение продолжительности рабочего времени (ТК РФ Статья 92 [19]): Для работников, условия труда на рабочих местах, которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени, или опасным условиям труда – не более 36 часов в неделю.

2) Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, а также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты (ТК РФ Статья 221 [19]);

3) Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций (ТК РФ г. 28 [19]);

4) Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (ТК РФ Статья 117 [19]).

Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск предоставляется работникам, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 2, 3 или 4 степени, либо опасным условиям труда. Продолжительность ежегодного

дополнительного оплачиваемого отпуска конкретного работника устанавливается трудовым договором на основании отраслевого (межотраслевого) соглашения и коллективного договора с учетом результатов специальной оценки условий труда.

5) Предварительные и периодические медицинские осмотры (ТК РФ 213 [19]):

Работники, занятые на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с движением транспорта, проходят обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (для лиц в возрасте до 21 года - ежегодные) медицинские осмотры для определения пригодности этих работников для выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний

Основным рабочим местом оператора АРМ по управлению вертикальным нефтегазовым сепаратором является пункт управления - диспетчерская, которая располагается в главном корпусе на отметке +20,00 метров. Она представляет собой совокупность:

- 1) Щитовых и пультовых устройств;
- 2) Средств промышленного телевидения, телефонной, радио и громкоговорящей связи;
- 3) Персонального компьютера;
- 4) Документации и оперативного персонала, обеспеченных условиями, необходимыми для деятельности персонала и средств автоматизации;

С АРМ осуществляется управление сепаратором во всех режимах его работы, включая проектные и запроектные аварии. Рабочее место оператора должно быть организовано согласно требованиям, представленным в [20]:

1) При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами, должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м;

2) Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом;

3) Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

4) Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики;

5) Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

## **8.2 Производственная безопасность**

Вредные производственные факторы – факторы, воздействие которых на человека могут привести к его заболеванию и снижению работоспособности.

Опасные производственные факторы – факторы, воздействие которых могут привести к травме, отравлению, внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти человека. Эти факторы приведены в таблице 25.

Таблица 25 - возможные опасные и вредные производственные факторы

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
<p>Повышенное образование электростатических зарядов; производственные факторы, связанные с электрическим током; опасность поражения током из-за короткого замыкания</p>	<p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [21] ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [22]</p>
<p>Освещенность рабочей зоны</p>	<p>Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [23]</p>
<p>Климат рабочей зоны</p>	<p>ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [24]</p>
<p>Вибрация</p>	<p>ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования [25]</p>
<p>Перенапряжение зрительных анализаторов</p>	<p>МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [26] Трудовой кодекс РФ [19]</p>

Шум	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [27] ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [28] СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [29]
-----	--

### 8.2.1 Опасность поражения электрическим током

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с компьютером и контроллером «ОВЕН ПЛК210-05-CS» в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Вследствие чего возникает вероятность прохождения электрического тока через тело человека. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока проявляются в виде электротравм (судороги, остановка сердца, остановка дыхания, ожоги и др.) и заболеваний. Результат воздействия тока на человека зависит от величины силы тока, его рода и частоты, продолжительности

воздействия и множества других факторов. Причиной поражения электрическим током в условиях диспетчерской могут стать случайное прикосновение к токоведущим частям или появление напряжения на металлических частях оборудования. Напряжение прикосновения и токи при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать 8 В и 1 мА, соответственно (постоянный ток) или 2 В, 0,3 мА (переменный ток частотой 50 Гц) согласно [21] 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

Для обеспечения защиты от прямого прикосновения необходимо применение таких технических способов и средств основной защиты, как: основная изоляция, защитное отключение, безопасное расположение токоведущих частей, средства индивидуальной защиты по [22] ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

### **8.2.2 Освещенность рабочей зоны**

При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр.

