

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Модернизация автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции</b>

УДК 004.896:622.692.5.05-048.35

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Тилин Владислав Николаевич		

#### Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей

<b>ПК(У)-2</b>	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оплотехники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
<b>ПК(У)-3</b>	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
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	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
<b>ПК(У)-6</b>	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
<b>ПК(У)-7</b>	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
<b>ПК(У)-8</b>	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
<b>ПК(У)-9</b>	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 повероч-

	ные 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
<b>ПК(У)-10</b>	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
<b>ПК(У)-11</b>	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
<b>ПК(У)-18</b>	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
<b>ПК(У)-19</b>	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
<b>ПК(У)-20</b>	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
<b>ПК(У)-21</b>	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
<b>ПК(У)-22</b>	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 – осенний/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:	
--	--

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ 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
З-8Т71	Тилин Владислав Николаевич

Тема работы:

<b>Модернизация автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-8/с от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>          (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p><b>Объект исследования:</b> Модернизация автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции.  <b>Цель работы:</b> Модернизация системы управления путем устаревшего замены оборудования.  <b>Режим работы:</b> Непрерывный.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание технологического процесса.</li> <li>2. Модернизация существующих решений.</li> </ol>

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Разработка структурной схемы автоматизированной системы.</li> <li>4. Разработка функциональной схемы автоматизации.</li> <li>5. Выбор средств автоматизации.</li> <li>6. Разработка схем соединения внешних проводок.</li> <li>7. Разработка алгоритмов управления.</li> <li>8. Разработка информационной части системы автоматизации.</li> </ol>
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структурная схема автоматизированной системы.</li> <li>2. Функциональная схема автоматизации.</li> <li>3. Схема соединений внешних проводок.</li> <li>4. Блок-схемы алгоритмов управления.</li> <li>5. Экранные формы.</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Нет	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	11.04.2022
---	------------

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

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т71	Тилин Владислав Николаевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-8Т71		Тилин Владислав Николаевич	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

#### Модернизация автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- оклад инженера – 23400 руб. в месяц; - оклад руководителя проекта – 33660 руб. в месяц;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- 50% северные надбавки (Томская область); - 16% накладные расходы; - 1,5 районный коэффициент (Томская область).
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- 30 % отчисления во внебюджетные фонды.

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

1. Расчет инновационного потенциала НТИ	- SWOT-анализ; - Анализ конкурентных технических решений
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	- расчет материальных затрат; - расчет основной и дополнительной заработной платы; - расчет отчислений во внебюджетные фонды; - расчет бюджета проекта.

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

1. Матрица SWOT

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Тилин Владислав Николаевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-8Т71		Тилин Владислав Николаевич	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

<b>Модернизация автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.	<b>Объект исследования:</b> нефтеперекачивающая станция <b>Область применения:</b> нефтедобывающая
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021) ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками). ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1)
<b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b>	<b>Опасные факторы:</b>

<p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>– повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</p> <p>– повышенный уровень статического электричества;</p> <p>– движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструмента, оборудования;</p> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <p>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</p> <p>– повышенный уровень общей вибрации;</p> <p>– отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>– производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.</p> <p><b>Средства коллективной защиты:</b> наличие отопления, осветительные приборы, устройства дист. управления, знаки безопасности, защитные заземления, устройства автоматического отключения.</p> <p><b>Средства индивидуальной защиты:</b> специальный защитный костюм, ботинки, перчатки, каски защитные, очки защитные, противошумные наушники.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> отсутствует.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> загрязнение почвы при разливе нефти.</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> неконтролируемый выброс паров нефти.</p> <p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> отсутствует.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> природные катастрофы (ураган) геологические воздействия (провалы территории), техногенные аварии (разрушение трубопровода, отказ систем безопасности, пожар, превышение давления, разлив нефти).</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

11.04.2022

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д.М.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т71	Тилин Владислав Николаевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц машинописного текста, 33 таблиц, 20 рисунков, 39 список использованных источников, 3 приложений.

Объектом исследования является нефтеперекачивающей станции.

Цель работы – Модернизация автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции с использованием ПЛК, на основе выбранной системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленного ПЛК REGUL R600.

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

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, узел подключения станции, автоматизированная сиситема, нефть, ПИД-регулятор, программируемый логический контроллер.

## Содержание

Определения	14
Обозначения и сокращения	15
Введение	16
1 Цель и задачи создания АСУ ТП	17
1.1 Назначение системы	17
1.2 Требования к техническому обеспечению	18
1.3 Требования к информационному обеспечению	19
1.4 Требования к программному обеспечению	19
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	21
1.6 Требования к надежности системы	21
2 Основная часть	23
2.1 Состав и характеристика объекта	23
2.2 Описание технологического процесса	24
2.3 Разработка структурной схемы АС	25
2.4 Функциональная схема автоматизации	26
2.5 Выбор датчиков	27
2.5.1 Выбор датчика давления	27
2.5.2 Выбор расходомера	28
2.5.3 Выбор датчиков температуры	29
2.5.4 Выбор исполнительных механизмов	30
2.5.5 Выбор контроллерного оборудования	31
2.6 Разработка схемы внешних проводок	32
2.7 Разработка алгоритмов управления	33
2.7.1 Разработка алгоритма пуска	33
2.7.2 Разработка алгоритма останова	34
2.7.3 Разработка алгоритма и программы работы автоматизированной системы	34
2.8 Математическая модель системы	36
2.9 Разработка информационной части системы автоматизации	41
2.9.1 Разработка человеко-машинного интерфейса технологического уровня	41
3 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46

3.1	Технология QuaD	46
3.2	SWOT-анализ	48
3.3	Структура работ в рамках научного исследования	52
3.4	Определение трудоемкости выполнения работ	53
3.5	Разработка графика проведения научного исследования	54
3.6	Расчет материальных затрат НИИ	58
3.6.1	Расчет амортизации оборудования	59
3.6.2	Основная заработная плата исполнителей темы	60
3.6.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	62
3.6.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	63
3.6.5	Накладные расходы	64
3.7	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования	65
3.7.1	Определение финансовой эффективности исследования	65
3.7.2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	66
4	Социальная ответственность	70
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации	70
4.2	Производственная безопасность при эксплуатации	71
4.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	72
4.3	Экологическая безопасность	77
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
	Заключение	81
	Список используемых источников	82
	Приложение А (обязательное) Структурная схема АС	87
	Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации	88
	Приложение В (обязательное) Схема внешних проводок	89

## **Определения**

В данной работе применены термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП): Группа решений технических и программных средств, предназначенных для автоматизации управления технологическим процессом.

программируемый логический контроллер (ПЛК): Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АС – автоматизированная система;

АСУ – автоматизированная система управления;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ОСС – операторно-структурная схема;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

НПС – нефтеперекачивающая станция;

МДП – местный диспетчерский пункт;

ЦДП – центральный диспетчерский пункт;

УПС – узел подключения станции;

ФГУ – фильтр грязеуловителей;

РП – резервуарный парк;

ПНС – подпорная нефтеперекачивающая станция;

УУН – через узел учета нефти;

МНС – магистральный насосный станции;

МНА – магистральный насосный агрегат;

КРД – камеру регулирования давления

## Введение

Автоматизацией называют этап развития машинного производства, характеризующий освобождение человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций техническим устройствам. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала.

Под управлением производственным процессом понимают такое воздействие на него, которое обеспечивает оптимальный или заданный режим работы. Управляемый производственный процесс называют объектом управления. Совокупность технических устройств, используемых для управления, и производственного персонала, принимающего в нем непосредственное участие, образует совместно с объектом управления систему управления.

Система автоматизации нефтеперекачивающей станции (НПС) предназначена для централизованного контроля, защиты и управления оборудованием НПС. Система автоматизации НПС должна обеспечивать автономное поддержание заданного режима работы нефтеперекачивающей станции и его изменение по командам оператора НПС.

Целью работы: модернизация автоматизированной системы нефтеперекачивающей станции.

## **1 Цель и задачи создания АСУ ТП**

Целью работы: модернизация автоматизированной системы нефтеперекачивающей станции.

- обеспечение транспортирования с заданной производительностью при минимальных эксплуатационных затратах;
- повышение надежности работы нефтепроводного транспорта и предотвращение аварийных ситуаций;
- сокращение потерь при транспортировании и хранении;
- автоматизированное поддержание давления нефти в трубопроводе;
- сокращение (до минимума) времени и объема обслуживания и ремонта нефтепровода.
- централизованный контроль и управление технологическими процессами перекачки нефти из местного диспетчерского пункта (МДП);
- повышение эффективности технологических процессов на НПС [1].

### **1.1 Назначение системы**

Автоматизированная система управления состоит в поддержании установленных режимов технологического процесса за счет контроля и изменения технологических параметров, выдачи команд на исполнительные механизмы и визуального отображения данных о производственном процессе и состоянии технологического оборудования.

**АСУ ТП предназначена для:**

1. повышение эффективности работы оборудования;
2. обеспечение удобства управления технологическими процессами;
3. контроль и мониторинг технологических параметров;
4. исключение рисков простоев, сбоев работы оборудования;
5. исчезновение ошибок персонала в процессе управления [1].

## 1.2 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках, в зависимости от зоны расположения объекта должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 50 °С до плюс 50 °С и влажности не менее 80 % при температуре 35 °С.

Программно-технический комплекс АС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Датчики, используемые в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с сероводородсодержащей или другой агрессивной средой, должны быть выполнены из коррозионностойких материалов либо для их защиты необходимо использовать разделители сред.

Степень защиты технических средств от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

- время наработки на отказ не менее 100 тыс. час;
- срок службы не менее 10 лет.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода / вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

Контроль уровня в емкостях с нефтью должен производиться не менее, чем тремя независимыми датчиками с сигнализацией верхнего предельного уровня не менее, чем от двух измерителей [2].

### **1.3 Требования к информационному обеспечению**

Разработка системы автоматизации (далее – Система) должна производиться с учетом требований федерального законодательства, а также настоящего документа.

Подсистема защиты информации системы создается с целью:

1. обеспечения непрерывности управления технологическими процессами;
2. обеспечения достоверности, целостности и своевременности поступления информации о состоянии управляемых технологических процессов на все уровни корпоративного управления;
3. минимизации вероятности реализации угроз информационной безопасности АСУТП.

Обеспечение информационной безопасности должно базироваться на технологии многоуровневой защиты и учитывать административные, организационные, программно-технические меры и средства обеспечения безопасности информации в процессе ее хранения, обработки и передачи по каналам связи.

Технические решения по обеспечению безопасности не должны снижать целевые показатели Системы ниже установленных нормативных показателей по быстродействию и надежности. Отказ устройств и программных средств, обеспечивающих информационную безопасность не должен приводить к отказу Системы в целом [2].

### **1.4 Требования к программному обеспечению**

Прикладное ПО должно быть:

- открытым для модернизации;
- иметь листинги программ;
- сопровождаться описанием на русском языке.

Прикладное ПО должно быть построено по модульному принципу. Соответствующие программные модули должны предусматривать возможность:

- маскирования защит (полностью или по отдельным входам);
- маскирования параметров готовности к пуску МНА, ПНА;
- применения режима имитации текущего измерения параметра;
- применения режима имитации приводов задвижек;
- применения режима имитации приводов МНА, ПНА.

Для проверки алгоритмов работы систем автоматизации, автоматических защит в прикладном ПО должна быть предусмотрена возможность применения режима имитации текущего измерения параметров. Режим имитации текущего измерения параметра назначается и снимается пользователем с уровнем доступа «инженер» и выше.

В данном режиме системой производится замещение текущего измерения параметра на произвольное значение, указанное пользователем. Для алгоритмов систем автоматизации и телемеханизации замещённое значение измеряемого параметра считается истинным.

При наличии необходимости в передаче данного параметра в другие системы, передаётся замещённое значение.

При наличии предупредительных и/или аварийных уставок, их сравнение ведётся с замещённым значением. Достижение замещённым значением уровня предупредительных и/или аварийных уставок должно приводить к срабатыванию соответствующих алгоритмов управления и защиты.

При обработке аналоговых (измеренных) значений должны осуществляться:

- сглаживание (фильтрация) измеренных значений;
- проверка достоверности измеренных значений;
- сравнение измеренных значений с предупредительными и аварийными уставками [2].

