



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»  
ООП – Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
<b>Проектирование автоматизированной системы штангового глубинного насоса</b>

УДК 681.5:622.276.53

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Мелибоев Дониёр Курбонбоевич		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШИБП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алена Владимировна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2023 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП**

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

<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 оптоэлектроники 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 поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
<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 научнометодической 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)

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Мелибоев Дониёр Курбонбоевич

Тема работы:

<b>Проектирование автоматизированной системы штангового глубинного насоса</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№118-13/с от 28.04.2023 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2023 г.
--	---------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Объект исследования:</b> Автоматизированная система управления блоком факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа <b>Цель работы:</b> Проектирование автоматизированной системы управления блоком факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа <b>Режим работы:</b> Непрерывный.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание технологического процесса.</li> <li>2. Разработка структурной схемы автоматизированной системы.</li> <li>3. Разработка функциональной схемы автоматизации.</li> <li>4. Выбор средств автоматизации.</li> <li>5. Разработка схем соединения внешних проводов.</li> <li>6. Разработка алгоритмов управления.</li> <li>7. Разработка экранных форм.</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Структурная схема автоматизированной системы. 2. Функциональная схема автоматизации. 3. Схема соединений внешних проводок. 4. Блок-схемы алгоритмов управления. 5. Экранные формы.
---	---

<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	Сечин Андрей Александрович, Доцент ООД ИШИБ

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

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Елена Вячеславовна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Мелибоев Дониёр Курбонбоевич		



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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Мелибов Дониёр Курбонбоевич

Тема работы:

<b>Проектирование автоматизированной системы штангового глубинного насоса</b>	
Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	10.06.2023 г

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Елена Вячеславовна	к.т.н.		28.04.2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		28.04.2023 г.

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Мелибов Дониёр Курбонбоевич		28.04.2023 г.



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

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т81	Мелибоев Дониёр Курбонбоевич

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материальнотехнических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- оклад инженера – 25000 руб. в месяц; - оклад руководителя проекта – 35000 руб. в месяц; - тариф на электроэнергию – 5,748 руб./кВт*ч.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- накладные расходы 16%;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 27,1%

**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
2. График проведения НТИ

**Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком**

**Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н. доцент		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т81	Мелибоев Дониёр Курбонбоевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-8Т81		Мелибоев Дониёр Курбонбоевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</b>

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

<b>Введение</b>	<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Объект исследования: рабочее место оператора автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом.</p> <p>Область применения: предприятия по добыче нефтегазовых продуктов Рабочая зона: диспетчерская</p> <p>Размеры помещения: 50 м<sup>2</sup></p> <p>Технические параметры помещения: центральное отопление от газовой модульной котельной, система кондиционирования воздуха, вытяжная вентиляция.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер (1 шт.) монитор жидкокристаллический (3 шт.).</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: мониторинг и управление параметрами объекта управления с помощью персонального компьютера, принятие решений в нештатных ситуациях.</p>
-----------------	--	--

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

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <p>— специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>— организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).</p> <p>ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя»</p> <p>ГОСТ Р ИСО 9241-306-2012 Эргономика взаимодействия человек-система</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</p>
--	--

	Перечень опасных и вредных факторов. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
<b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b> — Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные факторы: 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны 2. Несоответствие показателей микроклимата. 3. Повышенное значение электромагнитного излучения Опасные факторы: 1. Поражение электрическим током. 2. Возможность возникновения пожаров. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: настольное освещение, применение средств кондиционирования, вытяжки и отопления, устройства защитного отключения, системы пожаротушения.
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	Воздействие на селитебную зону: санитарная зона 1000 м. Воздействие на литосферу: пролив нефтегазовой жидкости. Воздействие на гидросферу: попадание нефтегазовой жидкости в грунтовые воды. Воздействие на атмосферу: выброс газа в атмосферу.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b>	Возможные ЧС: Техногенные аварии (отказ технологических узлов; пролив нефтегазовой жидкости). Природные катастрофы (ураганы). Геологические воздействия (землетрясения, обвалы, провалы территории). Наиболее типичная ЧС: отказ технологических узлов.
<b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b>	

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н. доцент		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Мелибоев Дониёр Курбонбоевич		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 78 страниц машинописного текста, 30 таблиц, 17 рисунков, 1 список использованных источников из 33 наименований, 1 альбом схем.

Объектом исследования на выпускную квалификационную работу является штанговый глубинный насос.

Цель выпускной квалификационной работы – проектирование системы автоматического управления штанговым глубинным насосом, подбор средств автоматизации и разработка SCADA-системы.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы проводился анализ технологического процесса, выбор средств автоматизации, разработка структурной схемы, функциональной схемы автоматизации, схемы внешних проводок, блок-схемы.

В результате проектирования была разработана система автоматического управления технологическим процессом штангового глубинного насоса с использованием программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК210 с использованием SCADA-системы CoDeSys.

Проект автоматизированной системы может использоваться в системах автоматического контроля, управления на нефтедобывающих предприятиях. Разработанная система может позволить увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварийных ситуаций на производстве.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 Разработка технического задания.....	16
1.1 Требования к техническому обеспечению.....	17
1.2 Требования к метрологическому обеспечению и надежности.....	18
1.3 Требования к программному и информационному обеспечению .....	19
2 Разработка автоматизированной системы .....	20
2.1 Описание технологического процесса.....	20
2.2 Разработка структурной схемы.....	19
2.2 Функциональная схема автоматизации.....	22
2.3 Разработка схемы информационных потоков .....	23
2.4 Выбор средств реализации.....	23
2.4.1 Выбор контроллерного оборудования .....	24
2.4.2 Выбор датчиков расходметров .....	26
2.4.3 Выбор датчиков давления .....	28
2.4.4 Выбор амперметров .....	30
2.4.5 Выбор датчика нагрузки.....	31
2.4.6 Выбор датчика положения .....	32
2.4.7 Выбор исполнительных механизмов .....	34
2.5 Разработка схемы внешних проводок .....	35
3 Разработка алгоритмов управления и экранных форм.....	37
3.1 Алгоритм сбора данных измерений .....	37
3.2 Разработка экранных форм .....	38
4 Математическое описание контура регулирования.....	39
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	43
5.1 Технология QuaD .....	43
5.2 SWOT-анализ.....	44

5.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	44
5.4 Расчет материальных затрат.....	47
5.5 Расчет амортизационных отчислений.....	48
5.6 Основная заработная плата исполнителей темы .....	49
5.7 Дополнительная заработная плата .....	51
5.8 Отчисления во внебюджетные фонды .....	52
5.9 Накладные расходы.....	53
5.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	53
5.11 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования .....	54
5.12 Определение ресурсоэффективности исследования .....	55
5.13 Определение эффективности исследования.....	56
5.14 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение .....	57
6 Социальная ответственность .....	58
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	58
6.2 Производственная безопасность .....	60
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	61
6.4 Экологическая безопасность.....	66
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	67
6.6 Вывод по разделу .....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	71
Приложение А (обязательное) Структурная схема.....	73
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема.....	74
Приложение В (обязательное) Схема внешних проводок.....	76
Приложение Г (обязательное) Блок-схема алгоритма.....	78
Приложение Д (обязательное) Экранная форма .....	79

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли является одним из прогрессирующих в области автоматизации направлений [1]. Автоматизация производства - это применение системного подхода, выбор контрольно-измерительной аппаратуры и систем управления, которые частично или полностью освобождают человека от участия при непосредственной работе аппаратов и в условиях циклических технологических процессов, снижают влияние опасных и вредных условий труда [2].

В данной работе будет рассмотрен проект автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом, который входит в состав станка-качалки насоса. В проект в первую очередь входят техническое задание, описание технологического процесса работы штангового глубинного насоса, структура автоматизированной системы, анализ и подбор комплекса аппаратно-технических средств, составление и реализация программных алгоритмов, а также математическое моделирование самого технологического процесса.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом.

Для выполнения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- сформировать техническое задание, исходя из которого необходимо правильно подбирать технические и программные средства реализации;
- проанализировать физические основы и принцип работы всех составных частей автоматизированной системы;
- разработать техническую документацию в соответствии с нормативными актами.

## 1 Разработка технического задания

В данном разделе описывается техническое задание, в котором подробно рассматриваются все требования при создании автоматизированной системы управления технологическими процессами штангового глубинного насоса.

Автоматизированная система управления штанговым глубинным насосом предназначена для:

- поддержания установленных режимов технологического процесса в заданных рамках. Это достигается при помощи контроля технологически параметров, воздействия на исполнительные механизмы и формирования управляющих воздействий;
- выявления аварийных режимов всей системы. Это осуществляется путем опроса датчиков, подключенных к системе, в режиме реального времени, при непосредственном анализе измерений, а также приведении технологического режима в безопасное состояние, посредством воздействия на исполнительные механизмы как в автоматическом, так и в ручном режиме.
- осуществления автоматизированного контроля и управления в реальном времени. Контроль и управление автоматизированной системой осуществляется внедрением SCADA-систем и реализацией программных алгоритмов.

Цели создания автоматизированной системы управления:

- повышение ресурсоэффективности, а именно снижение материальных и энергетических затрат;
- увеличение количества товарной продукции;
- предотвращение аварийных ситуаций;
- улучшение качественных показателей готовой продукции.

Автоматизированная система управления должна быть спроектирована по трехуровневому принципу с использованием стандартизированных



протоколов обмена между устройствами.

В применяемом решении должно поддерживаться обеспечение надежной защиты системы управления из внешнего незаконного доступа; от сбоев при работе технологического процесса и программных алгоритмов в результате некорректных действий оператора; от заражения системы вредоносными программами.

### **1.1 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс аппаратно-технических средств полевого оборудования должен быть выполнен во взрывозащищенном исполнении с применением искробезопасных цепей, а также предусматривать работу с агрессивными средами и работой в жестких климатических условиях от минус 50 °С до плюс 40 °С.

Полевое оборудование должно иметь канал связи с выходными унифицированными сигналами (4 – 20) мА с протоколом HART или иметь выходной канал дискретных сигналов (0 – 24) В.

Полевое оборудование должно непрерывно измерять технологические параметры, а также преобразовывать измеряемые величины технологических параметров и производить непосредственное управление параметрами технологического процесса.

Контроллерное оборудование должно иметь возможность самодиагностики. Должна быть предусмотрена возможность наращивания системы управления, в связи с этим система должна быть реализована на контроллерах модульной конструкции с возможностью подключения дополнительных устройств ввода/вывода.

### **1.2 Требования к метрологическому обеспечению и надежности**

Измерительные каналы системы автоматического управления должны иметь единый состав нормируемых метрологических характеристик.

Для каналов измерения давления и расхода приведенная погрешность измерения технологических параметров не должна превышать 1,5 %.

Приведенная погрешность датчика нагрузки и положений не должна превышать 2,5 %.

К надежности систем предъявляются следующие требования:

- 1) средняя наработка на отказ не менее 50 000 часов;
- 2) средний срок службы не менее 5 лет.

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

Программные средства, применяемые в автоматизированной системе управления должны обладать достаточными возможностями для обеспечения необходимого функционала системы при совместной работе с техническими средствами.

Программный комплекс автоматизированной системы должен состоять из системного и прикладного программного обеспечения.

В состав программного обеспечения должны входить:

- операционная система Windows 10;
- среда разработки CoDeSys [4].

Информационное обеспечение – это набор данных, достаточный для обеспечения стабильной работы всех функций автоматизированной системы, а также для оценки технического состояния применяемого в системе автоматического управления оборудования. Основной задачей при разработке информационного обеспечения автоматизированной системы является реализация человеко-машинного интерфейса [10].

## 2 Разработка автоматизированной системы

### 2.1 Описание технологического процесса

Штанговый глубинный насос – насос одинарного действия, который приводится в действие возвратно-поступательными движениями станка-качалки от двигателя, посредством движения колонны штанг [6]. Штанговые глубинные насосы (рисунок 1) предназначены для откачивания из нефтяных скважин нефтесодержащей жидкости [8].

Такие насосы представляют собой вертикальную плунжерную конструкцию с шариковыми клапанами, неподвижными цилиндрами и металлическими плунжерами [3]. Металлические плунжеры спускаются в скважину на колонне подъемных труб. Возвратно поступательное движение плунжеру передается станком-качалкой через колонну насосных штанг. Колонна штанг посредством канатной подвески вывешивается на головке балансира станка-качалки. Скорость откачки устанавливается в зависимости от количества поднимаемой на поверхность жидкости [7].