Такой фактор, как недостаточная освещенность рабочего места, влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и воздействует через нервную оптико-вегетативную систему на эндокринную систему. Также влияет на формирования иммунной защиты, рост и развитие организма, изменяет естественные реакции в сторону замедления, снижает общий тонус и может привести к созданию травмоопасной ситуации. Влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, нарушает обмен веществ и снижает устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Исходя из документа [23] СП 52.13330.2016 – “Естественное и искусственное освещение”. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Минимальное естественное освещение должно быть  $E_n = 1,2$  К.Е.О. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup>. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

### **8.2.3 Климат рабочей зоны**

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, состояние микроклимата в помещении, используемом для разработки, оказывает существенное влияние на качество работы и производительность труда, а также на здоровье работников.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ.

Климат рабочей зоны оператора определяется [24] ГОСТ 12.1.005-88 – “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных значениях наблюдается высокий уровень работоспособности и обеспечивается нормальное состояние организма работника.

В соответствии со временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям и приведены в таблице 26.

Таблица 26 – оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	22-24	18-25	40-60	15-75	0,1	Не больше 0,1
Теплый	23-25	20-28	40-60	55 при 28 °С	0,1	0,1-0,2

Для обеспечения нормальных метеоусловий и снижения концентрации вредных веществ в операторной предусмотрены естественная и искусственная вентиляция. Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные короба, искусственная вентиляция – общая приточно-вытяжная. Кратность воздуха  $K = 3 \text{ ч}^{-3}$ . Предусмотрено включение снаружи автомеханической вентиляции.

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха.

Воздуховоды изготавливают из не искрящего и нержавеющей материала, чтобы не возникло статистических зарядов. Воздуховоды заземляют.

#### **8.2.4 Вибрация**

При работе оператора с электрооборудованием и работе вентиляционных систем помещения, возникают звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, которые способны оказать вредное воздействие на безопасность и здоровья работника.

По [25] ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Режим труда должен устанавливаться при показателе превышения вибрационной нагрузки на

оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза). При показателе превышения более 12 дБ (в 4 раза) запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию.

Для защиты персонала от вибрационных травм, длительность рабочей смены не более 8 ч (480 мин); установление 2 регламентированных перерывов, учитываемых при установлении нормы выработки: длительностью 20 мин - через 1-2 ч после начала смены, длительностью 30 мин - примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин - примерно в середине смены. Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

### **8.2.5 Перенапряжение зрительных анализаторов**

Продолжительный и нерегулярный рабочий день, сменная работа, командировки, продолжительность концентрации внимания, высокая точность выполняемой работы, требующая высокой степени координации сенсорных и двигательных элементов зрительной системы, т.е. согласования зрения с организационно - коммуникативными системами. Это может привести к визуальному и физическому повреждению.

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по [26] МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».

Оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация

сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

Для решения проблемы зрительного и физического утомления необходимо составить разумный график: 5 дней в неделю, посменно 8 часов, обеденный перерыв 30 минут, рекомендуется сформулировать правила и время отдыха 2 часа. после работы и через 2 часа после обеденного перерыва, который длится 5 минут. — по 7 мин. Во время оздоровительных перерывов для снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов рекомендуется выполнение комплексных физических упражнений, в том числе глазных, в первой половине смены и в конце рабочей смены. рабочий день в специально оборудованном помещении психологическая разгрузка.

### **8.2.6 Шум**

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты, увеличению риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др.

Исходя из документа [29] СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. Максимально допустимый уровень шума для подобных работ до 90 дБ.

Для защиты от воздействия шума на организм человека возможно применение архитектурно-планировочных методов, которые включают в себя: рациональное размещение технологического оборудования и рабочих мест, а также применение наушников [27] [28].

### **8.3 Экологическая безопасность**

Воздействие на селитебную зону: отсутствует.

Воздействие на литосферу: в виде отходов, возникших при поломке персонального компьютера, люминесцентных ламп и других электроприборов, также отходы макулатуры.

Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала.

Воздействие на атмосферу: отсутствует.

Компоненты компьютеров и другой электрической техники (к примеру, принтер) содержат токсичные вещества, которые при поломке и неправильной утилизации представляют угрозу как для человека, так и для окружающей среды.

К этим веществам относятся:

- Свинец (накапливается в организме, поражает почки, нервную систему);
- Ртуть (воздействует на мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызвать дерматит);
- щелочь (прожигает слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютерная техника требует специальных и сложных методов обработки.