## **1.5 Требования к метрологическому обеспечению**

Нормированными метрологическими характеристиками средств измерений и измерительных каналов являются предельные значения основной и дополнительной погрешности.

Пределы основной приведённой погрешности средств измерений, применяемых в системах автоматизации и телемеханизации технологического процесса, не должны превышать следующих значений:

- преобразователь избыточного давления нефти/нефтепродукта  $\pm 0,1$  %;
- преобразователь перепада давления жидких сред  $\pm 0,4$  %;
- манометр избыточного давления нефти/нефтепродукта  $\pm 1,0$  %;
- манометр дифференциального (перепада) давления  $\pm 2,0$  %;
- преобразователь силы тока, напряжения, мощности  $\pm 1,0$  %;

Пределы основной абсолютной погрешности для СИ не должны превышать значений:

- преобразователь уровня нефти/нефтепродукта в резервуаре РП  $\pm 3,0$  мм;
- преобразователь температуры нефти/нефтепродукта в трубопроводах  $\pm 0,5$  °С ;

Пределы основной относительной погрешности средств измерения массового расхода с помощью массовых преобразователей расхода, не должны превышать  $\pm 0,25$  %. [2].

## **1.6 Требования к надежности системы**

Вероятность безотказной работы системы автоматизации за 2000 часов должна составлять:

- по функции защиты не менее 0,98 %;
- по функции управления не менее 0,92 %;

– по информационной функции не менее 0,90 %.

Отказом функции защиты считается не обнаружение системой автоматизации аварийного события, предусмотренного проектными решениями, при реальном наступлении заданных условий, либо несоответствующее проектным решениям формирование команд управления оборудованием при наличии реально наступившего аварийного события.

Отказом функции управления считается самопроизвольное формирование команд управления оборудованием, не предусмотренных проектными решениями для соответствующей ситуации, либо отказ в формировании команд управления оборудованием, при наличии команд оператора (диспетчера) не противоречащих предусмотренным проектными решениями условиям блокировок.

Отказом информационной функции считается отсутствие актуального дискретного сигнала или искажение измеренного значения физической величины на устройствах отображения или выходных интерфейсах.

Срок службы систем автоматизации должен составлять не менее 10 лет [2].

## 2 Основная часть

### 2.1 Состав и характеристика объекта

Насосная перекачивающая станция наиболее ответственный и сложный объект подготовки нефти. Насосные агрегаты, входящие в состав насосной, закачивают нефть в нефтепровод, конечной точкой которого является нефтеперерабатывающий завод. Нефтепроводы сооружаются для перекачки больших объемов нефти на десятки и тысячи километров, поэтому в голове трубы необходимо создавать высокое давление.

Насосная выполнена в виде здания, внутри которого смонтированы насосные агрегаты и все необходимое оборудование. Основным технологическим оборудованием насосной являются насосные агрегаты, которые предназначены для перекачки нефти.

В состав обвязки каждого насосного агрегата входят:

- приемные и нагнетательные трубопроводы;
- запорная арматура;
- обратные клапаны на нагнетательных линиях;
- трубопроводы дренажной системы с арматурой;
- система смазки подшипников насосов и двигателей маслом [3].

Технические характеристики насосной перекачивающей станции приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики насосной перекачивающей станции

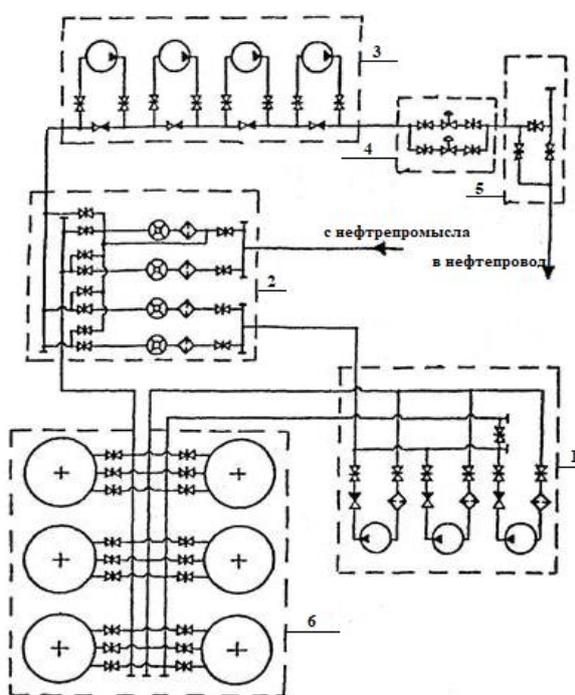
Наименование характеристики	Значение характеристики
Давление на входе, МПа	(0 - 1,8)
Давление на выходе, МПа	(3,5 – 4)
Рабочая среда	нефть
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1250
Кол-во основных насосов, шт	2

Продолжение таблицы 1 – Технические характеристики насосной перекачивающей станции

Наименование характеристики	Значение характеристики
Кол-во резервных насосов, шт	2
Температура рабочей среды, °С	от минус 5 до плюс 80
Температура окружающей среды, °С	от минус 50 до плюс 50
Класс по взрывоопасности по ПУЭ	В-1а
Климатическое исполнение	УХЛ

## 2.2 Описание технологического процесса

НПС располагается вблизи нефтяных сборных промыслов. Технологическая схема головной перекачивающей станции привод представлена на рисунке 1.



1 - подпорная насосная; 2 - площадка фильтров и счетчиков; 3 - основная насосная; 4 - площадка регуляторов; 5 - площадка пуска скребков; 6 - резервуарный парк

Рисунок 1 – Технологическая схема головной перекачивающей станции

Нефть, первым делом, проходя через узел подключения станции (УПС), направляется на площадку фильтров грязеуловителей (ФГУ).

УПС предназначается для подключения НПС к магистральному нефтепроводу и приёма, запуска очистных, разделительных и диагностических устройств. На ФГУ осуществляется очистка транспортируемой по нефтепроводам нефти от посторонних предметов. Очищенная нефть поступает в резервуарный парк (РП).

РП НПС предназначен для создания запасов нефти с целью обеспечения бесперебойной работы трубопровода в случае прекращения или неравномерной поставки нефти с промысла, а также для приема нефти при аварийных или плановых остановках перекачки. Далее нефть направляется на (подпорную нефтеперекачивающую станцию) ПНС. В случае, когда все резервуары заполнены, нефть направляется на ПНС, минуя РП.

ПНС используется для создания определенного давления на приеме магистрального насоса, чтобы избежать возникновения зон пониженного давления. Далее нефть, пройдя через узел учета нефти (УУН), где осуществляется измерения количества и показателей качества нефти, поступает с требуемым давлением на магистральный насосный станции (МНС).

На МНС магистральный насосный агрегат (МНА) создают требуемый напор нефти, которая затем поступает на камеру регулирования давления (КРД). Система автоматического регулирования давления осуществляет поддержание давления с помощью регулятора давления. Далее нефть поступает на магистральный нефтепровод [4].

### **2.3 Разработка структурной схемы АС**

Структурная схема нефтеперекачивающей станции структура автоматизированной системы, построенная по трёхуровневому иерархическому принципу.

На нижнем уровне находится полевое оборудование: датчики, ис-

полнительные механизмы и их вторичные приборы, щиты станций управления. В задачи оборудования этого уровня входит измерение физических параметров и их преобразование в стандартные типы электрических сигналов, получение управляющих сигналов от оборудования среднего уровня (контроллеры) и непосредственное управление технологическим оборудованием в соответствии с этими сигналами.

Средний уровень создается с применением высокопроизводительных программируемых логических контроллеров с распределенной системой ввода-вывода.

На верхнем уровне осуществляется централизованный контроль и управление технологическим процессом. В состав оборудования верхнего уровня входят рабочие станции операторов-технологов (автоматизированные рабочие места) и серверы [5].

## **2.4 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема предназначена для разъяснения процессов, происходящих в отдельных функциональных цепях изделия или изделия в целом. Для сложного изделия разрабатывается несколько функциональных схем, поясняющих происходящие процессы при различных предусмотренных режимах работы. Количество функциональных схем, разрабатываемых на изделие, степень их детализации и объем помещаемых сведений определяется разработчиком с учетом особенностей изделия.

На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы) и связи между ними. Графическое построение схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, происходящих в изделии. Действительное расположение в изделии элементов и устройств может не учитываться.

Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных в соответствующих

стандартах на условные графические обозначения этих групп и элементов. В этом случае действуют правила выполнения принципиальных схем. Отдельные функциональные части на схеме допускается изображать в виде прямоугольников. В этом случае эти части схемы следует выполнять по правилам структурных схем [6].

## 2.5 Выбор датчиков

### 2.5.1 Выбор датчика давления

Для измерения давления на входе и выходе насосных агрегатов выбран датчик давления. Ниже представлена таблица 2 сравнения для выбора датчика давления.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики датчика давления

Название	Метран 150	Элемер-АИР-30
Предел измерения	До 60 МПа	До 60 МПа
Точность	$\pm 0,075 \%$	$\pm 0,075 \%$
Выходной сигнал	(4 – 20) мА с HART протоколом; (0 – 5) мА.	(4 – 20) мА с HART протоколом; (0 – 5) мА.
Взрывозащита	1ExdIICT6	ExdIICT6-X
Температура окружающей среды	от минус 40 до плюс 80 °C	от минус 40 до плюс 70 °C
Средний срок службы	15 лет	10 лет
Цена	От 30 000 руб.	От 37 000 руб.

Было принято решение об установке датчика Метран 150 для измерения давления [7].

Датчик избыточного давления Метран 150 изображен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Датчик давления Метран 150

### 2.5.2 Выбор расходомера

В процессе перекачки нефти на НПС необходимо отслеживать расход поступающей нефти и знать объем поступившей нефти.

Ниже представлена таблица 3 сравнения для выбора датчика расходомера [8].

Таблица 3 – Сравнительные характеристики датчика расходомера

Название	OPTIMASS 1000	Dynasonics TFX Ultra
Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	350	300
Точность	± 0,012 %	± 0,015 %
Выходной сигнал	(4-20) мА /HART	RS-485
Взрывозащита	IEХіbІІBT5	ExdІІCT6-X
Температура окружающей среды	от минус 40 до плюс 85 °С	от минус 40 до плюс 60 °С
Средний срок службы	10 лет	10 лет
Цена	От 190 000 руб.	От 370 000 руб.

Для измерения расхода будем использовать расходомер OPTIMASS 1000, который представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Расходомер OPTIMASS 1000

### 2.5.3 Выбор датчиков температуры

Для измерения температуры подшипников электродвигателей и насосных агрегатов. Ниже представлена таблица 4 сравнения для выбора датчика давления [9].

Таблица 4 – Сравнительные характеристики датчика измерения температуры

Название	Rosemount 644	ТСП Метран-245
Точность	± 0,5 %	± 0,5 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА с HART протоколом;	(4 – 20) мА с HART протоколом;
Взрывозащита	Ex tb IIIС Т Db X	Ex tb IIIС Т
Рабочая температура	от минус 40 до плюс 300 °С	от минус 50 до плюс 180 °С
Средний срок службы	15 лет	8 лет
Цена	От 50 000 руб.	От 47 000 руб.

Было принято решение об установке датчика температуры Rosemount 644

для измерения температуры подшипников насоса.

Датчик температуры Rosemount 644 изображен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Датчик температуры Rosemount 644

#### 2.5.4 Выбор исполнительных механизмов

Регулирующий клапан является исполнительным устройством, для нашего проекта это единственное исполнительное устройство. Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Таблица 5 – Технические характеристики исполнительных устройств

Название	25с947нж	клапан TRV с электроприводом ST Regada
Напряжение питания, В	24	24
Рабочая температура, °С	от минус 40 до плюс 450 °С	от минус 40 до плюс 225 °С
Средний срок службы	10 лет	10 лет
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	2500	2000
Цена	40 000 руб.	50 000 руб.

Было принято решение об установке исполнительного устройства 25с947нж [10].

Исполнительный механизм 25с947нж изображен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Исполнительный механизм 25с947нж

### 2.5.5 Выбор контроллерного оборудования

Программируемый контроллер — специальная разновидность электронной вычислительной машины. Чаще всего ПЛК используют для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека.