#### Штанговый насос

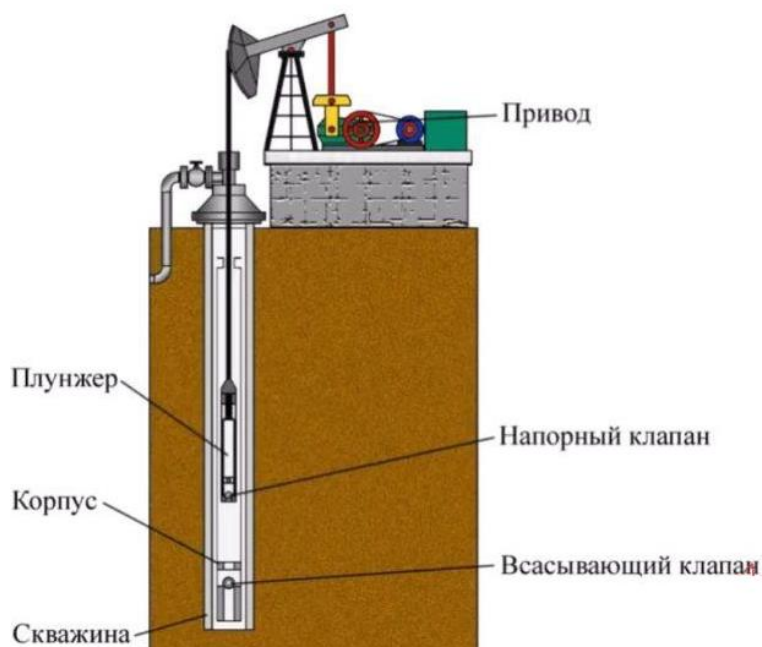


Рисунок 1 – Штанговый глубинный насос

Принцип действия штангового глубинного насоса заключается в следующем: при перемещении плунжера насоса в верхнее положение, в нижней части объемной камеры насоса образуется вакуум, что способствует всасыванию перекачиваемой нефти [9]. Затем плунжер насоса перемещается вниз, а всасывающий клапан, действующий по принципу обратного клапана, закрывается под действием давления перекачиваемой нефти. Нефть начинает нагнетаться в трубное пространство подъемного механизма через полый канал поршня и нагнетательный клапан. При непрерывной работе штангового глубинного насоса перекачиваемая им нефть заполняет внутренний объем подъемных труб что в конечном итоге доставляет её на поверхность [11].

## **2.2 Разработка структурной схемы**

Структурная схема системы автоматического управления должна быть спроектирована по трехуровневому принципу с использованием стандартизированных протоколов обмена между устройствами [15].

Нижний уровень содержит первичные полевые средства автоматизации, такие как датчик положения, датчик нагрузки, датчики тока, датчики давления, датчики расхода.

Функциями нижнего уровня системы автоматического управления являются:

- автоматическое преобразование параметров технологического процесса, а также оборудования непосредственно участвующего в нем;
- формирование выходного сигнала и состоянии технологического процесса на средний уровень.

Средний уровень состоит из контроллерного оборудования с коммуникационными интерфейсами и модулями ввода/вывода. Средний уровень выполняет функцию обработки и передачи информации на верхний уровень.

В состав верхнего уровня автоматизированной системы входит автоматизированное рабочее место оператора, включающее лицензионное программное обеспечение, экранные формы и системы хранения данных [15].

Функции верхнего уровня следующие:

- автоматический опрос технологического оборудования и сбор информации о состоянии технологического процесса;
- отображение информации в реальном времени с использованием SCADA-систем;
- формирование отчетов об ошибках, тревогах и авариях;
- создание и хранение технологической базы данных;
- формирование команд дистанционного управления [14].

Трехуровневая структурная схема автоматизированной системы приведена на рисунке 2.

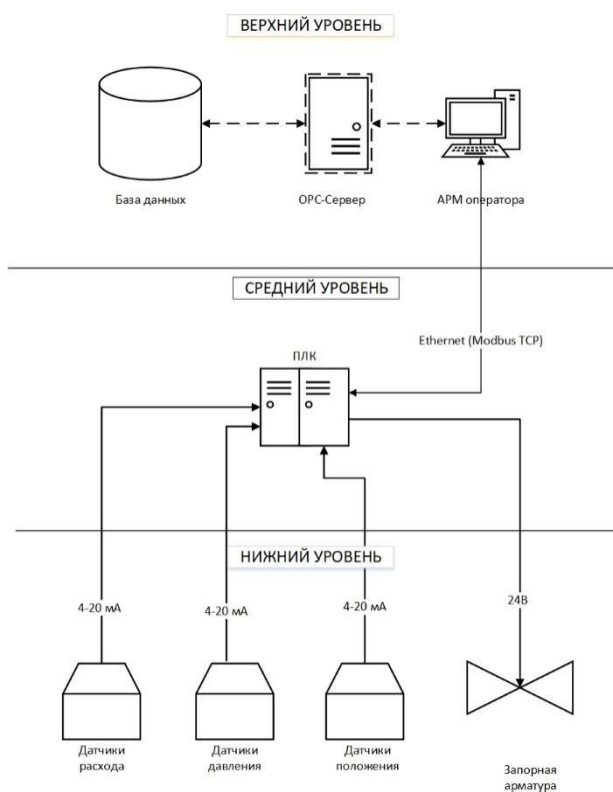
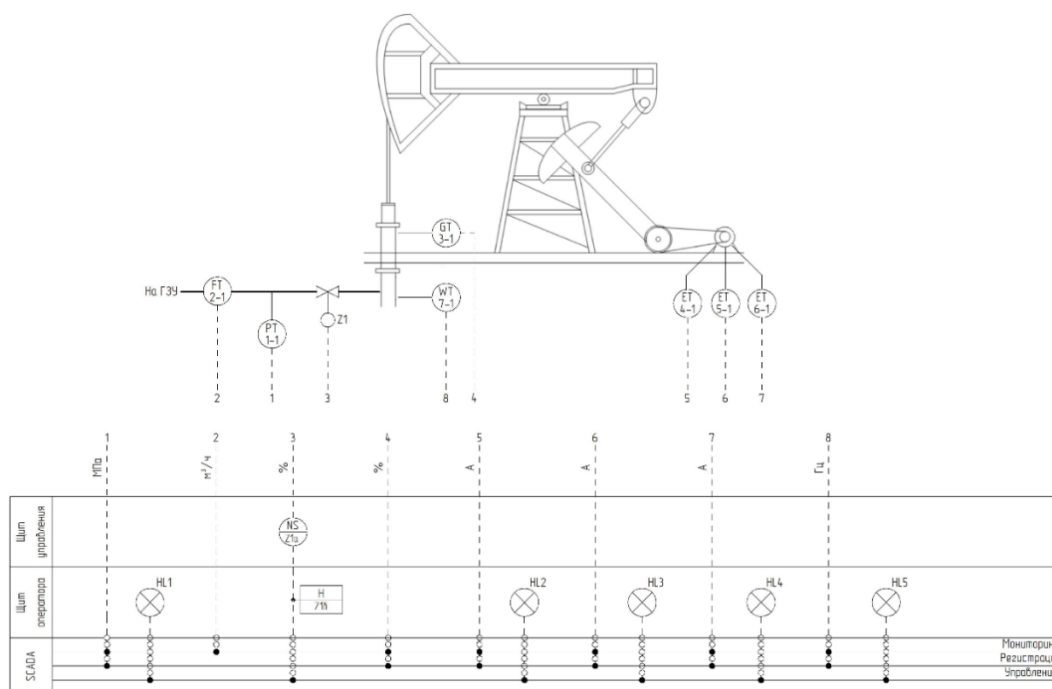


Рисунок 2 – Структурная схема

## 2.2 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации – это схема, которая показывает основные связи и процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях установки или автоматизированной системы в целом. Этими схемами пользуются при построении автоматизированных систем, изучении принципов работы установок, при их наладке, эксплуатации и обслуживании [16].

Функциональная схема автоматизации, выполненная согласно требованиям ГОСТ 21.408-2013 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [32] и по ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [31] приведена на рисунке 3.



GT – датчик положения; WT – датчик нагрузки; PT – датчик давления; ET – датчик тока; FT – датчик расхода; Z1 – запорная арматура; Н – кнопочный пост; HL1-HL5 – сигнальные лампы.

Рисунок 3 – Функциональная схема системы

## 2.3 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков показывает общую структуру взаимодействия любой автоматизированной системы управления технологическими процессами с технологическим объектом управления. Схема информационных потоков представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема информационных потоков

Наименование сигнала	Тег	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала
Оценка дебита	FLW_PRO_IMP_PTRLM	(0 – 480)	кг	(4 – 20) мА
Давление на выходящей трубе	PRS_TRB_WORK_PTRLM	(0 – 25)	МПа	(4 – 20) мА
Положение ШГН	GT_WORK	(0 – 100)	%	(4 – 20) мА
Нагрузка ШГН	WT_WORK	(0 – 8000)	кН	(4 – 20) мА
Ток фазы А	CRT_MOT_WORK_A	(0 – 1000)	А	(4 – 20) мА
Ток фазы В	CRT_MOT_WORK_B	(0 – 1000)	А	(4 – 20) мА
Ток фазы С	CRT_MOT_WORK_C	(0 – 1000)	А	(4 – 20) мА
Управляющий сигнал задвижкой	FLW_PRO_VL	-	-	DI

В общем случае схема информационных потоков имеет трехуровневую архитектуру.

Схема информационных потоков содержит данные об измеряемых параметрах полевых устройств. В числе этих данных информация об аналоговых и дискретных сигналах.

## 2.4 Выбор средств реализации

Для реализации поставленных целей и функций автоматизированной системы необходимо произвести подбор комплекса технических средств.

Подбор произведен путем сравнительного анализа, при этом главным образом опираемся на техническое задание.

#### **2.4.1 Выбор контроллерного оборудования**

Для сравнения контроллерного оборудования рассмотрим несколько вариантов программируемых логических контроллеров. В качестве сравнения были выбраны следующие варианты:

- Siemens Simatic S7-1200;
- ОВЕН ПЛК210;
- Schneider Electric Modicon M238.

Семейство контроллеров Siemens S7-1200 предназначены для автоматизации низкого и среднего уровня сложности. Имеет модульную архитектуру, что предусматривает возможность наращивания, возможность горячей замены, что повышает надежность системы. Поддерживает интерфейсы передачи Ethernet, Modbus, Fieldbus. Удобная, но платная среда программирования на FBD, LD, CFC, STL.

Программируемые контроллеры российской фирмы ОВЕН предназначены для создания систем автоматизации низкого и среднего уровня сложности, которые могут также применяться в составе сложных систем. Контроллеры ОВЕН ПЛК210 имеют модификации как модульной архитектуры, так и со встроенными модулями ввода/вывода. Поддерживают языки LB, FDB, SFC, STL и программируются бесплатным программным обеспечением.

Контроллеры Schneider Electric Modicon M238 являются мощными ПЛК с высокой составляющей надежности. Каждый контроллер M238 содержит 24 встроенных в модуль канала дискретного ввода-вывода.

Сравнение характеристик приведено в таблице 2.



Таблица 2 – Технические характеристики контроллеров

Характеристика/ Контроллер	Siemens S7-1200	Schneider Electric M238	ОВЕН ПЛК210
Типы интерфейсов	MPI; PROFIBUS; Industrial Ethernet; PROFINet;	Ethernet TCP/IP; AS-I; Modbus Plus; INTERBUS;	Ethernet; Modbus
Характеристика/ Контроллер	Siemens S7-1200	Schneider Electric M238	ОВЕН ПЛК210
Время цикла, мс	0,05	0,1	0,1
Время наработки на отказ, ч	120000	100000	110000
Бесплатное ПО	Нет	Частично	Да
Цена, руб	От 275 000	От 180 000	От 50 000

В результате сравнения технических характеристик был выбран программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК210 (рисунок 4).



Рисунок 4 – ОВЕН ПЛК210

Этот контроллер отвечает всем требованиям, приведенным в техническом задании, а именно возможность наращивания при помощи модульной конструкции, имеется функция сброса при зависаниях. Среднее время наработки на отказ составляет 110000 часов. При этом имеется возможность подключения резервной батареи, что позволяет не потерять программу при отключении от основного питания.