Требуется специальная утилизация для того, чтобы:

Во-первых, любое компьютерное и организационное оборудование содержит определенное количество драгоценных металлов. Российское законодательство устанавливает положение, в соответствии с которым все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе входящих в состав основных средств. За несоблюдение правил ведения

бухгалтерского учета на организацию может быть наложен штраф в размере от 20 000 до 30 000 рублей. (Согласно статье 15.11 КоАП РФ [30]);

Во-вторых, предприятия также могут быть оштрафованы за перемещение машин или оборудования на «свалку» без разрешения;

При утилизации оборудования требуется свести к минимуму количество не перерабатываемых отходов, используем такие отходы, как пластмассы, пластмассы, лом черных и цветных металлов для вторичного производства. Платы, содержащие драгоценные металлы, перерабатываются и отправляются на аффинажные заводы, а затем чистый металл сдается в государственные фонды и не попадает на свалки.

Поэтому утилизация компьютерной техники может производиться следующим образом:

1. Используются услуги профессиональной компании по переработке, которая может приехать и забрать всю бытовую технику, которую вы планируете утилизировать.

2. Подается заявка в местный муниципалитет для утилизации электронных устройств.

Вышедшая из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации [31] ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.

В ходе деятельности организация также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом

опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

Для переработки макулатуры используется рециклинг (рециклизация) отходов, а именно возврат отходов после соответствующей обработки в производственный цикл, макулатуры - в производство бумаги и картона. Этим также занимаются специальные организации, такой подход позволит защитить окружающую среду от загрязнения, а также значительно уменьшить затраты при дальнейшем производстве с использованием макулатуры.

#### **8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Возможные ЧС:

Чрезвычайные ситуации техногенного характера, природные катастрофы, геологические воздействия.

Наиболее типичная ЧС: пожар в результате короткого замыкания, либо произошедший по другой причине.

##### **8.4.1 Анализ пожарной безопасности**

Исходя из документа НПБ 105-03 [32] рабочее помещение относится к категории В1 – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

При строительстве подобного помещения в качестве материала должны быть использованы металл, стекло, кирпич и другие негорючие материалы. Углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы должны находиться в здании и предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний. Огнетушители типа ОУ особенно хороши, поскольку не только эффективны для тушения, но и

не наносят вреда электрооборудованию. Помещение должно быть оборудовано датчиками пожарной сигнализации, а также должны быть развешаны планы эвакуации людей при пожаре, которые определяют правильный порядок действий персонала при пожаре и указывают места расположения средств пожаротушения.

Автоматизация вертикального нефтегазового сепаратора приводит к увеличению риска возникновения пожара, поскольку увеличивается количество электрооборудования. В связи с этим АСУ построена таким образом, чтобы исключить выход нефти и газа из сепаратора и оборудования, а также не допустить возникновения искры в токопроводящих цепях. Для этого предусмотрена аварийная сигнализация при критических показателях оборудования (для этого информация об аварии поступает на главный диспетчерский пункт, где принимается оперативное решение по безопасной остановке объекта, либо происходит автоматическая аварийная остановка).

Организационные мероприятия по предупреждению возникновения пожаров:

- 1) организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- 2) разработка мероприятий по действиям администрации и персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- 3) назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- 1) поддержание исправной изоляции проводников;
- 2) поддержание свободного подхода к оборудованию;
- 3) соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

При обнаружении пожара персоналом требуется:

- 1) немедленно сообщить в пожарную службу;
- 2) оповестить работников о случившемся;

3) оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

Халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

Специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-

вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 [33];

Специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

Автоматические сигнализаторы для сигнализации о присутствии в воздухе помещений дозрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо проводить плановый осмотр, вовремя выявлять и устранять неисправности и не использовать неисправные электроприборы.

Во избежание пожара должен быть назначен специальный персонал, ответственный за проверку безопасности и техническое обслуживание; защитные ворота, лестницы и проходы должны быть беспрепятственными и не должны закрываться, запираться или блокироваться по желанию; окна здания не должны быть оборудованы противопогонные железные решетки или рекламные щиты, чтобы заблокировать пути эвакуации, такие как установка Аварийные выходы должны быть зарезервированы; вода или пожарные машины должны использоваться для спасения труднодоступных мест, и должно быть оборудовано противопожарное оборудование или должно быть достаточное количество воды для пожаротушения. при условии. Каждый член должен освоить, как его использовать.