Таблица 6 – Сравнительные характеристики ПЛК

Название	REGUL R600	R-AT-MM/RTU32
Рабочая температура, °С	от минус 40 до плюс 65 °С	от минус 40 до плюс 60 °С
Среда разработки	Epsilon LD	DebitCalc

Продолжение таблицы 6 – Сравнительные характеристики ПЛК

Напряжение питания, В	DC 18 ÷ 36	DC 18 ÷ 24
Интерфейсы	RS-485 RS-232 Ethernet	RS-485 RS-232 Ethernet USB
Время одного цикла, мс	1	1
Количество входов/выходов	32 DI 32 DO 16 AI 8 AO	12 DI 4 DO 10 AI 2 AO
Средний срок службы	15 лет	8 лет
Цена	55 000 руб.	60 000 руб.

Было принято решение об установке REGUL R600 [11].

REGUL R600 изображен на рисунке 6.

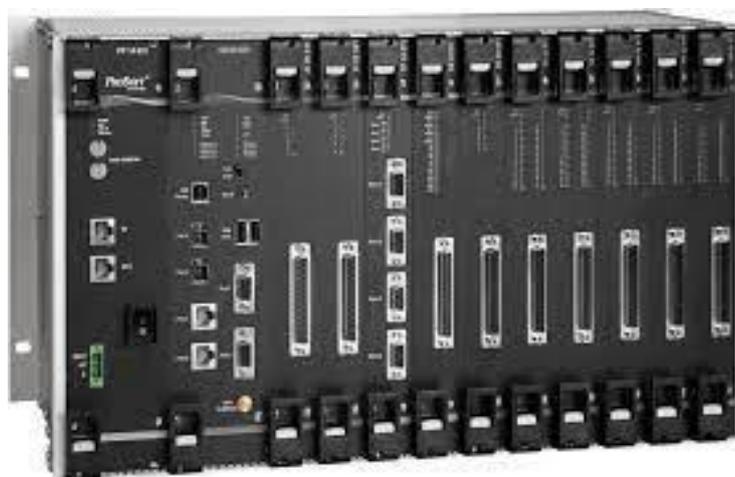


Рисунок 6 – ПЛК REGUL R600

## 2.6 Разработка схемы внешних проводов

В Приложении В приведена схема внешних проводов. В схеме используется кабель КВВГ. КВВГ (К - кабель контрольный, В – ПВХ изоляция, В – оболочка из ПВХ, Г - без защитного покрова), предназначен для

неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам [12].

## **2.7 Разработка алгоритмов управления**

Технологический режим работы ТУ МТ характеризуется значениями следующих основных параметров:

- производительность перекачки;
- объем подкачки (отбора);
- количество, тип и номер работающих подпорных и магистральных насосных агрегатов на каждой ПС;
- рабочее давление на приеме и на выходе каждой ПС, а при применении регулятора давления дополнительно задается значение рабочего давления в коллекторе магистральных насосных агрегатов ПС [13].

Разрешенное давление по участкам МТ устанавливается с учетом раскладки труб и их фактического состояния. Рабочее давление на участке МТ на всех режимах работы МТ должно быть не выше максимально разрешенного давления.

В автоматизированных системах используются различные алгоритмы, такие как:

- алгоритмы запуска / останов технологического оборудования;
- ПИД-алгоритм, для автоматического регулирования технологических параметров;
- алгоритмы централизованного управления.

При выполнении блок-схем алгоритмов использовались элементы согласно ГОСТ 19.701-90 [14].

### **2.7.1 Разработка алгоритма пуска**

Данный алгоритм запускает насосный агрегат и открывает клапан.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Проверка поступления команды от оператора, если нет, то ничего не

происходит.

2. Проверяется давление всасывающей линии (наличие нефти), если оно не в норме, то выдается сообщение о пониженном давлении.
3. Команда на клапан для открытия.
4. Команда на привод для запуска.

### **2.7.2 Разработка алгоритма останова**

Данный алгоритм останавливает насосный агрегат и закрывает клапан.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Проверка поступления команды от оператора, если нет, то ничего не происходит.
2. Команда на клапан для закрытия.
3. Остановка насосного агрегата.

### **2.7.3 Разработка алгоритма и программы работы автоматизированной системы**

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления на входе/выходе трубопровода НПС. Для данного канала разберем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных давления на входе/выходе трубопровода НПС представлен на рисунке 7.

Данный алгоритм реализуется в функционале среднего уровня АС (в ПЛК). Последовательность работы АС по данному алгоритму:

- опрос показания датчика давления;
- считывание аналогового сигнала (4-20) мА с модуля ввода-вывода ПЛК;
- сравнение с предыдущим значением;
- в случае изменения значения, отправляются новые данные на верхний уровень (SCADA) для отображения на экране;

- проверка нового значения на нахождения в диапазоне допустимых значений;
- вывод информации на верхнем уровне (SCADA) о недопустимых значениях давления [15].

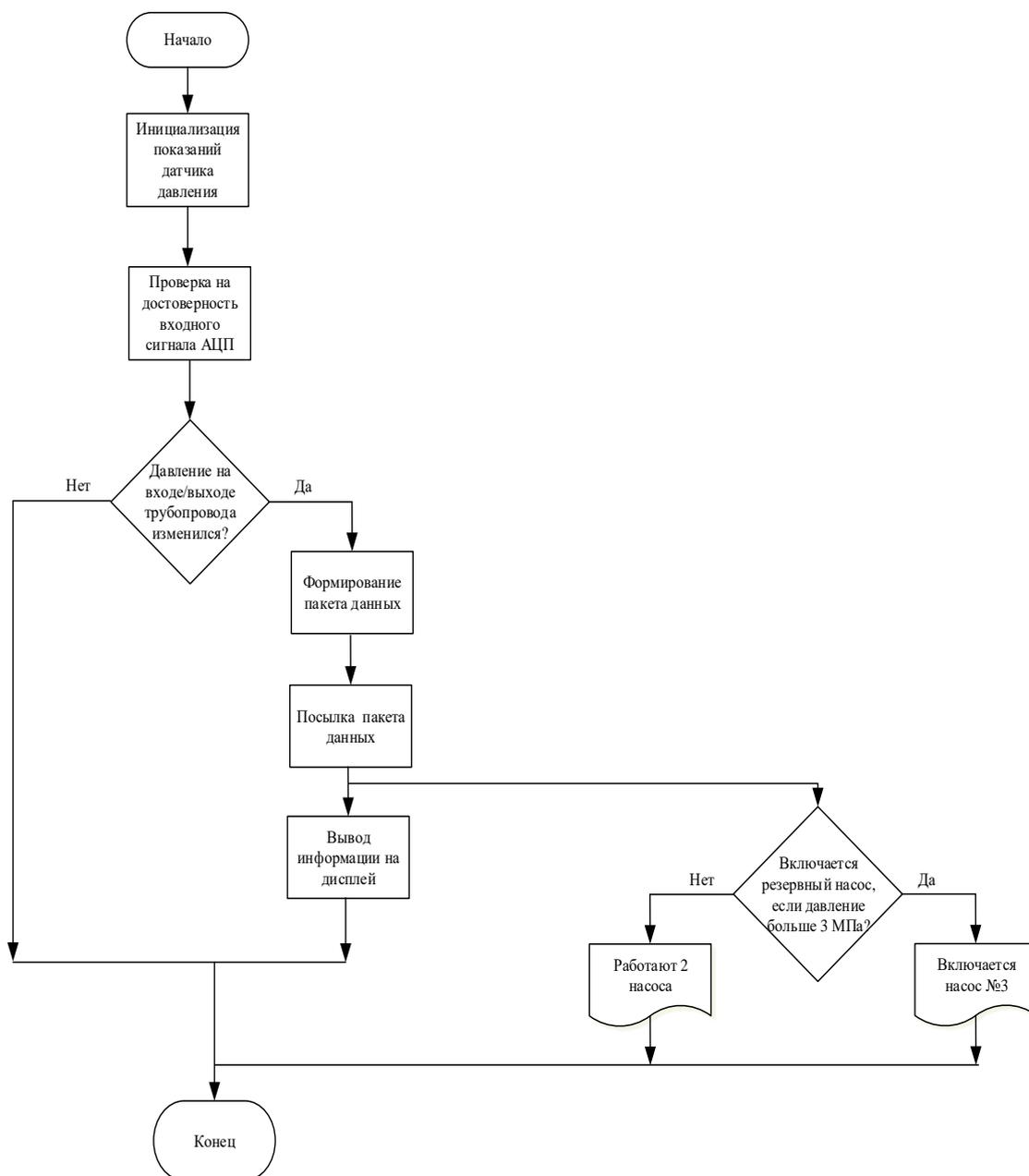


Рисунок 7 – Алгоритм сбора данных

В качестве технологического оборудования выберем насосы для перекачки нефти. Для выбранного технологического оборудования разработаем алгоритм пуска/останова. Алгоритм пуска/останова насосных агрегатов НПС представлен на рисунке 8.

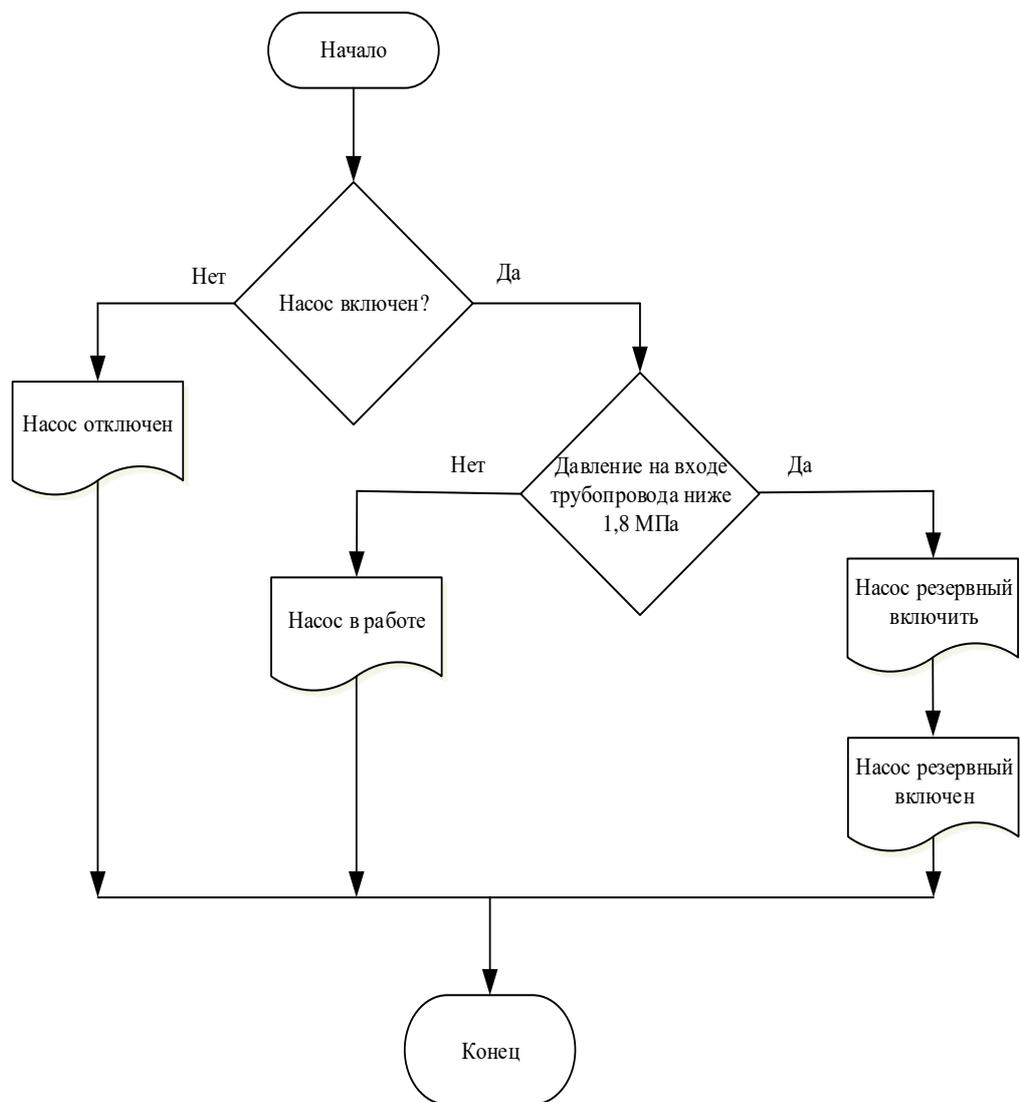


Рисунок 8 – Алгоритм пуска/останова насоса

## 2.8 Математическая модель системы

В качестве регулируемой величины выступает давление в магистрали нефтепровода. В качестве алгоритма регулирования используется ПИД-закон.