## 2.4.2 Выбор расходомера

Для сравнения расходомеров были выбраны следующие варианты:

- Метран-350;
- MAGX2;
- Yokogawa GS.

Технические характеристики сравниваемых расходомеров приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики расходомеров

Характеристика/ Расходомер	Метран-350	MAGX2	Yokogawa GS
Предел допускаемой погрешности	0,8 %	0,2 %	0,1 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА +HART	(4 – 20) мА +HART	(4 – 20) мА +HART
Взрывозащищенность	Ex	ExiaIICT5	ExiaIICT5X
Срок службы	12 лет	12 лет	10 лет
Цена	229000	91200	359000

В данной системе автоматического управления предпочтительнее использовать расходомер MAGX2, так как он удовлетворяет требованиям по техническим характеристикам и по экономическим показателям превосходит конкурентов.

Электромагнитный расходомер MAGX2 (рисунок 5) отличается инновационной модульной конструкцией «Plug&Play», что позволяет ему быть универсальным для большинства применений одновременно. Расходомер имеет модульную конструкцию.

Основные особенности расходомера:

- автоматическая очистка измерительных электродов;
- измерение температуры;
- регистрация данных;

- графический дисплей;
- применяются материалы для агрессивных сред.



Рисунок 5 – Расходомер MAGX2

Технические характеристики расходомера MAGX2 приведены в таблице

4.

Таблица 4 – Технические характеристики расходомера MAGX2

Техническая характеристика	Значение
Применение	Нефтехимия
Температура измеряемой среды	от минус 20 до плюс 130°С
Температура окружающей среды	от минус 20 до плюс 60°С
Выходные сигналы	(4 – 20) мА +HART
Класс пылевлагозащиты	IP68
Скорость потока	от 0,1 до 10 м/с
Принцип измерения	электромагнитный
Точность	±0,2 %
Межповерочный интервал	4 года
Автодиагностика	да

Принцип действия расходомера основан на законе Фарадея об электромагнитной индукции, в котором электрическое напряжение индуцируется в электропроводном теле, движущемся в электромагнитном поле. Жидкость течёт через измерительную трубу в направлении магнитного

поля [12]. Жидкость с определённой минимальной электропроводностью образует напряжение, которое регистрируется двумя электродами, расположенными под углом в 90° к магнитному полю и потоку направления [13].

### 2.4.3 Выбор датчиков давления

Давление является основным измеряемым параметром в любом технологическом процессе. В рамках данного проекта требуется измерять давление продукта скважины на выходе штангового насоса. Датчик давления будет выбран сравнительным анализом следующих из средств измерений:

- Rosemount 3051C;
- Сапфир-22 М;
- Yokogawa EJA430A.

Сравнительный анализ представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ датчиков давления

Характеристика/ Датчик давления	Rosemount 3051C	Сапфир-22М	Yokogawa EJA430A
Диапазоны пределов измерений	(0 – 16) МПа	(0 – 16) МПа	(0 – 25) МПа
Предел допускаемой погрешности	0,075 %	0,3 %	0,2 %
Перестройка диапазонов измерений	100:1	-	100:1
Выходной сигнал	(4 – 20) мА +HART	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА +HART
Взрывозащищенность	ExiaIICT5	Ex	ExdIICT5
Температура окружающей среды	от минус 40 до плюс 85 °С	от минус 50 до плюс 80 °С	от минус 40 до плюс 85 °С
Наличие ЖКИ	да	нет	да
Степень защиты от пыли и воды	IP66	IP66	IP67
Межповерочный интервал	4 года	2 года	4 года
Цена, руб	196 000	67 000	162 000

В качестве датчиков давления будет использован Yokogawa EJA 430A (рисунок 6), так как он удовлетворяет по степени защиты и точности измерений.



Рисунок 6 – Датчик давления Yokogawa EJA 430A

Датчик давления Yokogawa EJA 430A это надежный прибор, который отвечает всем требованиям технического задания. Процесс измерения с помощью данного устройства выполняется быстро и с высокой точностью. Управление датчиком осуществляется дистанционно, поэтому пользователь может без проблем контролировать и устанавливать необходимые параметры. К достоинствам EJA430A относится возможность работы при высокой температуре как окружающей среды, так и измеряемой, наличие небольшого жидкокристаллического дисплея, мгновенный отклик, автоматическая диагностика и устранение ошибок.

Основные характеристики датчика таблица 6.

Таблица 6 – Характеристики датчика давления Yokogawa EJA 430A

Техническая характеристика	Значение
Измеряемые среды	Жидкость, газ, пар
Пределы измерений	от 0,1 до 25 МПа
Техническая характеристика	Значение
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,2\%$ ;
Выходной сигнал	(4 – 20) мА + HART
Диапазон температур окружающей среды	от минус 60 до плюс 60 °С
Интервал между поверками	4 года
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 67

## 2.4.4 Выбор амперметров

Для отслеживания нагрузки на двигатель, приводящий штанговый насос в движение, были рассмотрены следующие виды амперметров:

- ЕКФАМ-D723;
- ОМИКС 1-1.

Сравнение технических характеристик амперметров приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительный анализ датчиков тока

Характеристика/ Датчик тока	ЕКФАМ-D723	ОМИКС 1-1
Диапазоны пределов измерений	(0 – 5000) А	(0 – 9999) А
Предел допускаемой погрешности	0,3 %	0,2 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Температура окружающей среды	от минус 30 °С до плюс 50 °С	от минус 30 °С до плюс 50 °С
Наличие ЖКИ	да	да
Степень защиты от пыли и воды	IP66	IP67
Межповерочный интервал	2 года	4 года
Цена, руб	10500	6600

По результатам сравнения для измерения тока в системе автоматизации будет использован амперметр ОМИКС 1-1 (рисунок 7). Он обладает высокой точностью, надежностью и имеет низкую стоимость по сравнению с конкурентом.



Рисунок 7 – Амперметр ОМИКС 1-1

## 2.4.5 Выбор датчика нагрузки

Выбор датчиков нагрузки происходил из следующих вариантов:

- Honeywell FS;
- Loadtrol;
- Interface 1201.

Сравнительный анализ датчиков приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнительный анализ датчиков нагрузки

Характеристика/ Датчик нагрузки	Honeywell FS	Loadtrol	Interface 1201
Диапазоны пределов измерений	до 5 000 кН	8 000 кН	до 9000 кН
Предел допускаемой погрешности	0,05 %	0,03 %	0,03 %
Срок службы	12 лет	6 лет	12 лет
Компенсация давления	Да	Нет	Да
Среднее время наработки на отказ	30 000 ч	40 000 ч	50 000 ч
Цена	20 000	34 000	37 000

По результатам анализа в системе автоматизации будет использован датчик нагрузки Interface 1201 (рисунок 8). Этот датчик полностью соответствует всем поставленным задачам и подходит по требованиям технического задания.



Рисунок 8 – Датчик нагрузки Interface 1201

Датчик нагрузки представляет собой упругий цилиндр небольшой высоты. На наружной поверхности цилиндра жестко закреплены тензорезисторы, которые закрыты защитным кожухом. Измерительный блок датчика нагрузки

состоит из двух компенсационных тензорезисторов, двух нагрузочных резисторов, которые вместе образуют мостовую схему.

#### **2.4.6 Выбор датчика положения**

Выбор датчиков положения будет производиться среди следующих вариантов:

- VI Technologies 615V1;
- Bourns AMS22;
- Honeywell 103SR12-A1.

В качестве датчика положения, выберем датчик 103SR12-A1 компании Honeywell (рисунок 9), работающий на эффекте Холла, при этом самый лучший вариант «цена/качество».



Рисунок 9 – Датчик положения Honeywell 103SR12-A1

Датчик положения представляет собой цилиндр с наружной резьбой. Крепление датчика осуществляется на редуктор установки штангового глубинного насоса посредством кронштейна. При прохождении мимо датчика магнитов, он срабатывает и на его выходе формируется дискретный сигнал. Монтировать датчик положения следует таким образом, чтобы магниты проходили мимо него, когда шток глубинного насоса находится в крайнем нижнем и крайнем верхнем положении.

Технические характеристики датчика представлены в таблице 9.



Таблица 9 – Технические характеристики датчика Honeywell 103SR12-A1

Характеристика	Значение
Тип выхода	Логический
Магнитная индукция	(245 – 345)
Погрешность измерения	±0,5 %
Напряжение питания, В	(6 – 24) В
Ток потребления, мА	10 мА
Рабочая температура, °С	от минус 40 до плюс 100 °С

### 2.4.7 Выбор исполнительных механизмов

Для регулирования расхода на групповую замерную установку будет использоваться регулирующийся клапан с электроприводом.

В качестве регулирующих клапанов были рассмотрены:

- Siemens VVF40;
- Danfoss VFS;
- РЭМТЭК.

Сравнительный анализ запорной арматуры приведен в таблице 2.10.

Таблица 10 – Сравнительный анализ клапанов

Критерии выбора	Siemens VVF40	Danfoss VFS	РЭМТЭК
Характеристика хода	Линейная	Линейная	Нелинейная
Среднее время наработки на отказ	100 000 ч	30 000 ч	40 000 ч
Цена, руб	60 000	94 000	87 000

В результате анализа запорной арматуры был выбран регулирующийся клапан Siemens VVF40. Данные клапаны широко применяются для нейтральных и агрессивных сред, используются в нефтяной и химической промышленности. При этом цена ниже рассмотренных аналогов.

Таблица 11 – Характеристики регулирующего клапана Siemens VVF40

Наименование параметра	Значение
Характеристики клапана	Равнопроцентная
Температура рабочей среды, °С	от минус 50 до плюс 250 °С
Рабочее давление, бар	16
Материал корпуса	Чугун EN-GJL-250
Материал внутренних частей клапана	CrNi сталь, бронза/латунь

Для управления регулирующим клапаном требуется электропривод. Выбор электроприводов произведен среди SCK Siemens, AUMAMATIC, Danfoss. Для клапана выбран электрический привод SCK Siemens (рисунок 10), так как он удовлетворяет техническим требованиям и условиям технологического процесса. Также производитель клапана рекомендует устанавливать именно этот электропривод.



Рисунок 10 – Электропривод Siemens SCK

## 2.5 Разработка схемы внешних проводов

Схема внешних соединений – это электрическая схема, показывающая внешние подключения автоматизированной системы. На схеме показываются электрические и трубные (пневматические, гидравлические, защитные) линии

связи между полевыми устройствами и контроллерным оборудованием, применяемым в автоматизированной системе управления.

Все применяемые полевые средства автоматики используют для передачи унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА. Схема соединения по принципу токовой петли содержит два провода. Поэтому для подключения датчиков к модулям ввода контроллера будет использован кабель КВВГЭ нг.

Схема соединений внешних проводок представлена на рисунке 11 и в приложении В.