## **8.5 Выводы по разделу**

Важность всех профессиональных факторов на изученном рабочем местах соответствует критериям, также продемонстрированным в данном разделе.

Категорию помещения по электробезопасности согласно ПУЭ, категория помещений соответствует категории 1 - "помещения без повышенной опасности".

Группу персонала по электробезопасности согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, требовать от работников обучения безопасным методам и приемам выполнения работ на электроустановках. Помимо обучения оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, электротехнический персонал должен быть обучен способам освобождения пострадавших от воздействия электрического тока с учетом специфики обслуживаемой (эксплуатируемой) электроустановки.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Категория помещения - В - пожароопасность. Категории наружных установок по пожарной опасности – ГН умеренная пожароопасность.

Также указывается категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду к объектам III категории.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система автоматизированного управления вертикальным нефтегазовым сепаратором, был изучен технологический процесс работы сепаратора, его конструкция.

Построена функциональная и структурная схемы автоматизации, подобраны технические средства автоматизации, установка которых позволит добиться эффективной работы сепаратора. Произведен расчет нефтегазового сепаратора, результатом является производительность по нефти: 238,1 т/ч, по газу: 14,2 т/ч. Приведены затраты и издержки на внедрение автоматизированной системы управления.

Таким образом, спроектированная АСУТП работы вертикального нефтегазового сепаратора 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 использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю. Разработка функциональных схем автоматизации при проектировании автоматизированных систем управления процессами производств: Метод. указания к практическим занятиям по курсовому проектированию для студентов. – СПб.:СПбГУНиПТ, 2002. -51 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. Виды сепараторов нефти: [электронный ресурс]. URL: <https://www.npommz.ru/blog/vidy-separatorov-nefti>
9. Закон Рауля-Дальтона: [электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/1771229/page:3>.
10. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие / Пер. с англ. под ред. Б.И. Соколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
11. Руководство по эксплуатации. Датчики давления Метран-100:

[электронный ресурс]. URL: <https://emis-kip.ru/pics/files/78file.pdf>.

12. Каталог. Волноводный радарный уровнемер 5300 – Выпуск 2020b: [электронный ресурс]. URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/каталог-уровнемер-5300-раздел-каталога-rosemount-ru-ru-61850.pdf>.

13. Расходомеры-счетчики газа ультразвуковые Turbo Flow UFG. Руководство по эксплуатации: [электронный ресурс]. URL: [https://www.turbodon.ru/assets/images/prod\\_new/UFG/2020/RE\\_UFG\\_2020\\_4.pdf](https://www.turbodon.ru/assets/images/prod_new/UFG/2020/RE_UFG_2020_4.pdf).

14. Sentinel LCT 4. User's manual: [электронный ресурс]. URL: <https://dam.bakerhughes.com/m/4d50b930ea686174/original/Sentinel-LCT4-User-Manual.pdf>.

15. Запорно-регулирующий клапан 25ч945п ЗПК: [электронный ресурс]. URL: <https://www.techmarcet.ru/klapany-reguliruyushchie/klapany-s-ehlektroprivodami/zaporno-reguliruyushchiy-klapan-25ch945p-zrk-chugunnyu-flantsevyu-mier-pn-16-bar/>.

16. ОВЕН – оборудование для автоматизации: [электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru/>.

17. Письмо от 2 марта 2021 года N 15-2/ООГ-544. О прохождении обязательных медицинских осмотров работников, занятых на рабочих местах, условия труда которых признаны вредными по шуму.

18. Федеральный закон № 426-ФЗ. О специальной оценке условий труда.

19. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).

20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

22. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
24. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
25. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
- 26.. МР 2.2.9.2311 – 07. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.
27. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
28. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
29. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
30. КоАП РФ Статья 15.11. Грубое нарушение требований к бухгалтерскому учету, в том числе к бухгалтерской (финансовой) отчетности.
31. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
- 32.НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
33. ГОСТ 12.4.021-75. Система стандартов безопасности труда.