Структурная схема автоматического регулирования (рисунок 9) состоит из: входного воздействия (уставка), ПЛК (реализующий функцию ПИД-регулятора), мотора редуктора, штока, регулирующего клапана, объект управления (трубопровод), датчика давления с масштабирующим звеном (является обратной связью).

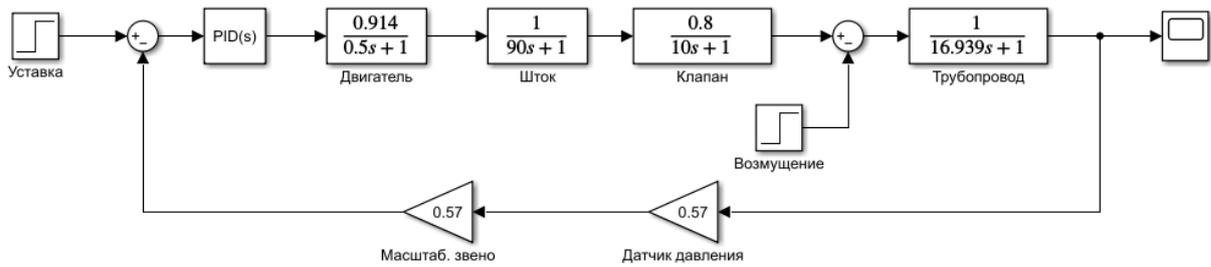


Рисунок 9 – Структурная схема системы автоматического регулирования давления с возмущением

Объектом управления является участок магистрали нефтепровода.

Оператор задает давление, которое необходимо поддерживать в нефтепроводе.

Это значение подается в ПЛК, где происходит сравнение его со значением текущего давления, полученного с датчика давления. Затем происходит формирование выходного сигнала, этот сигнал подается на двигатель, который меняет площадь проходного сечения клапана.

Рассмотрим передаточные функции звеньев, входящих в данную модель.

Передаточная функция трубопровода описывается апериодическим звеном первого порядка по формуле (1):

$$W_{\text{тр}} = \frac{k_{\text{тр}}}{T_{\text{тр}} \cdot s + 1}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{тр}}$  – передаточная функция трубопровода;

$k_{\text{тр}}$  – коэффициент передачи трубопровода, МПа · час/м<sup>3</sup> ;

$T_{\text{тр}}$  – постоянная времени трубопровода, с;

$s$  – оператор Лапласа.

Коэффициент определяются по формуле (2):

$$k_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{тр}}}{P_{\text{тр}}} = \frac{40}{40} = 1, \quad (2)$$

где  $P_{\text{тр}}$  – давление в трубопроводе.

Постоянная времени трубопровода определяется по формулам (3-5):

$$T_{\text{тр}} = \frac{L}{v}, \quad (3)$$

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

$v$  – скорость потока.

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (4)$$

где  $Q$  – объемный расход;

$S$  – площадь сечения трубы.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (5)$$

где  $d$  – диаметр трубы.

Характеристики трубопровода приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики трубопровода

Характеристика	Значение
Диаметр трубы, $D$	0,5 м
Объемный расход, $Q$	1250 м <sup>3</sup> /ч
Длина участка, $L$	30 м

Произведем необходимые расчеты:

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,196 \text{ м}^2$$

$$v = \frac{1250}{0,196} = 6377,551 \text{ м/ч} = 1,771 \text{ м/с}$$

$$T_{\text{тр}} = \frac{30}{1,771} = 16,939 \text{ с};$$

Получаем передаточную функцию трубопровода:

$$W_{\text{тр}} = \frac{1}{16,939 \cdot s + 1}$$

Передаточную функцию двигателя опишем апериодическим звеном первого порядка по формуле (6):

$$W_{\text{дв}} = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} \cdot s + 1}, \quad (6)$$

где  $W_{\text{дв}}$  – передаточная функция двигателя;

$k_{\text{дв}}$  – коэффициент передачи двигателя, об/сек·Гц;

$T_{\text{дв}}$  – постоянная времени двигателя, с.

Необходимые характеристики двигателя приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики двигателя

Характеристика	Значение
Рабочий ход, l	50 мм
Скорость управления, $v_{дв}$	32 мм/мин
Время закрытия, $t_{дв}$	90 с

Коэффициент передачи двигателя определяется как отношение угловой скорости  $v_{дв}$  к токовому сигналу с контроллера по формуле (7):

$$k_{дв} = \frac{v_{дв}}{k_{тп}}, \quad (7)$$

$$k_{дв} = \frac{32}{35} = 0,914 \text{ мм}/(\text{мин} \cdot \text{мА})$$

Постоянную времени двигателя примем равной  $T_{дв}$  равно 0,5 с и получим передаточную функцию двигателя:

$$W_{дв} = \frac{0,914}{0,5 \cdot s + 1},$$

Шток представляет из себя интегрирующее звено по формуле (8):

$$W_{ш} = \frac{1}{T_{ш} \cdot s}, \quad (8)$$

где  $W_{ш}$  – передаточная функция штока;

$T_{ш}$  – постоянная времени штока, с.

Постоянная времени штока определяется из значения времени полного хода штока и равна 90 с. Получим передаточную функцию штока:

$$W_{ш} = \frac{1}{90 \cdot s}$$

Клапан опишем апериодическим звеном первого порядка по формуле (9):

$$W_{кл} = \frac{k_{кл}}{T_{кл} \cdot s + 1}, \quad (9)$$

где  $W_{кл}$  – передаточная функция клапана;

$k_{кл}$  – коэффициент передачи клапана, МПа/мм;

$T_{кл}$  – постоянная времени клапана, с.

Коэффициент передачи клапана определяется, как отношение максимального давления к ходу штока по формуле (10):

$$k_{\text{кл}} = \frac{P_{\text{max}}}{l} \quad (10)$$
$$k_{\text{кл}} = \frac{40}{50} = 0,8 \text{ МПа/мм}$$

Постоянную времени клапана примем равной 10 с. Тогда передаточная функция клапана:

$$W_{\text{кл}} = \frac{0,8}{10 \cdot s + 1}$$

Датчик давления преобразует значение давления в токовый сигнал.

Передаточная функция датчика будет выглядеть по формуле (11):

$$W_{\text{дд}} = k_{\text{дд}} = \frac{I_{\text{max}}}{P_{\text{max}}}, \quad (11)$$

где  $W_{\text{дд}}$  – передаточная функция датчика давления;

$k_{\text{дд}}$  – коэффициент передачи датчика давления, мА/МПа.

$$W_{\text{дд}} = \frac{20}{35} = 0,57 \text{ мА/МПа}$$

Передаточная функция масштабирующего коэффициента будет обратной к передаточной функции датчика давление, т.к. с помощью данного коэффициента ПЛК восстанавливает значение давления из токового сигнала по формуле (12):

$$W_{\text{масш}} = \frac{P}{I}, \quad (12)$$

где  $W_{\text{масш}}$  – передаточная функция масштабирующего коэффициента;

$$W_{\text{масш}} = \frac{20}{30} = 0,6 \frac{\text{МПа}}{\text{мА}}$$

График переходного процесса с возмущением представлен на рисунке 10.

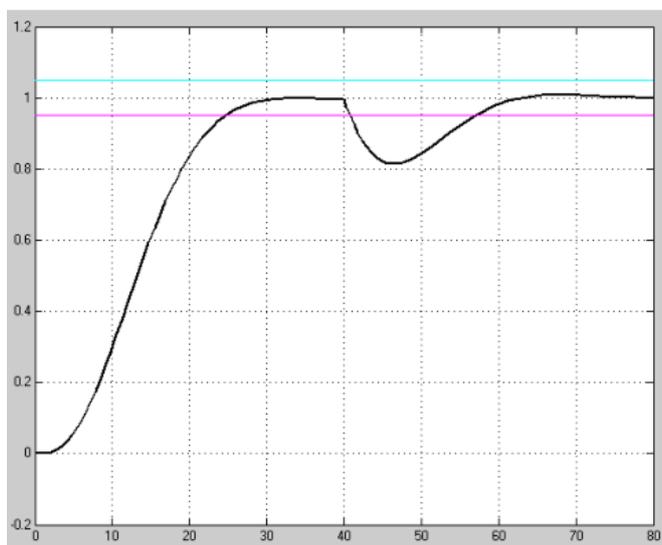


Рисунок 10 – График переходного процесса с возмущением

На графике переходного процесса видно, что система обрабатывает возмущение и возвращает значение давления в магистрали к заданному значению. Данную систему можно использовать в качестве системы стабилизации давления [16].

## 2.9 Разработка информационной части системы автоматизации

### 2.9.1 Разработка человеко-машинного интерфейса технологического уровня

Оператор АРМ может осуществлять управление магистральным насосным агрегатом и задвижкой в ручном режиме для регулирования потока нефти, а так же в автоматическом режиме. Показана мнемосхема насосов с задвижками на рисунке 11.

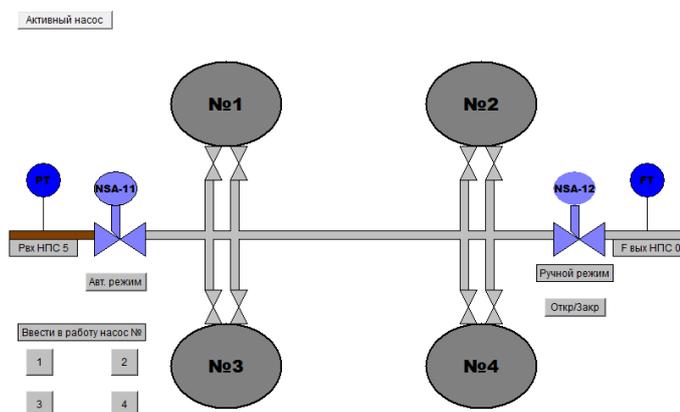


Рисунок 11 – Общая мнемосхема насосов с задвижками

На рисунке 12 показан сам насос в исходном положении, не запущен.

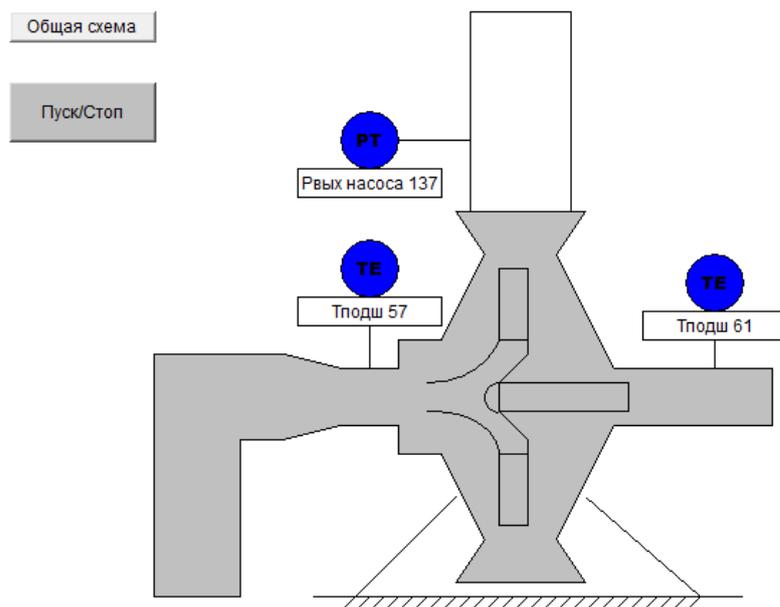


Рисунок 12 – Мнемосхема насоса (не запущен)

На рисунке 13 показан насос, уже запущен.