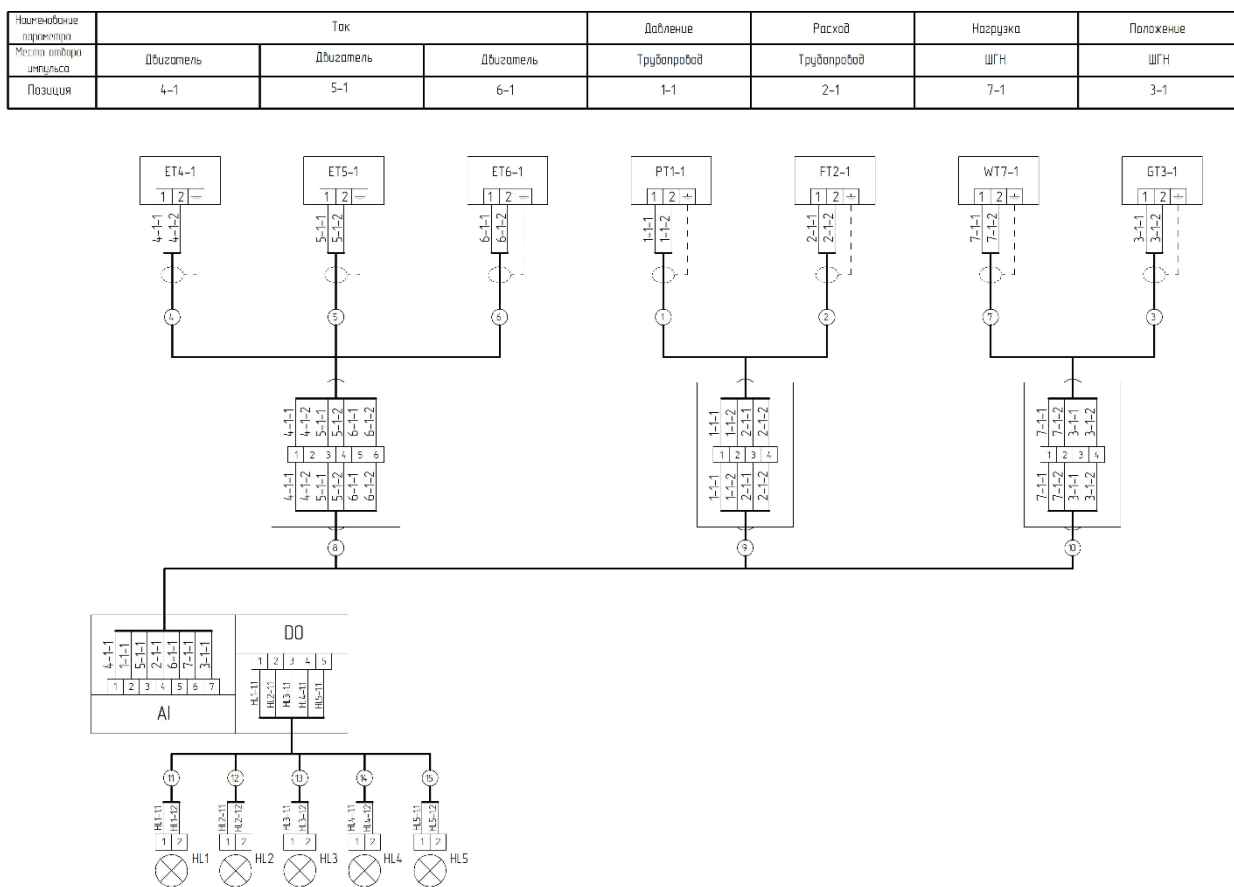


Рисунок 11 – Схема соединений внешних проводок

### 3 Разработка алгоритмов управления и экранных форм

#### 3.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве алгоритма сбора данных рассмотрим сбор данных об измеренном давлении на выходе штангового глубинного насоса. Алгоритм измерения давления представлен на рисунке 12 и в приложении Г.



Рисунок 12 – Блок-схема алгоритма

Алгоритм сбора данных об измеренном давлении состоит из следующих этапов:

- 1) инициализация переменных и уставок.
- 2) проверка на обрыв линии связи.
  - 2.1) если на линии связи имеется обрыв, об этом выводится сообщение на экран.

3) проверка линии связи на короткое замыкание.

3.1) если на линии связи имеется короткое замыкание, об этом выводится сообщение на экран.

4) перевод измеренного значения тока в значение давления.

5) проверка соответствия измеренного значения давления со всеми уставками.

5.1) если измеренное значение вышло за границы какой-либо уставки – вывести об этом сообщение.

б) вывести значение измеренного давления на экран.

### **3.2 Разработка экранных форм**

Для разработки экранных форм используем систему разработки CoDeSys v3.5. Программный комплекс CoDeSys имеет в своем составе все необходимые средства для создания экранных форм и Web-визуализаций. Программирование производится на языках FBD, ST и др [4, 5].

После запуска программы на экран выводится экранная форма штангового глубинного насоса, а также каналы регулирования.

На главном экране расположены непосредственно элементы управления насосом, а также световые и текстовые индикаторы, отображающие состояние технологических параметров. Если технологический параметр выходит за установленные пределы – текстовое поле этого параметра окрашивается в желтый или красный цвет. При значении параметра в пределах диапазона – цвет зеленый. При помощи кнопок «Пуск» и «Стоп» оператор может осуществлять пуск и останов двигателя, приводящего в действие штанговый глубинный насос.

В верхней левой части экрана расположено меню справки, где оператор может в любой момент получить интересующую его информацию, касающуюся Web-визуализации. Сверху по центру формы располагается её название, справа сверху – текущее время и дата.

В нижней части экрана располагается кнопка «Квитировать», по нажатию на которую происходит квитирование текущих ошибок, если условия для их возникновения не актуальны на данный момент времени. Индикация ошибок располагается в поле слева от кнопки «Квитировать».

Экранная форма представлена на рисунке 13 и в приложении Д.

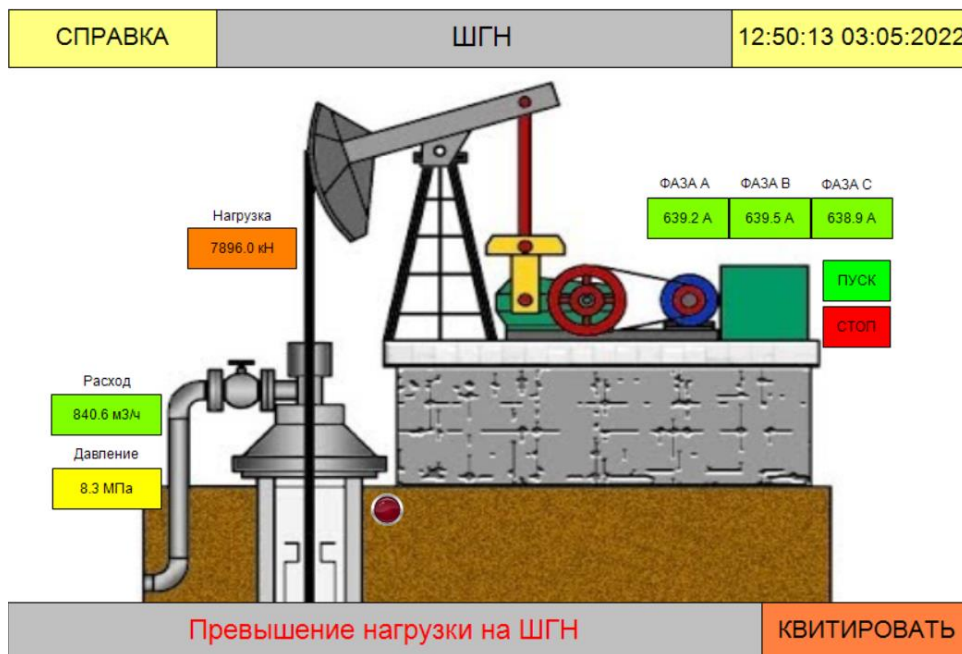


Рисунок 13 – Экранная форма

На схеме постоянно осуществляется отображение текущих параметров узла учета:

- напряжение и ток каждой фазы двигателя;
- давление в выходной трубе;
- расход жидкости из скважины;
- положение насоса;
- нагрузку на насос.

#### 4 Математическое описание контура регулирования

В качестве алгоритма автоматического регулирования рассмотрим автоматическое регулирование расхода нефти, которое перекачивается ШГН на ГЗУ. Контур регулирования состоит из контроллера, датчика расхода, преобразователя частоты, электропривода, задвижки, и трубопровода. На вход системы задается значение расхода, при помощи обратной связи с выхода объекта управления измеряется расход и подается на ПЛК, где идет сравнение значение уставки и измеренного. Формируется сигнал рассогласования и выдается управляющий ШИМ сигнал на преобразователь частоты. Преобразователь частоты формирует управляющий сигнал на электропривод, при помощи изменения частоты. Электропривод меняет выходную скорость вала, а задвижка меняет угол поворота. Угол поворота преобразуется в % открытия и в количество проходящей жидкости. Таким образом меняется расход в трубопроводе.

Передаточная функция участка трубопровода в упрощенном виде может быть описана следующим образом:

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

$$\text{где } T = \frac{2Lf c^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p \cdot g}}.$$

После подстановки параметров трубопровода передаточная функция будет выглядеть следующим образом:

$$T = \frac{LQ}{f} \cdot \frac{\rho}{\Delta p} = \frac{5 \cdot \frac{480}{3600}}{\frac{3.14 \cdot 0.2^2}{8}} \cdot \frac{838}{101971} = 0.354 \text{ с,}$$

$$\tau_0 = \frac{L}{Q} \cdot \frac{\pi d^2}{8} = \frac{5}{\frac{480}{3600}} \cdot \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{8} = 0.59 \text{ с,}$$

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1} e^{-\tau_0 s} = \frac{1}{0.354s + 1} e^{-0.59s}.$$

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1}, \quad (2)$$

$$K_{дв} = \frac{\omega_H}{f_{max}} \quad (3)$$

Электропривод имеет коэффициент усиления равный 0,005. Постоянная времени электропривода составляет 0,08 секунд и была подобрана из технической документации.

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1} = \frac{3,14}{1,18 \cdot p + 1}, \quad (4)$$

$$W_{чп}(p) = \frac{K_{чп}}{T_{чп} \cdot p + 1}, \quad (5)$$

$$T_{чп} = \frac{T_{дв}}{3}, \quad (6)$$

Так как системе автоматического управления для измерения параметров технологического процесса используется ток от 4 до 20 мА, а диапазон частоты преобразователя частоты составляет от 0 Гц до 50 Гц, то методом масштабирования получаем передаточный коэффициент, который равен 15. Постоянная времени частотного преобразователя взята из документации и составляет 0,2 секунды.

$$W_{чп}(p) = \frac{15}{0,2 \cdot p + 1} \quad (7)$$

ПИД-регулятор описывается известной передаточной функцией:

$$W_{пид}(p) = K + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p \quad (8)$$

На рисунке 14 представлена операторно-структурная схема системы автоматического регулирования давления



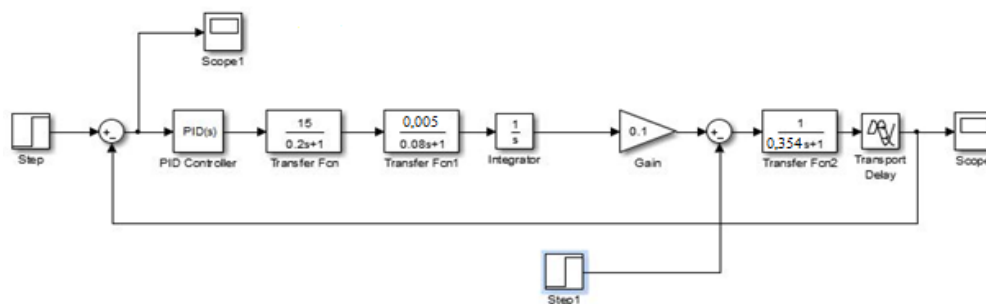


Рисунок 14 – Модель САУ

Параметры ПИД-регулятора подбираются путем подбора и с использованием системы автоматической настройки в среде Matlab.

В результате автоматической настройки получают приемлемую переходную характеристику (рисунок 15) и вручную настраивают коэффициенты, доводя показатели переходного графика до нужных. В результате подбора параметров были определены настройки ПИД-регулятора:  $K_p = 3,2$ ;  $K_I = 0,01$ ;  $K_d = 1,1$ ;

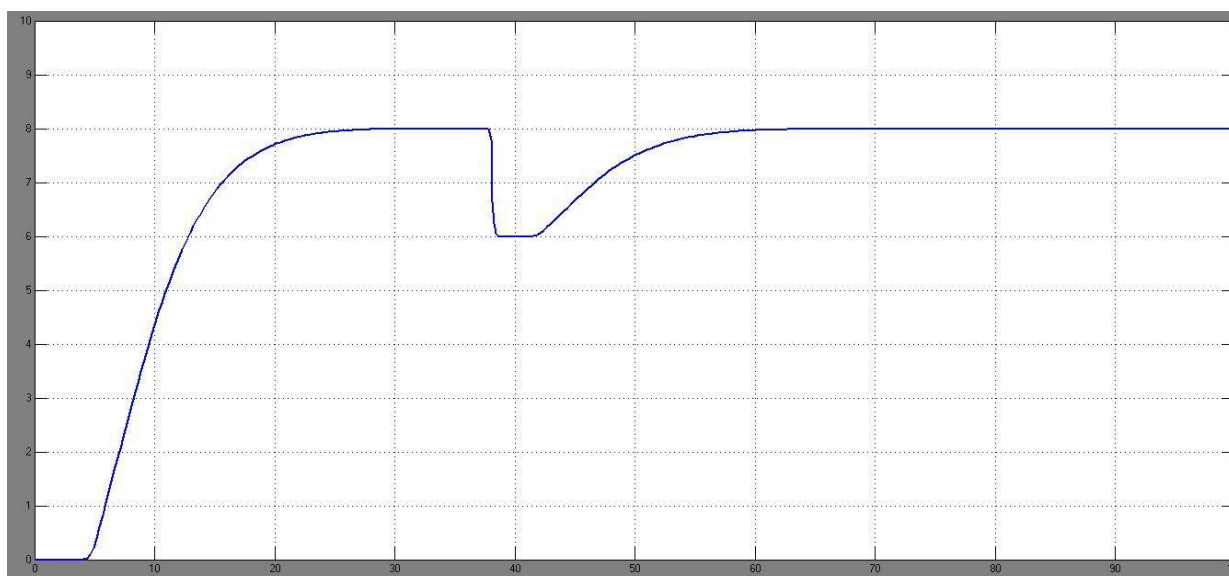


Рисунок 15 – График переходного процесса

В процессе моделирования автоматического регулирования контура получено время регулирования 20 сек. Перерегулирование отсутствует. Система устойчива. При возникновении внешнего воздействия система справляется с ним.