## Приложение А

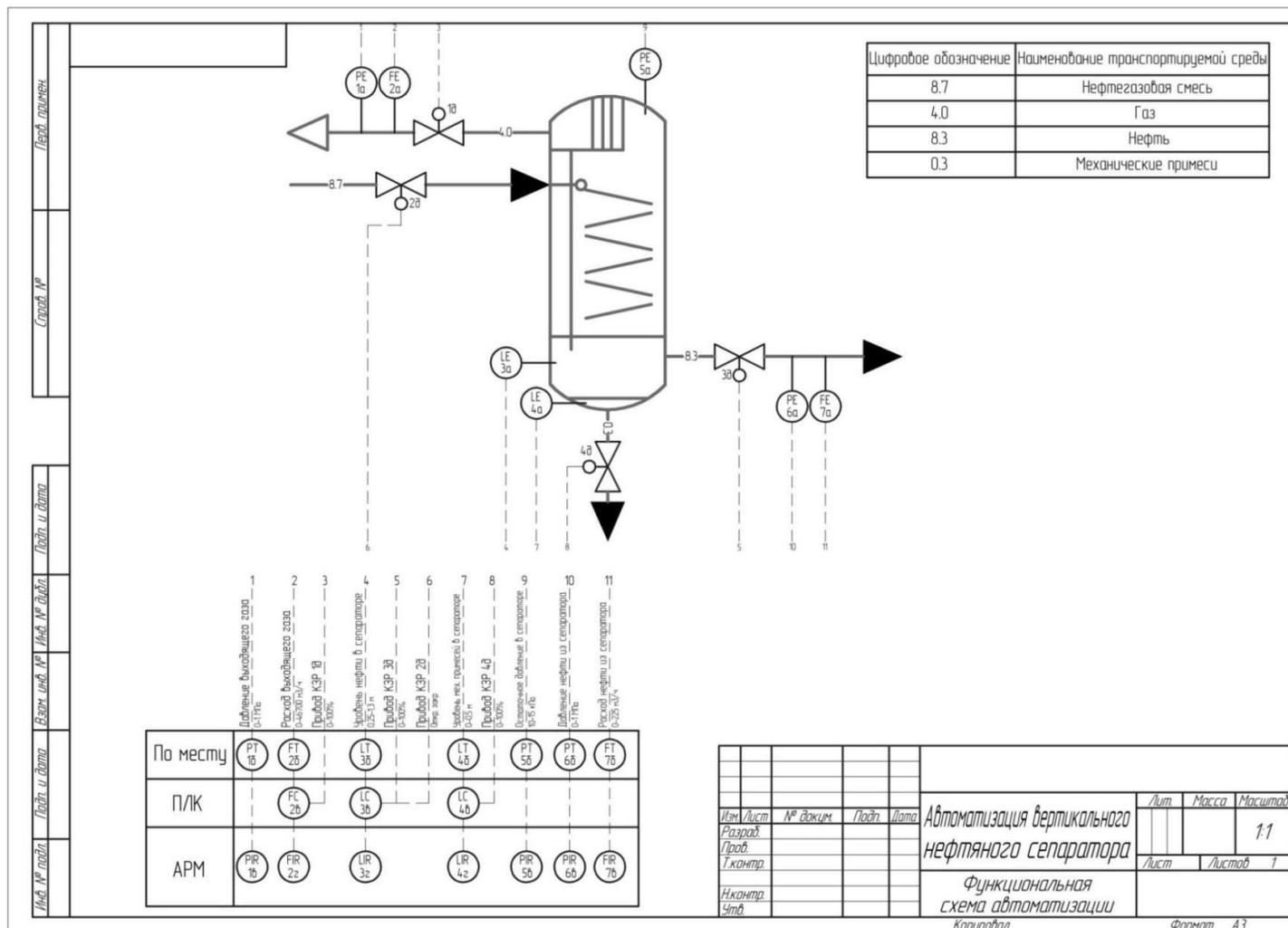


Рисунок А.1 – функциональная схема автоматизации