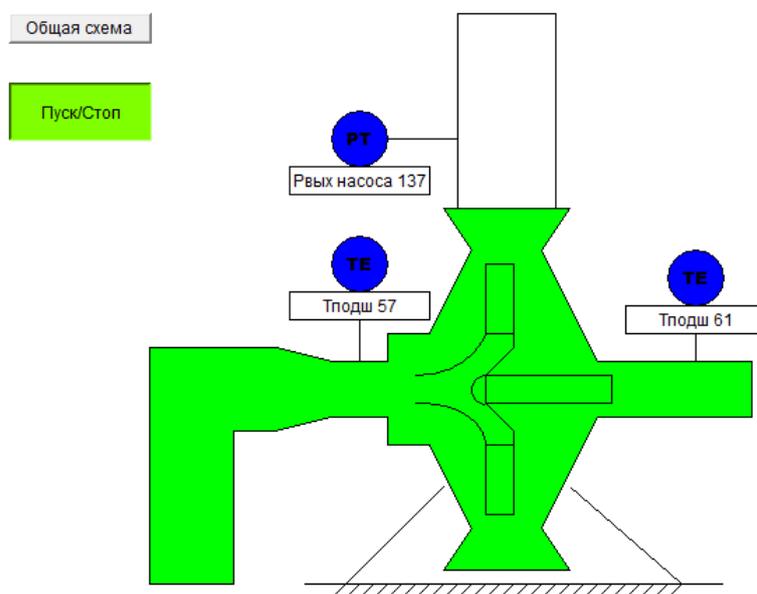


Рисунок 13 – Мнемосхема насоса (запущен)

На рисунке 14 на общей мнемосхеме запущен насос №2, задвижки на входе и выходе нефтепровода закрыты.

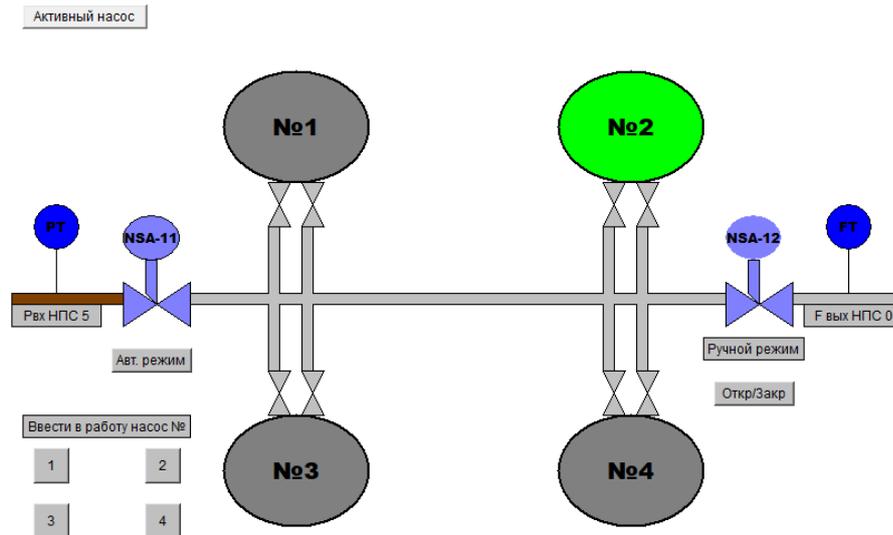


Рисунок 14 – Общая схема, насос №2 запущен

На рисунке 15 на общей мнемосхеме запущен насос №2, и открыта задвижка на входе, где мы видим, что нефть пошла по нефтепроводу. Задвижка на выходе нефтепровода закрыты, а также закрыты задвижки на насосе №2.

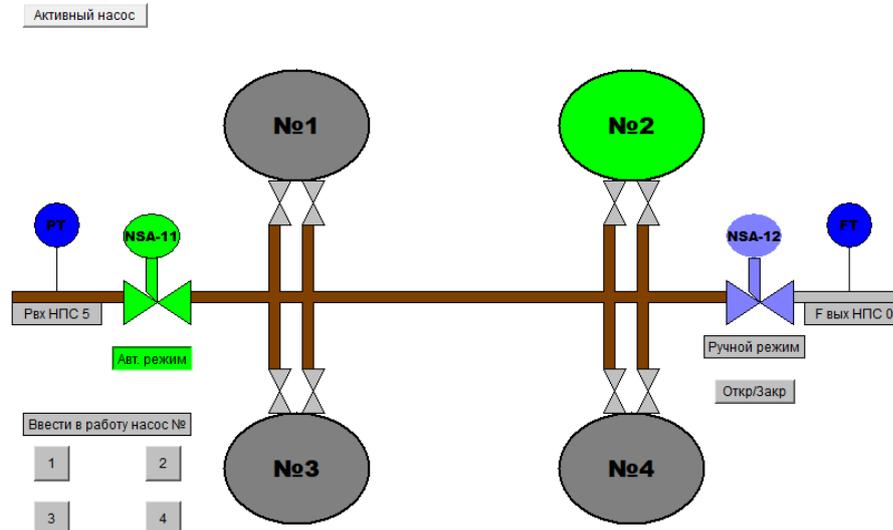


Рисунок 15 – Общая схема, насос №2 запущен, задвижка на входе открыта

На рисунке 16 на общей мнемосхеме запущен насос №2, открыта задвижка на входе и выходе нефтепровода, где мы видим, что нефть пошла по нефтепроводу. Задвижки на насосе №2 закрыты.

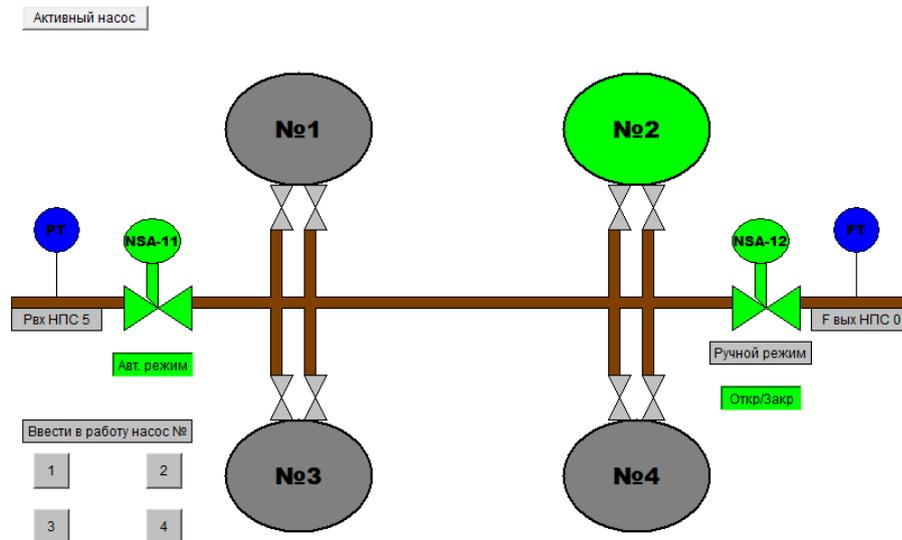


Рисунок 16 – Общая схема, насос №2 запущен, задвижки все открыты, кроме как на насосе №2

На рисунке 17 на общей мнемосхеме запущен насос №2, открыта задвижка на входе и выходе нефтепровода, а также на самом насосе. Мы видим, что нефть идет по нефтепроводу с помощью запущенного насоса №2.

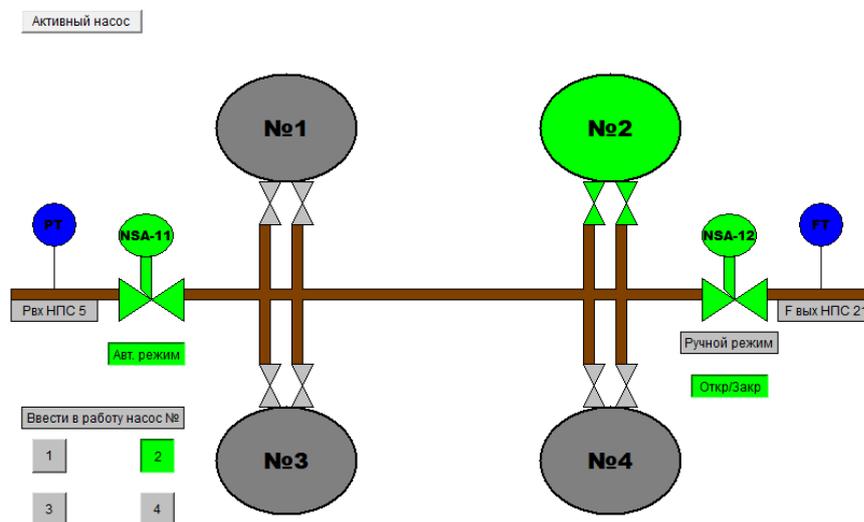


Рисунок 17 – Технологический процесс в работе

Код программы в CoDeSys представлен на рисунке 18,19 [17].