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

Главная задача раздела заключается в анализе актуальности разработки и планировании коммерческой и финансовой ценности разрабатываемой системы автоматического управления, предлагаемой в рамках выпускной квалификационной работы.

Потенциальными потребителями результатов исследований являются коммерческие организации, осуществляющие деятельность в нефтегазовой отрасли, в частности – нефтедобывающие предприятия.

Научно-техническое исследование предусматривает рассмотрение следующих задач.

- Анализ конкурентных решений.
- Планирование научно-исследовательской работы.
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы.
- Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.

Основной целью данной работы является оценка денежных затрат на проектирование автоматизированной системы управления глубинным штанговым насосом.

### **5.1 Технология QuaD**

Технология QuaD предназначена для количественной оценки качественных характеристик, таких как конкурентоспособность, эффективность и т.п. В ее основе лежит особая методика определения ценности объектов.

Анализ конкурирующих разработок помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять конкурентам.

Для оценки конкурентных решений автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом составлена таблица 12.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,2	100	100	1	20
Точность	0,2	90	100	0,9	18
Быстродействие	0,15	80	100	0,8	12
Безопасность	0,1	80	100	0,8	8
Удобство эксплуатации	0,1	100	100	1	10
Ремонтопригодность	0,15	90	100	0,9	12
Защищенность	0,05	80	100	0,8	4
Экологичность	0,05	80	100	0,8	4
Итого	1	700	800	7	88

Значение всех показателей параметров исследования, определяемых экспертным путем, в сумме должно быть равно единице. Перспективность и качество разработки оценивается следующим образом:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i, \quad (9)$$

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

$B_i$  – вес  $i$ -го показателя;

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

По результатам оценки показателя качества можно сказать, что разработка такого проекта перспективна, т.к. значение средневзвешенного показателя равно 88.

## 5.2 SWOT-анализ

Следующий этап раздела – комплексный SWOT-анализ внешней и внутренней среды проекта. Для проведения SWOT-анализа необходимо сформулировать сильные и слабые стороны, возможности и угрозы для реализации проекта.

Результаты проведенного SWOT-анализа представлены в таблице 13.

Таблица 13 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентами. С2. Применение современных технологий. С3. Высокий спрос на технологию.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Высокие начальные затраты. Сл2. Отсутствие рынка сбыта технологии. Сл3. Узкая специализация.
<b>Возможности:</b> В1. Повышение спроса. В2. Выход на зарубежный рынок. В3. Увеличение количества предоставляемых услуг.	В2С1С2С3 – Низкая стоимость технологии, применение современных технологий и высокий спрос позволит выйти на зарубежный рынок услуг.	В2В3Сл2 – При отсутствии клиентов на внутреннем рынке можно выйти на зарубежный рынок или начать предоставлять большее количество услуг
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Проблемы с поставками комплектующих. У3. Снижение конкурентоспособности.	У1У3С1С2С3 – Более низкая стоимость по сравнению с конкурентами, применение современных технологий и высокий спрос на технологию повысит конкурентоспособность разрабатываемой технологии	У2Сл3 - Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса. Пополнить клиентскую базу можно прибегнув к рекламным кампаниям.

## 5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – наиболее приемлемый и наглядный способ составления графика проведения исследовательских работ. Диаграмма может быть представлена в виде таблицы, на которой отмечены временные отрезки, размещенные по горизонтали на шкале времени. Каждая ячейка или группа ячеек таблицы соответствует отдельной задаче.

Для построения таблицы необходимо определить длительность каждого этапа проводимого исследования. Расчет длительности выполняемых работ производится по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы (календарные дни);  
 $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы (рабочие дни);  
 $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – кол-во календарных дней в году;  
 $T_{\text{вых}}$  – кол-во выходных дней в году;  
 $T_{\text{пр}}$  – кол-во праздничных дней в году.

Все значения, полученные при расчетах занесены в таблицу 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведенного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$ , чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
Постановка задачи	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1
Календарное планирование работ	5	–	7	–	5,8	–	5,8	–	9	–
Разработка и утверждение ТЗ	1	1	2	1	1,4	1	0,7	0,5	1	1
Подбор и изучение научно-технической литературы	3	-	5	-	3,8	-	1,9	-	3	-

Продолжение таблицы 14

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожг}$ , чел-дни		И	НР	И	НР
	И	НР	И	НР	И	НР				
Выбор оборудования	2	–	4	–	2,8	–	2,8	–	4	–
Разработка схем	2	-	5	-	3,2	-	1	-	2	-
Разработка экранных форм	1	-	1	-	1	-	1	-	2	–
Разработка программы управления	2	–	7	–	4	-	4	–	6	–
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	2	–	4	–	2,8		2,8	–	4	–
Написание раздела «социальной ответственности»	4	–	5	–	4,4	–	4,4	–	7	–
Проверка работы с руководителем	1	1	2	1	1,4	1	0,7	0,5	1	1
Составление пояснительной и подготовка презентации	12	-	20	-	15,2	-	7,6	-	11	-

Из данных, полученных в таблице 14 был построен календарный план-график.

Таблица 15 – Календарный план-график

№ раб	Название работы	Продолжительность выполнения работ					
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь
1	Постановка задачи		■				
2	Календарное планирование работ		■				
3	Разработка и утверждение ТЗ		■				
4	Подбор и изучение научно-технической литературы		■	■			
5	Описание технического процесса			■			
6	Выбор оборудования			■			
7	Разработка схем				■	■	
8	Разработка экранных форм					■	
9	Разработка программы управления					■	
10	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»						■
11	Написание раздела «социальная ответственность»						■
12	Проверка работы с руководителем						■
13	Составление пояснительной и подготовка презентации						■

#### 5.4 Расчет материальных затрат

Материальные затраты определяют стоимость покупных материалов, фабричных изделий и других материальных ресурсов, затрачиваемых непосредственно для выполнения научно-технического исследования.

Расчет материальных затрат производится по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расх_i}, \quad (12)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов;

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

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

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

Цены на фабричные изделия, относящиеся к материальным ресурсам, устанавливаются из стоимости товара, размещенного на торговых площадках, в магазинах, на сайтах предприятий, либо в прайс-листах торговых организаций.

В таблице 16 отражены материальные затраты на производство научно-технического исследования.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Тетрадь общая, 96 л.	60	1	60
Ручка	15	2	30
Карандаш	10	2	20
Ластик	8	1	8
Бумага офисная	630	1	630
ИТОГО (рублей)		748	
ИТОГО (рублей) с учетом ТЗР (20 %)		898	

Из таблицы 16 видно, что на производство научно-технического исследования понадобится 898 рублей.

### 5.5 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления — это все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для производства научно-технического исследования.



На выполнение выпускной квалификационной работы, согласно календарному плану, дается 5 месяцев. Для выполнения ВКР необходим персональный компьютер или ноутбук и принтер со сканером.

Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} * 100\%, \quad (13)$$

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

Принимаем срок полезного использования равный 3-м годам. В таблице 17 приведен расчет амортизационных отчислений.

Таблица 17 – Расчет амортизационных отчислений

	Стоимость, руб	Срок полезного использования, лет	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Ноутбук	65000	3	33,3	21645	1803,75	9018,75
Принтер со сканером	42000	3	33,3	13986	1165,5	5827,5
<b>ИТОГО</b>						<b>14846,25</b>

Из таблицы 17 следует, что сумма амортизационных отчислений составляет 14846,25 рублей.

## 5.6 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата – это статья расходов, которая включает в себя затраты на выплату основной заработной платы и премий, начисляемых в процентном соотношении от заработной платы научного руководителя и студента-дипломника (инженера).

В таблице 18 приведен баланс рабочего времени.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	118
Потери рабочего времени на отпуск	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Затраты на заработную плату складываются из затрат на основную и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (14)$$

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

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

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p, \quad (15)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата вычисляется следующим образом:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (16)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца;

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

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{окл} * k_p, \quad (17)$$

где  $Z_{окл}$  – должностной оклад, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент.

В таблице 19 отражены результаты расчета основной заработной платы.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{окл}$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , руб.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	35000	1,3	45500	1885,26	14	26393,64
Инженер	25000		32500	1632,3	121	197506,7
ИТОГО						223900,34

По итогам расчета затраты на основную заработную плату научного руководителя и студента-дипломника за время выполнения научно-исследовательской работы составят 223900,34 рублей. Большая часть рабочего времени приходится на студента-дипломника, поэтому основная часть заработной платы приходится на него.

### 5.7 Дополнительная заработная плата

Статья затрат на дополнительную заработную плату предусматривает затраты на предусмотренные Трудовым кодексом РФ выплаты за несоответствие условий труда нормативным. Помимо этого, к дополнительной заработной плате относят, связанные с обеспечением гарантий и компенсаций работнику.

Расходы на данную статью расходов определяются по следующей формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \quad (18)$$

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

В таблице 20 показан результат расчета дополнительной заработной платы.

Таблица 20 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,15	26393,64	3959,05
Инженер		197506,7	29626
ИТОГО			33585,05

По итогам расчетов было определено, что затраты на дополнительную заработную плату составят 33585,05 рублей на обоих работников.

### 5.8 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды – это статья расходов научного исследования, которая включает в себя обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам в органы пенсионного страхования, медицинского и социального обеспечения.

Размер отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) * k_{\text{внеб}}, \quad (18)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В таблице 21 отражены затраты на отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 21 – Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Сумма отчислений
Научный руководитель	26393,64	3959,05	27,1	8225,58
Инженер	197506,7	29626		61552,96
ИТОГО				69778,54

По итогам расчетов отчисления во внебюджетные фонды для научного руководителя и студента-дипломника составят 69778,54 рублей.

## 5.9 Накладные расходы

В статью накладных расходов входят затраты, не вошедшие в приведенные выше статьи расходов на научное исследование. Величина закладываемого бюджета на накладные расходы определяется в соответствии со следующей формулой:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{\text{нр}}, \quad (19)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (0,16).

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (898 + 14846,25 + 223900,34 + 33585,05 + 69778,54) * 0,16 \\ &= 54881,31 \text{ руб.} \end{aligned}$$

По результатам расчета было определено, что затраты на накладные расходы для производства научного исследования составят 54881,31 рублей.

## 5.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

После расчета всех статей затрат на научное исследование, формируется его бюджет. Формирование бюджет затрат на производство научно-исследовательского проекта производится сложением суммы всех статей затрат, рассчитанных ранее.

В таблице 22 приведены затраты по всем статьям и итоговый бюджет научно-исследовательского проекта.

По итогам расчетов был сформирован бюджет научно-исследовательского проекта, размером 397889,5 рублей.

Таблица 22 – Бюджет научно-исследовательского проекта

№	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты	898
2	Затраты на амортизационные отчисления	14846,25
3	Затраты по основной заработной плате	223900,34
4	Затраты по дополнительной заработной плате	33585,05
5	Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	69778,54
6	Накладные расходы	54881,31
7	Итоговый бюджет	397889,5

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

Оценка бюджета затрат трех или более вариантов исполнения научного исследования позволяет получить интегральный показатель финансовой эффективности этого научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научного исследования.

В качестве вариантов возможных исполнителей будут студент-дипломник с научным руководителем, НИИ «Нефтегаз», ООО «Энергострой».

В таблице 23 приведен расчет интегрального финансового показателя разработки.

Таблица 23 – Расчет интегрального финансового показателя

Исполнитель	$\Phi_{pi}$ , руб.	$\Phi_{max}$ , руб.	$I_{финр}$ студент	$I_{финр}$ НИИ "Нефтегаз"	$I_{финр}$ ООО "Энергострой"
Инженер с научным руководителем	397889,5	650000	0,61	1	0,8
НИИ «Нефтегаз»	650000				
ООО «Энергострой»	520000				

### 5.12 Определение ресурсоэффективности исследования

Показатель ресурсоэффективности проводится посредством определения интегрального критерия:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (21)$$

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

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1 Инженер с научным руководителем	Исп. 2 НИИ «Нефтегаз»	Исп. 3 ООО «Энергострой»
Точность	0,2	5	5	5
Надежность	0,2	5	5	5
Быстродействие	0,15	5	4	5
Безопасность	0,1	4	3	4
Удобство	0,1	4	4	3
Обслуживание	0,15	4	3	4
Стоимость	0,05	5	4	3
Экологичность	0,05	4	4	2
ИТОГО	1	36	32	31

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 * 5 + 0,2 * 5 + 0,15 * 5 + 0,1 * 4 + 0,1 * 4 + 0,2 * 4 + 0,05 * 5 = 4.6$$

$$I_{p2} = 0,2 * 5 + 0,2 * 5 + 0,15 * 4 + 0,1 * 3 + 0,1 * 4 + 0,2 * 3 + 0,05 * 4 = 4.15$$

$$I_{p3} = 0,2 * 5 + 0,2 * 5 + 0,15 * 5 + 0,1 * 4 + 0,1 * 3 + 0,2 * 4 + 0,05 * 3 = 4.3$$

### 5.13 Определение эффективности исследования

Интегральный показатель эффективности разрабатываемой технологии определяется из рассчитанного ранее интегрального показателя ресурсоэффективности, а также интегрального финансового показателя. Зная необходимые значения можно определить интегральный показатель эффективности разрабатываемой или имеющейся технологии конкретного исполнителя по следующей формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^i} \quad (22)$$

Также следует определить сравнительную эффективность проектов:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп. 2,3}}}{I_{\text{исп. 1}}} \quad (23)$$

Анализ показателя эффективности поможет определить сравнительную эффективность разрабатываемой или уже существующей технологии и выбрать наиболее подходящий вариант из предлагаемых.

Таблица 25 – Сравнение эффективности разработки

№	Показатель	Исп. 1 Инженер с научным руководителем	Исп. 2 НИИ «Нефтегаз»	Исп. 3 ООО «Энергострой»
1	Интегральный финансовый показатель	0,61	1	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,6	4,15	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	7,54	4,15	5,375
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,55	0,71



Сравнительная эффективность вариантов исполнения показывает, что наиболее эффективным является проект, разработанный студентом-дипломником совместно с научным руководителем.

#### **5.14 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение**

В данном разделе выпускной квалификационной работы оценены экономические аспекты разработки автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом.

Выполнен анализ конкурентных технологических решений среди существующих систем управления и проектируемой системой. Разрабатываемая система автоматического управления имеет как ряд преимуществ, так и недостатки, но все равно имеет высокую конкурентоспособность и эффективность.

При планировании научно-исследовательских работ определена структура работ в рамках научного исследования. Большинство работ проделано самостоятельно студентом-дипломником, а на некоторых этапах проектирования требовалось присутствие научного руководителя.

В процессе расчета бюджета научно-технического исследования было выявлено, что основные затраты приходятся на заработную плату. Общий размер бюджета составляет 397889,5 рублей.

## **6 Социальная ответственность**

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются социальные вопросы на предприятии. Определяются текущие социальные проблемы при работе с создаваемым проектом, опасные и вредные факторы, а также способы их решения.

Понятия о социальной ответственности прочно утвердились в каждой организации вне зависимости от рода деятельности. Вне зависимости от сложности работы, возникают различные вредные и опасные производственные факторы, способные пагубно повлиять на здоровье человека, или даже привести к непоправимым последствиям. Для решения таких проблем на предприятиях существуют службы охраны труда.

Охрана труда – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. В эту систему включаются правовые, социально-экономические, организационные, технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и иные мероприятия.

В рамках данного раздела будут рассмотрены условия работы оператора диспетчерской по управлению автоматизированной системой штангового глубинного насоса. Оператор будет осуществлять контроль за параметрами технологического процесса, управлять технологическим оборудованием, принимать решения в случае возникновения нештатных ситуаций.

При работе с компьютером человек подвергается вредным и опасным факторам. Помещение операторской имеет центральное отопление, оборудовано системой кондиционирования, имеет площадь 50 кв. м., рабочее место освещается естественным и искусственным светом.

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

Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации [17]. График работы персонала

должен соответствовать Главе 16 Трудового кодекса, регламентирующей режим рабочего времени.

Технологический процесс штангового глубинного насоса является непрерывным. В связи с этим наиболее подходящим режимом рабочего времени является сменный режим.

Безопасность труда работника регламентируется «Системой стандартов безопасности труда» (ССБТ). Неотъемлемой частью подготовки к работе и проверки знаний персонала является медицинский осмотр, производственное обучение и система инструктажей, которая включает в себя вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи.

Большую часть рабочего времени оператор проводит сидя. Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя» [27], ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования [18] и ГОСТ Р ИСО 9241-306-2012 Эргономика взаимодействия человек-система [19]. Рекомендуемые параметры сидения: высота должна быть в пределах 420-550мм, поверхность – мягкая, угол наклона спинки – регулируемый.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Эти зоны изображены на рисунке 16.

В зоне досягаемости 3 должен располагаться монитор; системный блок располагается в предусмотренной нише стола; клавиатуру следует размещать в зоне 1; компьютерную мышь в зоне 2; принтер и другие периферийные устройства располагаются в зоне 3; документация, необходимая в процессе работы – в зоне легкой досягаемости ладони; литература, используемая постоянно размещается в выдвижных ящиках стола.

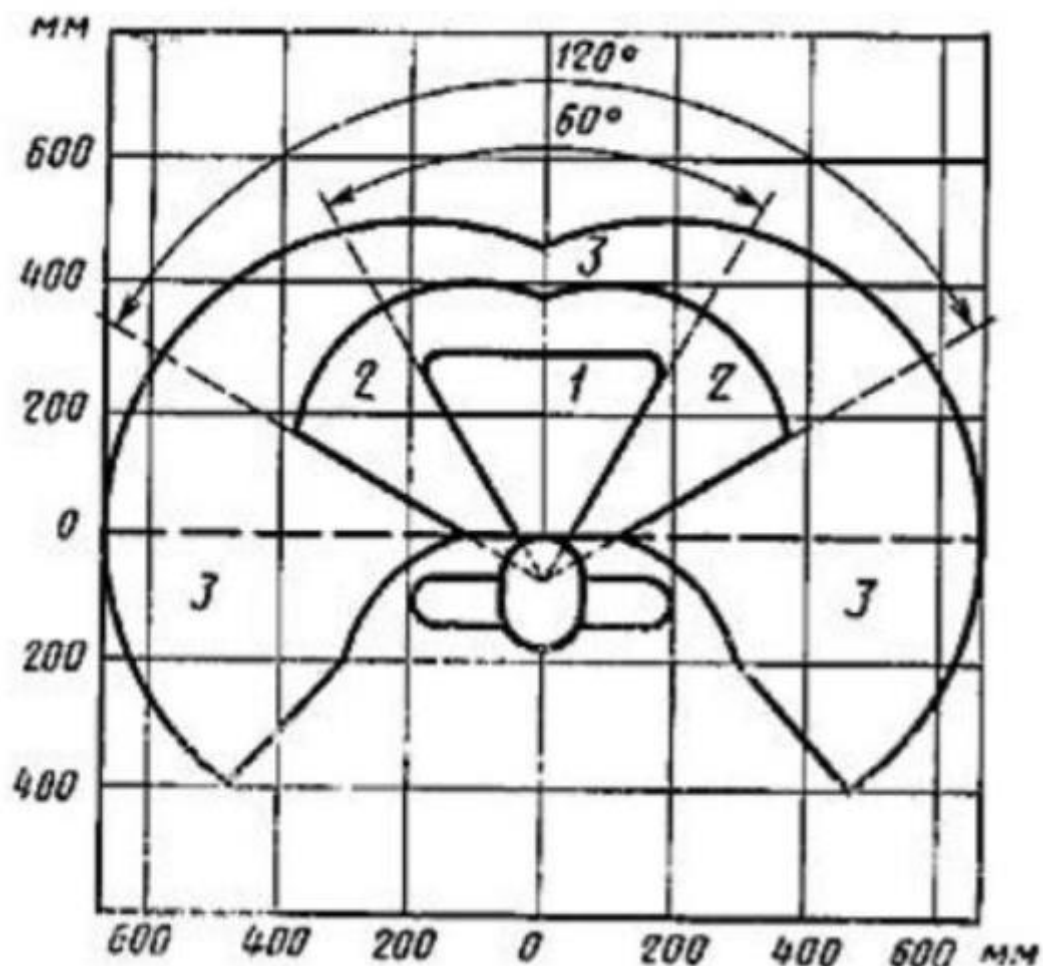


Рисунок 16 – Зоны досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

## 6.2 Производственная безопасность

На рабочем месте оператора могут возникать различные вредные и опасные производственные факторы. Для исключения влияния этих факторов на здоровье работника прибегают к применению различных методов, описанных в нормативных документах

Для идентификации потенциальных опасных и вредных производственных факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [23]. В таблице 26 приведен перечень характерных для исследуемого рабочего места оператора опасных и вредных факторов.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные производственные факторы

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015	Нормативные документы
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. [34] ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [39] ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [40]
Отсутствие или недостаток необходимого естественного или искусственного освещения.	СП 52.13320.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. [36]
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [35]
Опасные и вредные факторы, связанные с возникновением пожаров.	ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. [38]

### 6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Помещение операторской оборудовано электрическими розетками и электрическими приборами, которые являются источниками повышенной опасности. Опасность может наступить при неверном использовании приборов или при выходе их из строя.

Поражение электрическим током – может нести угрожающий жизни и здоровью характер. При длительном воздействии на организм человека электрического тока, могут возникнуть ожоги, повреждения внутренних органов и даже наступить смерть.

Для того, чтобы обезопасить работников розетки в помещении операторской в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» должны иметь защитное заземление и подключаться через устройства защитного отключения [20]. В таком случае после прикосновения человека к части неисправного электрического прибора, находящейся под напряжением, поражения электрическим током не произойдет.

2. Недостаток или отсутствие естественного или искусственного освещения возникает при заниженной яркости осветительных приборов и естественных источников света.

При воздействии данного вредного производственного фактора возникает повышенная утомляемость, близорукость, раздражение и снижение общей производительности труда.

Рабочая зона оператора должна освещаться в соответствии с нормами СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [22], приведенными в таблице 2. А именно таким образом, чтобы можно было производить рабочие действия не напрягая органы зрения. Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, катаракты и другие нарушения.

Таблица 27 – Нормирование освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Под разряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					Освещенность на рабочей поверхности, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности Кп, % не более	КЕО ен, % при	
									верхнем или комбинированном	боковом
Высокой точности	От 0.3 до 0.5	Б	1	Не менее 70	300	100	21 18	15	3,0	1,0
			2	Менее 70	200	75	24 18	20 15	2,5	0,7

3. Отклонения микроклиматических параметров воздушной среды в рабочей зоне, могут возникнуть при изменяющихся сезонах года и погодных условиях, а также при неисправности отопительного или кондиционирующего оборудования.

Это наиболее распространенная проблема на производствах, расположенных в регионах с резко-континентальным климатом, когда погода может меняться несколько раз за день.

Несоблюдение параметров микроклимата может привести к ухудшению общего состояния здоровья работников, а именно: повышение или понижение температуры тела, повышенная потливость, сухость кожи, респираторные и иные заболевания.

Исключить влияние описанных факторов можно путем оборудования помещения операторской системами вентиляции, кондиционирования и отопления. Оптимальные параметры микроклимата рабочей среды приведены в таблице 28, допустимые в таблице 29 согласно СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [21].