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003   Sost_act_n: BOOL;
0004   Avt_11: BOOL;
0005   Zad_N_1: BOOL;
0006   Zad_N_2: BOOL;
0007   Zad_N_3: BOOL;
0008   Zad_N_4: BOOL;
0009   P_vh_NPS: INT:=5;
0010
0011   P_vih_N: INT:=137;
0012   T_pod_1: INT:=57;
0013   T_pod_2: INT:=61;
0014   F_NPS: BLINK;
0015
0016   F_NPS_1: CTU;
0017   F: INT;
0018   Sost_12: BOOL;
0019   NSA12: PID;
0020   F_NPS_2: REAL;
0021   Dif: REAL;
0022   Intgr: REAL;
0023   Kof: REAL;
0024   Zadanie: REAL;
0025   Tek_Znach: REAL;
0026 END_VAR

```

Рисунок 18 – Код программы

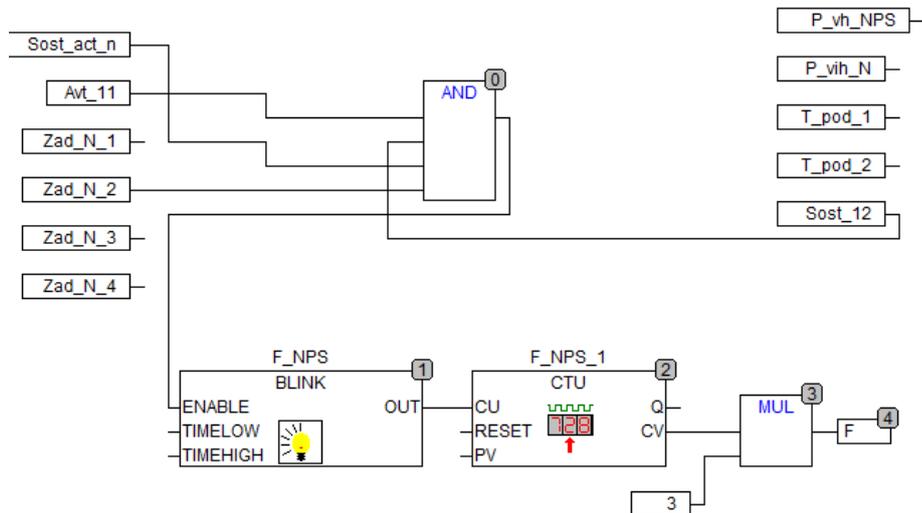


Рисунок 19 – Код программы

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

В ВКР рассматривается проектирование автоматизированной системы управления нефтеперекачивающей станции. Разработанная автоматизированная система управления должна обеспечивать автоматизированный и дистанционный контроль и управление в реальном времени технологическим процессом приема, хранения, отпуска нефтепродуктов.

Целью создания данной автоматизированной системы управления является внедрение автоматизированных и математических методов контроля и управления технологическими процессами и объектами, минимизация технологических издержек (экономия электроэнергии, продление ресурса электродвигателей) и снижение трудоемкости управления технологическими процессами.

#### 3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно исследовательский проект.

Проведём анализ с помощью технологии QuaD и для упрощения заполним таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Точность	0,1	100	100	1	10

Продолжение таблицы 3.1 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,1	95	100	0,95	9,5
Быстрота проведения контроля	0,2	90	100	0,9	18
Безопасность	0,1	100	100	1	10
Экологичность	0,1	100	100	1	10
Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,8	4
Компактность	0,15	90	100	0,9	13,5
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,1	85	100	0,85	8,5
Срок службы	0,1	100	100	1	10
Итого	1	840	900	8,4	93,5

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам проведенного анализа видим, что методика имеет высокие шансы занимать лидирующие позиции на рынке [18].

### 3.2 SWOT-анализ

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

1. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.
2. Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.
3. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.
4. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Проведем первый этап SWOT-анализа и запишем результаты в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Современные датчики и исполнительные механизмы.</p> <p>С2. Передача информации на большие расстояния.</p> <p>С3. Возможность модификации.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ.</p> <p>Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией.</p> <p>Сл3. Проведение испытаний только на реальном оборудовании.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Модернизация производств нефтяной отрасли.</p> <p>В2. Снижение стоимости за счёт использования оборудования предприятия.</p> <p>В3. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Проблемы с поставкой оборудования;</p> <p>У2. Повышение цен на оборудование.</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT представлена в таблицах 3.3-3.6.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	-
	B2	-	+	-
	B3	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сильные стороны и возможности проекта: B1C1C2, B2C2, B3C1C3.

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	+
	B2	+	+	-
	B3	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны и возможности проекта: B1Сл3, B2Сл1Сл2, B3Сл3.

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сильные стороны и угрозу проекта: У3С3.

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	-
	У2	-	+	+
	У3	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны и угрозу проекта: У2Сл2Сл3.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица

SWOT-анализа, которая приводится в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Современные датчики и исполнительные механизмы. С2. Передача информации на большие расстояния. С3. Возможность модификации.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ. Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией. Сл3. Проведение испытаний только на реальном оборудовании.
<b>Возможности:</b> В1. Модернизация производств нефтяной отрасли. В2. Снижение стоимости за счёт использования оборудования предприятия. В3. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.	В1С1С2. Позволит создать одни из лучших технических и временных показателей системы. В2С2. Позволит создать одни из лучших технических и временных показателей системы. В3С1С3. Увеличение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ.	В1Сл3. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях. В2Сл1Сл2. Расширение штата АСУ ТП на производстве. В3Сл3. Стимулирование студентов на трудоустройство в компании.
<b>Угрозы:</b> У1. Проблемы с поставкой оборудования; У2. Повышение цен на оборудование. У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.	У3С3. Модификация производства, что позволит снизить стоимость себестоимости нефти.	У2Сл2Сл3. Замена оборудования на отечественные аналоги и повышении классификации на этом оборудовании.

SWOT-анализ показывает, что на проект могут оказывать влияние ряд факторов. Также, таблица показывает способы предотвращения или решения возникших трудностей с проектированием. Исходя из анализа, дальнейшая работа будет направлена на создание сильных сторон и использование существующих возможностей в процессе проектирования [19].

### 3.3 Структура работ в рамках научного исследования

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

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований [20].

При реализации проекта рассматриваются два исполнителя:

Руководитель проекта;

Инженер.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	2	Выбор направления исследований	Руководитель проекта, инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта, инженер
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта, инженер

Продолжение таблицы 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор и изучение материалов	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание технологического процесса	Руководитель проекта, инженер
Разработка технической документации и проектирование	7	Разработка схем автоматизации	Руководитель проекта, инженер
	8	Составление пояснительной записки	Инженер
	9	Оформление графического материала	Инженер
	10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель проекта, инженер
Оформление отчета по работе	11	Подведение итогов, оформление работы	Руководитель проекта, инженер

### 3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости

$t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (2)$$

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

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой, чел.-дн.

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел. [21].

### 3.5 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ является построение диаграммы Ганта.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа [22].

Коэффициент календарности (2021)

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,47 \quad (6)$$

Все значения, полученные при расчетах приведены в таблице 9.

Таблица 3.9 – Временные показатели проведенного исследования

№ работы	Этап работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
		$t_{\min i}$ , чел-дни		$t_{\max i}$ , чел-дни		$t_{\text{ож} i}$ , чел-дни			И	РП	И	РП
		И	РП	И	РП	И	РП					
1	Подбор и изучение материалов по теме	1	–	2	–	1,4	–	1	1,4	–	2	–
2	Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,2	2,2	2	1,1	1,1	2	2
3	Календарное планирование работ по теме	1	1	2	1	1,4	1	2	0,7	0,5	1	1
4	Составление и утверждение технического задания	4	3	7	3	5,2	3	2	2,6	1,5	4	2

Продолжение таблицы 3.9 – Временные показатели проведенного исследования

№ работы	Этап работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
		$t_{\min i.}$ чел-дни		$t_{\max i.}$ чел-дни		$t_{ож. i.}$ чел-дни			$T_{pi}$		$T_{ki}$	
		И	РП	И	РП	И	РП		И	РП	И	РП
5	Подбор и изучение материалов	12	–	25	–	17,2	–	1	17,2	–	25	–
6	Описание технологического процесса	3	1	4	1	3,4	1	2	1,7	0,5	3	1
7	Разработка схем автоматизации	2	1	4	1	2,8	1	2	1,4	0,5	2	1
8	Составление пояснительной записки	1	–	2	–	1,4	–	1	1,4	–	2	–
9	Оформление графического материала	3	–	7	–	4,6	–	1	4,6	–	8	–
10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	2	1	4	2	2,8	1,4	2	1,4	0,7	2	1
11	Подведение итогов, оформление работы	3	1	7	2	4,6	1,4	2	2,3	0,7	3	1
Итого									36	6	54	9

На основе таблицы 3.9 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта и представлен таблице в 10.10.

Таблица 3.10 – Календарный план-график

№ работы	Исполнители	$T_{ki}$ , кал.дни	Продолжительность выполнения работ											
			Март		Апрель			Май						
			2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Инженер	2												
2	Руководитель проекта, инженер	2												
		2												
3	Руководитель проекта, инженер	1												
		1												
4	Руководитель проекта, инженер	4												
		2												
5	Инженер	25												
6	Руководитель проекта, инженер	3												
		1												
7	Руководитель проекта, инженер	2												
		1												
8	Инженер	2												
9	Инженер	8												

Продолжение Таблицы 3.10 – Календарный план-график

№ работы	Исполнители	$T_{ki}$ , кал.дни	Продолжительность выполнения работ								
			Март		Апрель			Май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	
10	Руководитель проекта, инженер	2									
		1									
11	Руководитель проекта, инженер	3									
		1									

Руководитель проекта       Инженер

### 3.6 Расчет материальных затрат НИИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расчi} \quad (7)$$

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

$N_{расчi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

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

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками) [23].

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 3.1.

Таблица 3.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы ( $Z_m$ ), руб.
Бумага для принтера	Пачка	1	600	600,00
Ручки	шт.	2	40	80,00
Карандаши	шт.	1	15	15,00
Калькулятор инженерный	шт.	1	550	550,00
Картридж для цветного принтера	шт.	1	3000	3000,00
Картридж для чёрно-белого принтера	шт.	1	2200	2200,00
Дырокол	шт.	1	250	250,00
Папка-скоросшиватель	шт.	1	50	50,00
<b>Итого</b>				<b>6745,00</b>

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 15 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_m = 1,15 \cdot 6745 = 7756,75 \text{ руб.}$$

### 3.6.1 Расчет амортизации оборудования

На выполнение исследования дается 3 месяца. Для выполнения исследования необходим персональный компьютер или ноутбук и многофункциональное устройство (МФУ).

Норма амортизации рассчитывается следующим образом:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} * 100\%, \quad (8)$$

где СПИ – срок полезного использования (для офисной техники 2-3 года);

N – норма амортизации.

$$N = \frac{1}{3} * 100\% = 33,3\%$$

В ходе использования оборудование теряет свою ценность, из-за этого стоит учесть стоимость амортизационных отчислений для данного оборудования:

$$A = \frac{\text{Стоимость} * N \text{ дней.исп-ния.}}{\text{Срок службы} * 365} \quad (9)$$

$$A_{\text{ноутбук}} = \frac{50000 * 90}{3 * 365} = 4109,60 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{мфу}} = \frac{25000 * 90}{3 * 365} = 2054,80 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 4109,6 + 2054,8 = 6164,40 \text{ руб.}$$

Принимаем срок полезного использования ноутбука равным 3 года, а МФУ равным 3 года. В таблице 3.12 приведем расчет амортизационных отчислений [24].

Таблица 3.12 – Расчет амортизационных отчислений

	Стоимость, руб.	СПИ, лет	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Ноутбук	50000	3	33,3	16437,60	1369,80	4109,60
МФУ	25000	3	33,3	8218,80	684,90	2054,80
Итого						6164,40

### 3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 3.13.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (10)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата ((12-20) % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (11)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 3.4);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (12)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 3.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	67	118
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени на отпуск:		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{окл} \cdot k_p, \quad (13)$$

где  $Z_{окл}$  – оклад, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,5 (для Томской области) [25].

Руководитель проекта имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад на весну 2021 год составлял 33660 руб..

Оклад инженера на весну 2021 года составил 23400 руб..