Таблица 28 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочем месте

Время года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	от 23 до 25	от 40 до 60	0,1
Теплое	от 20 до 22	от 40 до 60	0,1

Таблица 29 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочем месте

Время года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Ниже оптимальных не менее	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не менее	Выше оптимальных не более
Холодное	от 20,0 до 21,9 включ.	от 24,1 до 25,0 включ	от 15 до 75 включ.	0,1	0,1

#### 6.4 Экологическая безопасность

При работе штангового глубинного насоса могут возникать различные аварийные ситуации, характеризующиеся проливом продукта скважины на землю, выбросами попутного газа в атмосферу, возникновении пожаров и взрывов.



Защита селитебной зоны. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [28] предприятия по добыче и переработке нефти и газа относится к I классу санитарной классификации. Штанговый глубинный насос является частью предприятия, поэтому он также относится к I классу санитарной опасности. Для территорий с I категорией санитарной опасности устанавливается ориентировочный размер санитарно-защитной зоны в 1000 м.

Защита атмосферы. Атмосферу предприятия может загрязнять вырывающийся при добыче нефти попутный природный газ. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [29] предельно допустимая концентрация природного газа метана в рабочей зоне составляет 7000 мг/м<sup>3</sup>. Для предотвращения выбросов в атмосферу в аварийных ситуациях газ направляется на газовый факел для сжигания.

Защита гидросферы и литосферы. При проливе нефти может возникнуть загрязнение водоемов, почвы или грунтовых вод. Предельно допустимая концентрация нефтяных продуктов в почве составляет 1000 мг/м<sup>3</sup>, для водоемов 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Это регламентируется ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения [33] и ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков [30]. Для предотвращения пролива нефтяных продуктов и попадания их в водоемы площадка имеет обваловку.

## **6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Автоматизация штангового глубинного насоса производится с применением электрических контрольно-измерительных приборов, контроллеров и исполнительных механизмов. Электрические приборы –

потенциальный источник возникновения пожаров, особенно во взрывоопасных зонах. Поэтому для обеспечения безопасности объекта будут использоваться приборы во взрывобезопасном исполнении.

Согласно Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожар на площадке штангового глубинного насоса классифицируется классом С.

План эвакуации людей при пожаре показан на рисунке 17.

## ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

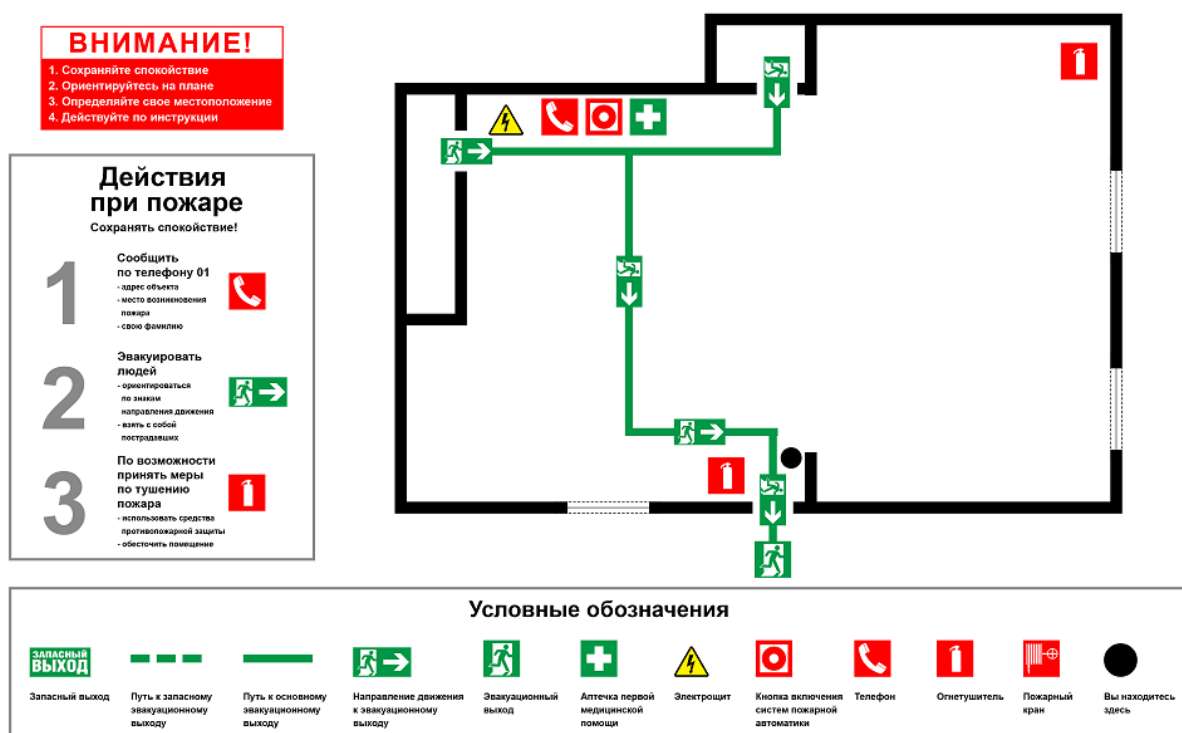


Рисунок 17 – План эвакуации людей при пожаре

Борьбу с пожарами можно обеспечивать как ручными противопожарными средствами (песок, ведра, лопаты, багры, переносные огнетушители), так и с применением автомобильной техники, пожарной авиации и пожарных поездов согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [24].

Помимо пожаров при работе штангового глубинного насоса могут возникнуть различные техногенные аварии:

- отказ оборудования;
- нарушение режима эксплуатации автоматизированной системы управления;
- выброс нефтяных и газовых продуктов.

Наиболее вероятным видом чрезвычайной ситуации может стать отказ оборудования. Это может произойти при нарушении условий эксплуатации оборудования или производственного брака. Чаще всего такие ситуации возникают при недостаточной квалификации обслуживающего персонала, или неверных действиях операторов.

### **6.6 Вывод по разделу**

Рабочая зона оператора штангового глубинного насоса соответствует нормативным значениям по микроклимату, электробезопасности, естественного и искусственного освещения, пожарной безопасности.

Помещение операторской относится к сухому помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Имеет категорию В4 по пожарной опасности.

Объектом, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду, является непосредственно сам штанговый глубинный насос, который относится к I категории санитарной опасности.

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок операторы автоматизированных систем должны иметь I группу по электробезопасности. Электротехнический и электротехнологический персонал, работающий и обслуживающий автоматизированную систему должен иметь III группу допуска по электробезопасности, т.к. данная электроустановка работает с напряжением до 1000В

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы являлось проектирование автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом.

Для выполнения этой цели были решены следующие задачи:

- сформировано техническое задание, исходя из которого были подобраны технические и программные средства реализации системы автоматизации;

- подобрана и использована SCADA-система;

- разработана техническая документация.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была реализованная автоматизированная система управления штанговым глубинным насосом.

Было составлено техническое задание, согласно, которому проектировалась система. Был рассмотрен технологический процесс работы штангового глубинного насоса. Был разработан пакет документации, включающий в себя схемы автоматизации, структурную схему, мнемосхемы, схему внешних проводок блок-схемы алгоритмов.

Нижний уровень был реализован на датчике давления Yokogawa, датчике расхода MGX2, амперметре ОМИКС 1-1, подобраны датчики нагрузки Interface, а также датчик положения Honeywell 103SR12-A1. При этом на всех этапах нижнего уровня был произведен выбор из альтернатив.

В заключительной части выпускной квалификационной работы была создана экранная форма в программном комплексе CoDeSys и проведено математическое описание контура регулирования давления.

Разработанная система управления штанговым глубинным насосом удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации. При этом согласно технического задания система имеет возможность наращивания и модернизации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мордвинов А.А. Основы нефтегазопромыслового дела: учеб. пособие / А.А. Мордвинов, О.А. Морозюк, Р.А. Жангабылов. – Ухта: УГТУ, 2015. – 161 с.
2. Глубинно-насосная добыча нефти с использованием штановых и электроцентробежных насосов: учебное пособие / Г.А. Билалова. – 2020, 172 с.
3. Выбор и расчет оборудования для добычи нефти / Снарев А.И – Москва, 2019 – 216 с.
4. Жирнов Б.С, Ефимович Д.О. Нефтегазовые технологии оборудования. Справочник ремонтника / Б. С. Жирнов, Д.О. Ефимович, Р.А. Махмутов. – Москва, 2021 – 356 с.
5. Разработка нефтяных месторождений / Мусин М.М – Москва, 2019 – 328 с.
6. CoDeSys V3.5 Первый старт. Руководство пользователя. ОВЕН, 2020. – 153 с.
7. Программирование ПЛК в CoDeSys V3. Часть 2 Визуализация. ПК Пролог, 2017. – 249 с.
8. Нефтегазовое дело. Полный курс: Учебное пособие/Тетельмин В. В., Язев В. А., 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 800 с.
9. Основы нефтегазопромыслового дела. Учебное пособие. Авторы В. Д. Гребнев, Д. А. Мартюшев Г. П. Хижняк: Перм. нац. иссл. полит. ун-т. Пермь, 2013. 185с.
10. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учеб. пособие / Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2019. – 408 с.
11. Стрижак П.А. Микропроцессорные контроллеры и средства управления: учебник / П.А. Стрижак, Д.О. Глушков; Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 159 с.

12. Средства автоматизации и управления: конспект лекций / сост. В.В. Михайлов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 99 с.
13. Технические средства систем автоматики и управления: учебное пособие / В.Н. Скороспешкин, М.В. Скороспешкин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 218 с.
14. Шишов О.В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации: учебник / О.В. Шишов. – М.: Инфа-М, 2017.
15. Шишов О.В. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие / О.В. Шишов. – М.: Инфа-М, 2016. – 396 с.
16. Основы автоматизации производственных процессов нефтегазового производства: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / М.Ю. Прахова, Э.А. Шаловников, Н.А. Ишинбаев, С.В. Щербинин; под ред. М.Ю. Праховой. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.
17. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
18. ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ Р ИСО 9241-306-2012 Эргономика взаимодействия человек-система.
20. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
21. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

23. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.
24. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.
25. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
26. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
27. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя».
28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
29. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
30. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
31. ГОСТ 21.208 – 2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Взамен ГОСТ 21.408 – 85; введ. 2013 – 11 – 14. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 27с.
32. ГОСТ 21.408 – 2013. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Взамен ГОСТ 21.408 – 93; введ. 2013 – 11 – 14. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 38с.

**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Структурная схема**

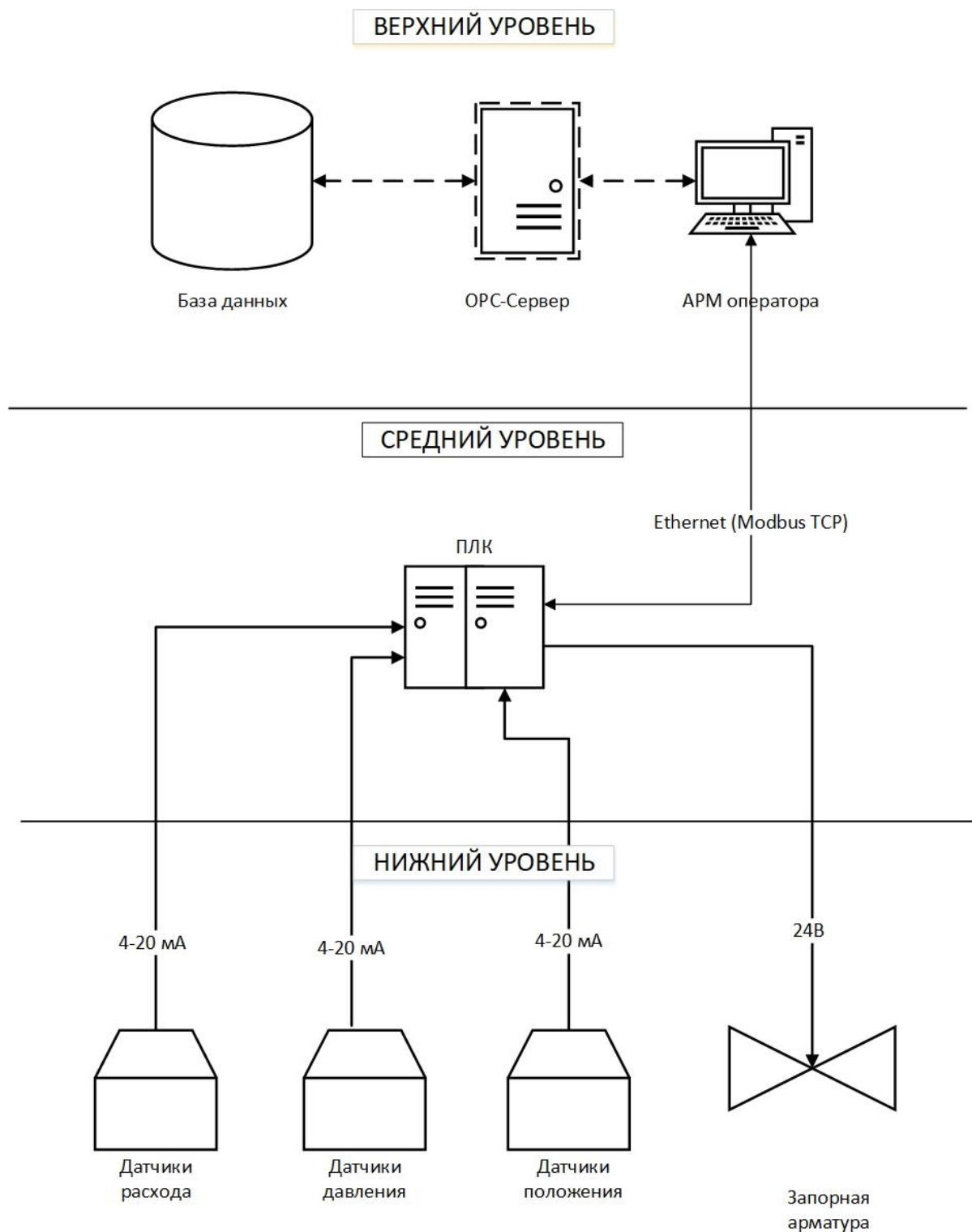


Рисунок А.1 – Структурная схема



**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Функциональная схема**

Перв. примен.