Основная заработная плата представлена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_T$	$Z_{окл}$ , руб.	$k_{p+}$ северная надбавка	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель проекта	–	–	33660	1,5	50490	2100,38	6	12602,28
Инженер	–	–	23400		35100	1636,95	36	58930,20
Итого $Z_{осн}$								71532,48

### 3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (14)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным (0,12 – 0,15)) [25].

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп. руб.}}$	$Z_{\text{осн. руб}}$	$Z_{\text{доп. руб.}}$
Руководитель проекта	0,12	12602,28	1512,27
Инженер		58930,20	7071,62
Итого			8583,89

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

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (15)$$

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

На 2022 год в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 % [26].

Сумма страховых взносов представлена в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель проекта	Инженер
Основная заработная плата, руб.	12602,28	58930,20
Дополнительная заработная плата, руб.	1512,27	7071,62
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	4234,36	19800,54
Итого	24034,90	

### 3.6.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} \quad (16)$$

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{амор}}),$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16 [27].

$$Z_{\text{накл}} = (7756,75 + 71532,48 + (1512,27 + 7071,62) + (4234,36 + 19800,54) + 6164,4) \cdot 0,16 = 18891,58 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ по форме, приведенной в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	7756,75
2. Затраты на амортизацию оборудования.	6164,40
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	71532,48
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8583,89
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24034,90
6. Накладные расходы	18891,58
7. Бюджет затрат НТИ	136964,00

Проанализировав полученный результат, можно сделать вывод, что основная статья бюджета затрат расходуется на оплату труда исполнителям НИ. Общая сумма затрат на научное исследование составило 136964,00 рубля.

### 3.7 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

#### 3.7.1 Определение финансовой эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 17). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

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

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

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

В роли исполнителей будет выступать студент-дипломник (инженер) с руководителем проекта, ПАО «Транснефть», АО «Востокгазпром».

Проведем расчеты интегрального финансового показателя и заполним таблицу 3.18.

$$I_{\text{финр}}^{\text{студент}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{239800,77}{300000} = 0,79;$$
$$I_{\text{финр}}^{\text{ПАО «Транснефть»}} = \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{270000}{300000} = 0,90;$$
$$I_{\text{финр}}^{\text{АО «Востокгазпром»}} = \frac{\Phi_3}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{300000}{300000} = 1.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля) [28]. Расчет интегрального финансового показателя

приведен в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнители	$\Phi_{pi}$	$\Phi_{max}$	$I_{\text{студент}}^{\text{финр}}$	$I_{\text{ПАО «Транснефть»}}^{\text{финр}}$	$I_{\text{ОАО «Востокгазпром»}}^{\text{финр}}$
Инженер с руководителем проекта	239800,77	300000	0,79	0,90	1
ПАО «Транснефть»	270000				
АО «Востокгазпром»	300000				

### 3.7.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (18)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы 3.19.

Таблица 3.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Инженер с руководителем проекта	Исп.2 ПАО Транснефть»	Исп.3 АО «Востокгазпром»
Точность	0,10	5	4	4
Надежность	0,10	5	4	5
Быстрота проведения контроля	0,15	4	5	4
Безопасность	0,25	5	4	4

Продолжение таблицы 3.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Инженер с руководителем проекта	Исп.2 ПАО Транснефть»	Исп.3 АО «Востокгазпром»
Экологичность	0,10	4	5	5
Простота эксплуатации	0,05	4	3	3
Компактность	0,25	5	4	3
ИТОГО	1	32	29	28

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,10 \cdot 5 + 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,10 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 = 4,70$$

$$I_{p2} = 0,10 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 = 4,20$$

$$I_{p3} = 0,10 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 = 3,90$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (I исп.1) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}} \quad (18)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 3.20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. [28]. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (19)$$

Таблица 3.20 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1 Инженер с руководите- лем проекта	Исп.2 ПАО Транс- нефть»	Исп.3 АО «Востокгаз- пром»
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,79	0,90	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,7	4,2	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,9	4,6	3,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84	0,66

## **Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя проекта и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 54 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель проекта – 9;

2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 136964,00руб;

3. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,79, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;

- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 4,2 и 3,9.

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,9, по сравнению с 4,6 и 3,9, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## **4 Социальная ответственность**

Данный раздел ВКР посвящен анализу воздействующих в процессе работы опасных и вредных факторов и выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, уровня шума, электромагнитных и ионизирующих излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые вопросы обеспечения безопасности.

Объектом исследования является модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом нефтеперекачивающей станции. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

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

Трудовой кодекс Российской Федерации регулирует отношения между работником и работодателем на территории Российской Федерации. В нём изложены основные нормы и правила, которые обязаны соблюдать рабочий и работодатель в случае возникновения трудовых отношений. В связи с непрерывным технологическим процессом, протекающим на нефтеперекачивающей станции, использование стандартной пяти- или шестидневной рабочей недели не представляется возможным.

Наиболее подходящим является сменный режим рабочего времени. Сменный режим работ обеспечивает непрерывный режим обслуживания работы нефтеперекачивающей станции. При сменной работе каждая группа работников должна производить работу в течение установленной продолжительности рабочего времени в соответствии с графиком сменности [29].

Обслуживание данной автоматизированной системы управления подразумевает работу с персональным компьютером. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 [30].

В процессе осуществления трудовой деятельности на сотрудника отдела автоматизации технологических процессов могут оказывать воздействие производственные факторы, такие как: шум, влажность воздуха, температура воздуха, электромагнитное излучение, недостаточная освещенность. Для сохранения здоровья работника предусмотрен ряд мер, обеспечивающих безопасность трудовой деятельности.

#### 4.2 Производственная безопасность при эксплуатации

Проанализируем вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении разработки, внедрения и эксплуатации автоматизированной системы нефтеперекачивающей станции согласно ГОСТ 12.0.003-2015, результаты приведены в таблице 4.1 [31].

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Внедрение	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума на рабочем месте;	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [4].
Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [5].

Продолжение таблицы 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Повышенный уровень электромагнитных излучений;	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [6].
Недостаточная освещённость рабочей зоны;	-	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [7].
Поражение электрическим током.	+	+	+	ГОСТ 12.1.019 – 2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [8].

#### 4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

##### Повышенный уровень шума

Источником возникновения шума является технологический процесс работы нефтеперекачивающей станции (шумы от магистральной и дожимной насосных станций), работа вентилятора и т.д. На основе общих требований трудового законодательства каждый наниматель обязан обеспечить санитарные нормы шума на рабочих местах. Шум оказывает влияние на органы слуха, а также на всю нервную систему, тем самым ослабляя внимание работника.

Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ приведены в таблице 4.2 [32].

Таблица 4.2 – Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	31,5	63	31,5	63	31,5	
Помещения управления, рабочие комнаты	31,5	63	31,5	63	31,5	63

Одним из самых простых и действенных способов облегчения работы, является отдых, поэтому целесообразно устраивать кратковременные перерывы в течении рабочего дня при отсутствующих источниках шума.

### **Неблагоприятный микроклимат на рабочем месте**

Неблагоприятные метеоусловия могут привести к быстрой утомляемости, повышению заболеваемости и снижению производительности труда.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 показателями, характеризующими микроклимат в помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха [33].

Следует отметить что работа сотрудника отдела автоматизации технологических процессов относится к категории легких работ (1а). Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата, согласно СанПиН 1.2.3685-21 для категории работа (1а) отражены в таблицах 4.3, 4.4 [33].

Таблица 4.3 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1

Таблица 4.4 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категории работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

### Повышенный уровень электромагнитного излучения

К источникам электромагнитных излучений относятся: подстанции и воздушные линии электропередачи, установки индукционного нагрева, устройства радиолокации, связи, ЭВМ и др.

Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям. Источниками электромагнитного излучения рабочего места оператора нефтеперекачивающей станции являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Рассмотрим нормы напряженностей магнитного и электрического полей согласно ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ (таблица 4.5) [34].

Таблица 4.5 – Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
менее 1	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточная освещённость может быть результатом неправильного расположения источников искусственного света и неправильного использования естественного освещения. Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Освещение рабочих мест внутри помещения характеризуется освещенностью и яркостью. Естественное и искусственное освещение помещений должно соответствовать СП 52.13330.2016 [35]. При этом естественное освещение должно осуществляться через окна.

### **Электробезопасность**

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

Вероятность получения удара электрическим током чаще всего обусловлено следующими обстоятельствами:

- случайным прикосновением к системному блоку и кабелю, находящимся под напряжением. Это происходит в результате ошибочных действий при выполнении работ вблизи или непосредственно на частях, находящихся под напряжением;
- неисправности защитных средств, посредством, которых пострадавший прикасается к токоведущим частям;
- появлением напряжения на металлическом корпусе системного блока, которые не должны находиться под напряжением.

Напряжение на корпусе образуется в результате повреждения изоляции токоведущих частей электрооборудования, замыкания фаз сети на землю;

Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и налаживания шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания. Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть не меньше площади перерезу фазового проводника.

Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПУЭ.

При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования. Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения в близи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение». Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [36].

### **4.3 Экологическая безопасность**

В результате функционирования нефтеперекачивающей станции происходит выделение химически негативных для экологии веществ.

Регулирование предельно допустимых веществ в атмосферу обеспечивает «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу» [37].

Для обеспечения экологической безопасности необходимо оснащение нефтепровода автоматизированной системой контроля возможных утечек, которая обеспечивает:

- защиту трубопровода от почвенной коррозии обеспечивает трехслойное полимерное покрытие, наносимое в заводских условиях;
- для уменьшения возможных потерь нефти при аварийных ситуациях узлы запорной арматуры установлены в пониженных местах рельефа при расстоянии между ними не более 30 км;
- возле каждой задвижки предусматривается установка датчиков отбора давления;
- на линейной части трубопровода предусматриваются вантузы на высоких точках по рельефу местности для впуска воздуха при освобождении и выпуска при заполнении нефтепровода нефтью;

- пересечение нефтепровода с подземными коммуникациями выполняется в соответствии с техническими условиями, представляемыми заинтересованными организациями-владельцами коммуникаций;
- обслуживание трубопровода, проведение текущего и капитального ре-
- монтов, предупреждение и ликвидация аварийных ситуаций осуществляется ремонтными бригадами, входящими в состав ЛЭС (линейно-эксплуатационных служб);
- наличие в штате служб эксплуатации специальных подразделений, ведущих постоянное наблюдение за техническим состоянием объектов нефтепровода;
- открытые площадки технологического оборудования ограждаются бордюром с герметичной заделкой стыков и имеют уклон в сторону приямка;
- предусмотрены системы бытовой и промдождевой канализации на НПС;
- определение объемов образования отходов производства и потребления, безопасных способов их удаления и мест размещения в зависимости от класса опасности [37].

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей [38].

К технологиям ликвидации аварий и инцидентов и технологическим операциям при производстве аварийно-восстановительных работ предъявляются следующие требования:

- спасение людей и устранение угрозы жизни и здоровью населения;
- восстановление герметичности трубопроводов, оборудования и сооружений объектов МТ;
- обеспечение проектного уровня характеристик и несущей способности ремонтируемого объекта, сооружения или оборудования; обеспечение минимального времени простоя МТ при ремонте;
- минимальное воздействие на окружающую среду, соседние коммуникации и объекты.

Все работы по локализации и ликвидации аварий и инцидентов на МТ следует проводить на основе план ликвидации возможных аварий (ПЛВА), планов тушения пожаров в соответствии с разработанными ПЛВА для конкретных объектов МТ [2].

В качестве основного средства тушения пожара нефти и нефтепродуктов принят 6 % раствор пенообразователя. Инертность систем АПТ (с момента возникновения пожара до поступления пены) должна быть не более 3 мин.

Расчётное время тушения пожара пенным раствором принято в соответствии с ВНПБ 01-01-01 и составляет 15 минут. Продолжительность водотушения (охлаждение горящих резервуаров) составляет 4 часа по ГОСТ 12.1.004-91 [39]. В случае возникновения пожара надеть СИЗ. Отключить источники питания и покинуть насосную или операторную согласно плану эвакуации (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – План эвакуации

### Вывод по разделу

В данной главе выпускной квалификационной работы были рассмотрены способы защиты обслуживающего персонала от основных вредных и опасных производственных факторов, с которыми он может столкнуться при работе на нефтеперекачивающей станции.

Кроме этого, были рассмотрены нормативные документы, регулирующие воздействие данных факторов на оператора. Были описаны обоснованные мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов на оператора нефтеперекачивающей станции, указаны факторы, влияющие на экологическую безопасность и основные мероприятия по снижению вредных выбросов в окружающую среду.

Основной чрезвычайной ситуацией на нефтеперекачивающей станции является пожар нефтепродуктов. В разделе перечислены основные мероприятия, позволяющие локализовать и ликвидировать подобную чрезвычайную ситуацию.

## Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы разработана автоматизированная система нефтеперекачивающей станции. В ходе работы был изучен технологический процесс НПС. Разработанные функциональная схема автоматизации и структурная схема позволили определить состав и количество оборудования, необходимого для исполнения данной установки.

Так же в выпускной квалификационной работы была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять работу передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора, и в случае возникновения неисправностей, легко их устранить.

Выбраны датчики, осуществляющие сбор данных на установке. Выбран датчик давления, датчик температуры подшипников насоса, датчик расхода нефти.

Разработаны экранные формы в среде CoDeSyS 2.3 предназначенные для осуществления контроля и оперативного реагирования на изменения технологического процесса насосами.

Разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации нефтеперекачивающей станции, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Был произведён выбор комплекса аппаратно-технических средств реализации автоматизированной системы, а именно были подобраны ПЛК датчик температуры, уровнемер, регулирующие клапаны с электроприводом.

Таким образом, модернизированная автоматизированная система управления нефтеперекачивающей станции имеет высокую гибкость, позволяющую улучшать данную автоматизированную систему управления в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

## Список используемых источников

- 1) Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
- 2) РД-35.240.50-КТН-109-17 Автоматизация и телемеханизация технологического оборудования площадочных и линейных объектов. Основные положения [Электронный ресурс] – URL: [https://niitn.transneft.ru/u/ovp\\_main\\_pdf\\_file/4731/rd-35.240.50-ktn-109-17\\_sr.pdf](https://niitn.transneft.ru/u/ovp_main_pdf_file/4731/rd-35.240.50-ktn-109-17_sr.pdf) – Дата обращения: 20.04.2022.
- 3) Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов – [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850820.htm> – Дата обращения: 20.04.2022.
- 4) Нефтеперекачивающие станции – [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/141714-neftepererekachivayushchie-stantsii-nps/> – Дата обращения: 21.04.2022.
- 5) Нефтеперекачивающие станции – [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: [https://studbooks.net/2575386/tovarovedenie/avtomatizatsiya\\_neftepererekachivayuschey\\_stantsii](https://studbooks.net/2575386/tovarovedenie/avtomatizatsiya_neftepererekachivayuschey_stantsii) – Дата обращения: 21.04.2022.
- 6) ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах – Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108003/> – Дата обращения: 21.04.2022.
- 7) Руководство по эксплуатации Датчик давления Метран 150 – Режим доступа URL: <https://www.emerson.ru/documents/automation-150-ru-4848822.pdf>– Дата обращения: 21.04.2022.
- 8) Optimass 1000 массовый первичный преобразователь расхода – Режим доступа URL: <https://ru.krohne.com/ru/pribory/izmerenie-raskhoda/komponenty-i-vspomogatelnoe-oborudovanie-dlja-izmerenija-raskhoda/pervichnye->

preobrazovатели/optimass-1000 – Дата обращения: 22.04.2022.

9) Метрология комплект Rosemount 644 – Режим доступа URL: <https://metr-k.ru/products/instrumentation/temperature/rosemount-644/> – Дата обращения: 22.04.2022.

10) Контрольно-измерительные приборы и автоматика – Режим доступа URL: <https://kipia.ru/catalog/oborudovanie/zapornaya-armatura/klapany-reguliruyushchie/25s947nzh-klapan-reguliruyushchiy/> – Дата обращения: 22.04.2022.

11) Прософт системы – Режим доступа URL: <https://prosoftsystems.ru/catalog/show/promyshlennyj-logicheskij-kontroller-regul-r600> – Дата обращения: 22.04.2022.

12) Кабель.РФ – Режим доступа URL: [https://cable.ru/cable/group-kvvg\\_hl\\_description.php](https://cable.ru/cable/group-kvvg_hl_description.php) – Дата обращения: 22.04.2022.

13) ГОСТ 34182-2017 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов эксплуатация и техническое обслуживание – Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146117> – Дата обращения: 22.04.2022.

14) ГОСТ 19.701-90 Межгосударственный стандарт единая система программной документации – Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/9041994> – Дата обращения: 22.04.2022.

15) Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов – Режим доступа URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817279.htm> – Дата обращения: 22.04.2022.

16) Основные понятия и определения теории автоматического управления – Режим доступа URL: [https://www.ncfu.ru/export/uploads/imported-from-dle/op/doclinks2017/Metod\\_SUНТР\\_280302\\_2017.pdf](https://www.ncfu.ru/export/uploads/imported-from-dle/op/doclinks2017/Metod_SUНТР_280302_2017.pdf) – Дата обращения: 22.04.2022.

17) ОВЕН оборудование для автоматизации – Режим доступа URL: [https://owen.ru/product/codesys\\_v2](https://owen.ru/product/codesys_v2) – Дата обращения: 22.04.2022.

18) Технология Quad – Режим доступа URL:

[https://studopedia.ru/11\\_133776\\_tehnologiya-QuaD.html](https://studopedia.ru/11_133776_tehnologiya-QuaD.html) – Дата обращения: 22.04.2022.

19) SWOT - анализ – Режим доступа URL:

<https://blog.calltouch.ru/glossary/swot-analiz/> – Дата обращения: 22.04.2022.

20) Управление проектами и программами: Конспект лекций – Режим доступа URL: <https://narfu.ru/upload/iblock/82f/konspekt-upip.pdf> – Дата обращения: 22.04.2022.

21) Трудоёмкость работы – Режим доступа URL:

<https://assistentus.ru/vedenie-biznesa/trudoemkost-rabot/> – Дата обращения: 22.04.2022.

22) Диаграмма Ганта для управления проектами – Режим доступа URL:

<https://ganttpro.com/ru/> – Дата обращения: 22.04.2022.

23) Планирование материальных затрат. Расчёт лимита материальных затрат – Режим доступа URL:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_101032/7cf69b97fff197bab05616694907ef299914ae6f/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_101032/7cf69b97fff197bab05616694907ef299914ae6f/) – Дата обращения: 23.04.2022.

24) Амортизация оборудования – Режим доступа URL:

<https://glavkniga.ru/situations/k504527/> – Дата обращения: 23.04.2022.

25) Основная и дополнительная заработная плата – Режим доступа URL:

<https://www.v2b.ru/articles/osnovnaya-i-dopolnitelnaya-zarabotnaya-plata-raschet-nachisleniy/> – Дата обращения: 23.04.2022.

26) Отчисления в социальный фонды – Режим доступа URL:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15291/cbf5301417ad3d3d561077cb52f9a9eafd37e1cc/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15291/cbf5301417ad3d3d561077cb52f9a9eafd37e1cc/) – Дата обращения: 23.04.2022.

27) Накладные расходы – Режим доступа URL:

<https://www.glavbukh.ru/art/94936-nakladnye-rashody> – Дата обращения: 23.04.2022.

28) Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования – Режим до-

ступа URL: <https://monographies.ru/en/book/section?id=12752> – Дата обращения: 23.04.2022.

29) Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) – [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> – Дата обращения: 15.05.2022;

30) ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> – Дата обращения: 15.05.2022

31) ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> – Дата обращения: 15.05.2022.

32) ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> – Дата обращения: 15.05.2022.

33) СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> – Дата обращения: 15.05.2022.

34) ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> – Дата обращения: 15.05.2022.

35) СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> – Дата обращения: 15.05.2022.

36) Электробезопасность это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия [Электронный ресурс] – URL: <https://rykovodstvo.ru/exspl/39317/index.html>– Дата обращения: 15.05.2022.

37) Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу [Электронный ресурс] – URL:

<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293819/4293819490.htm>– Дата обращения: 15.05.2022.

38) Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 16.04.2022) "О пожарной безопасности" [Электронный ресурс] – URL:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/bb9e97fad9d14ac66df4bbe67c453d1be3b77b4c/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/bb9e97fad9d14ac66df4bbe67c453d1be3b77b4c/)– Дата обращения: 15.05.2022.

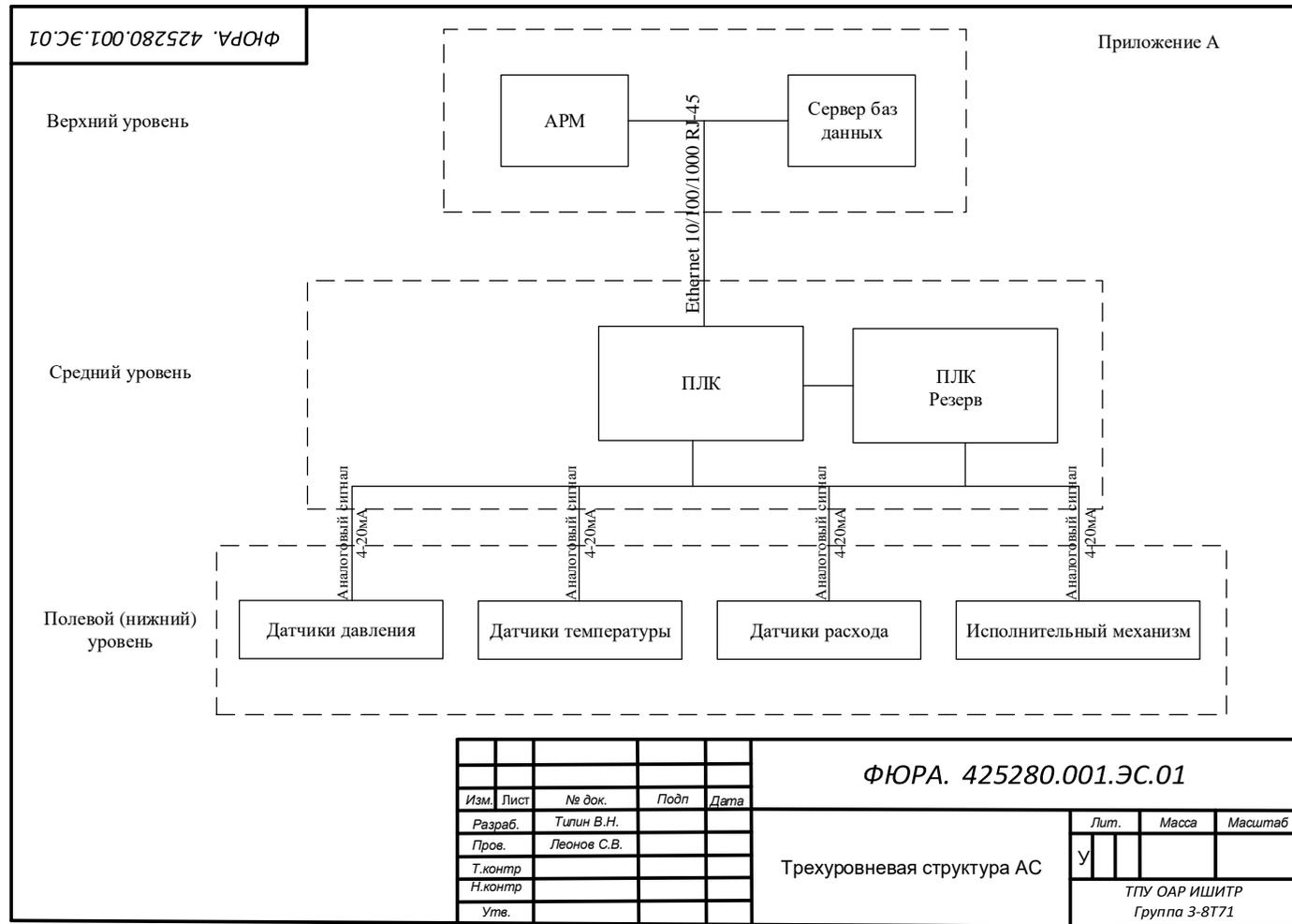
39) ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда пожарная безопасность. [Электронный ресурс] – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/9051953> – Дата обращения: 15.05.2022.

# Приложение А

(обязательное)

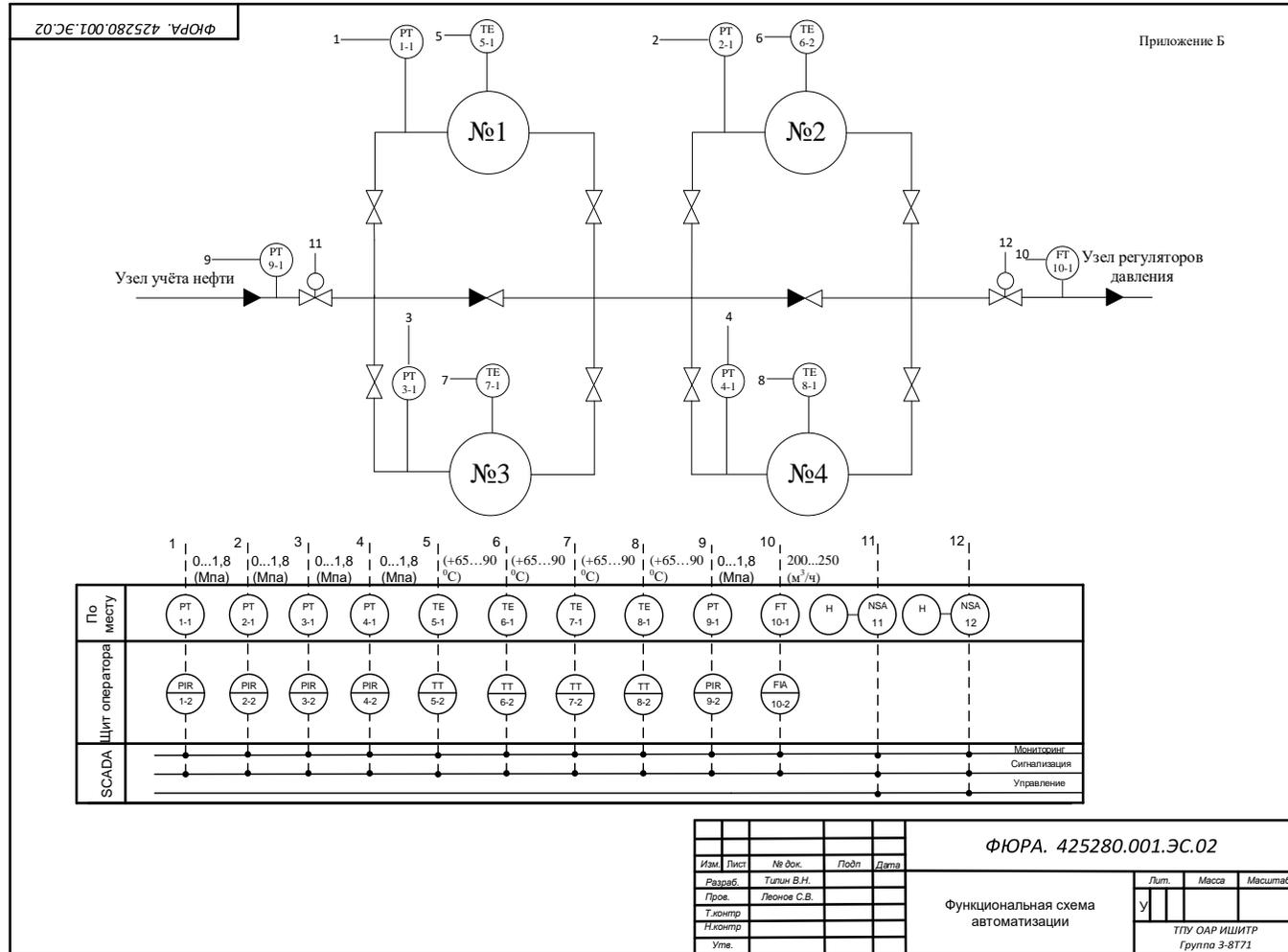
## Структурная схема АС



# Приложение Б

(обязательное)

## Функциональная схема автоматизации



# Приложение В

(обязательное)

## Схема внешних проводов