Справ. №

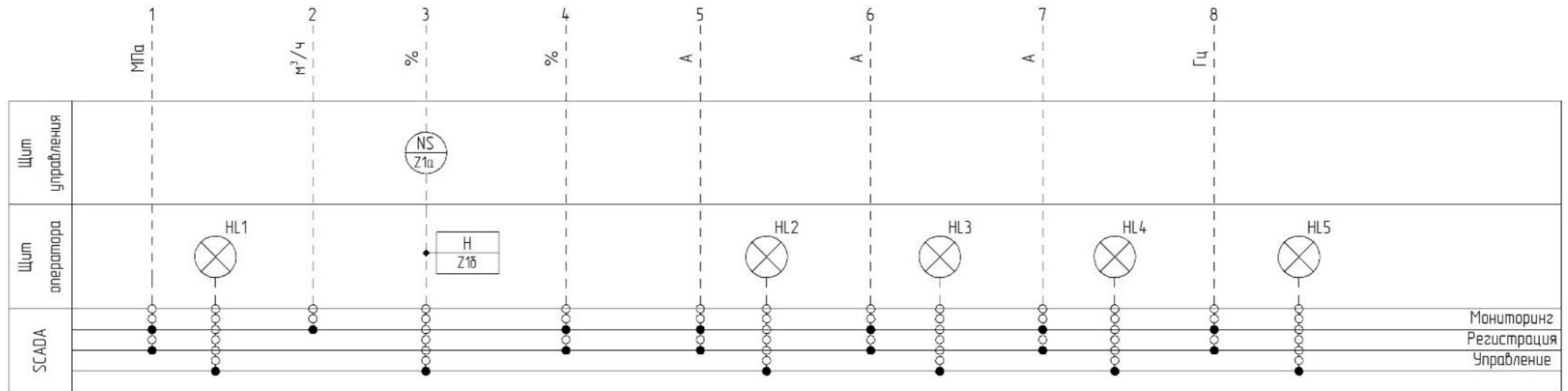
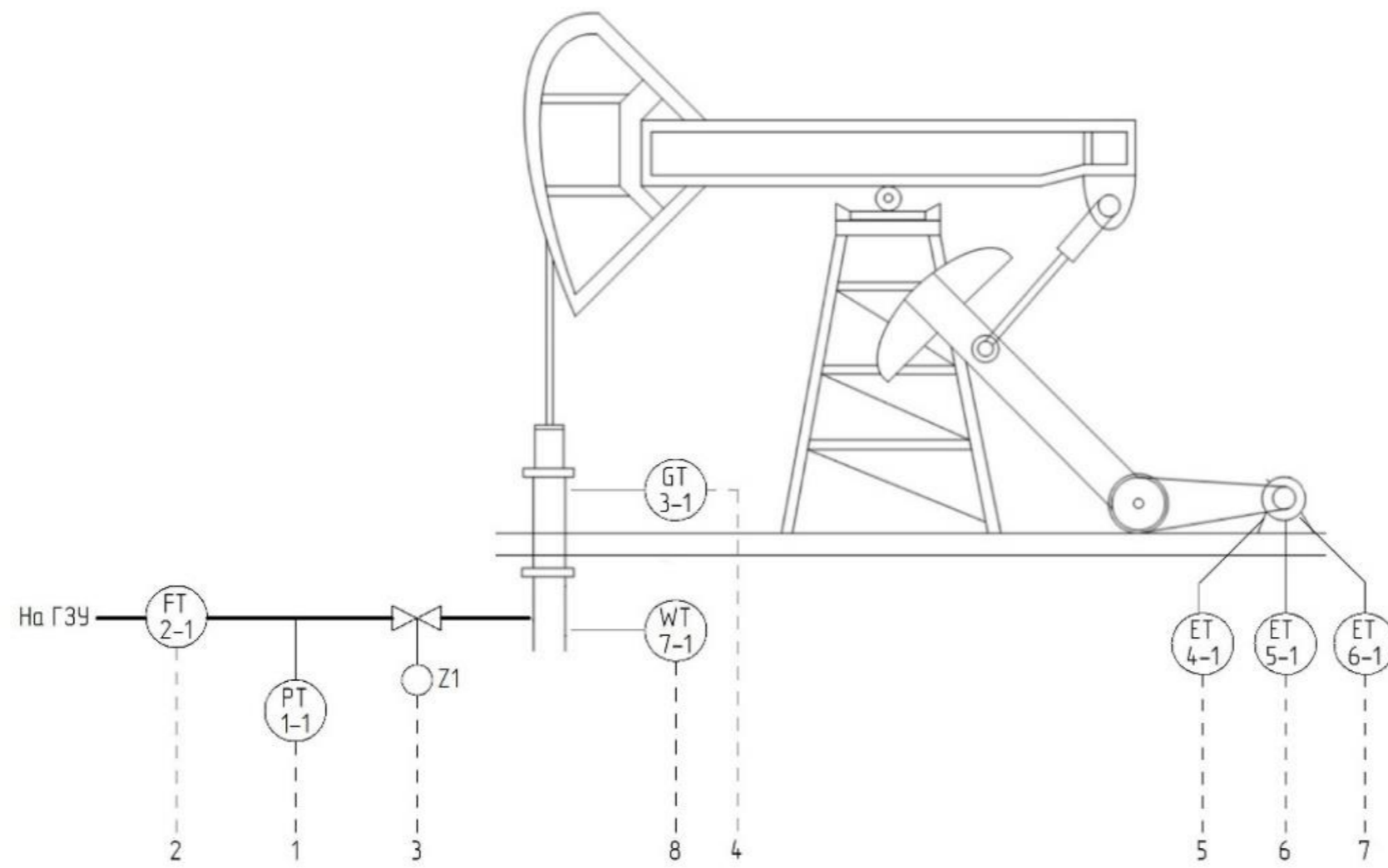
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Мелибаев Д.К.		
Проб.		Пякилля Б.И.		
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.425280.001 ЭС 07

Функциональная схема  
автоматизации

Лит.	Лист	Листов
	1	1
ТПУ ОАР ИШИТР		
Группа 3-8Т72		

Копировал

Формат А3

**Приложение В**  
**(обязательное)**  
**Схема внешних проводок**

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

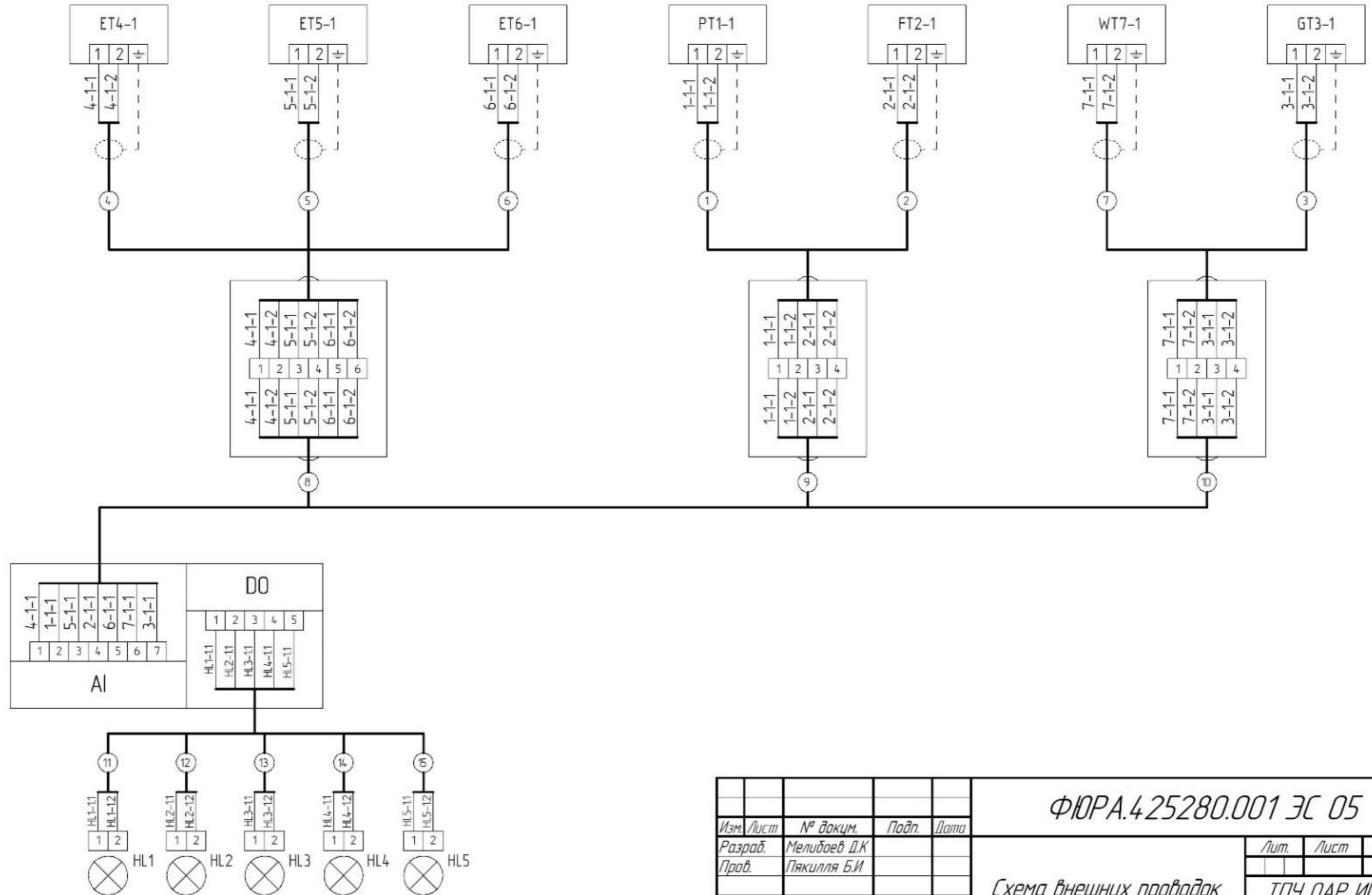
Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Наименование параметра	Ток			Давление	Расход	Нагрузка	Положение
Место отбора импульса	Двигатель	Двигатель	Двигатель	Трубопровод	Трубопровод	ШГН	ШГН
Позиция	4-1	5-1	6-1	1-1	2-1	7-1	3-1



ФЮРА.425280.001 ЭС 05					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Мелибаев Д.К.				
Пров.	Пякилла Б.И.				
И.контр.					
Утв.					
Схема внешних проводов			Лит.	Лист	Листов
					1
ТГУ ОАР ИШИТР			Группа 3-8Т72		
Копировал			Формат А3		

**Приложение Г**  
**(обязательное)**  
**Блок-схема алгоритма**

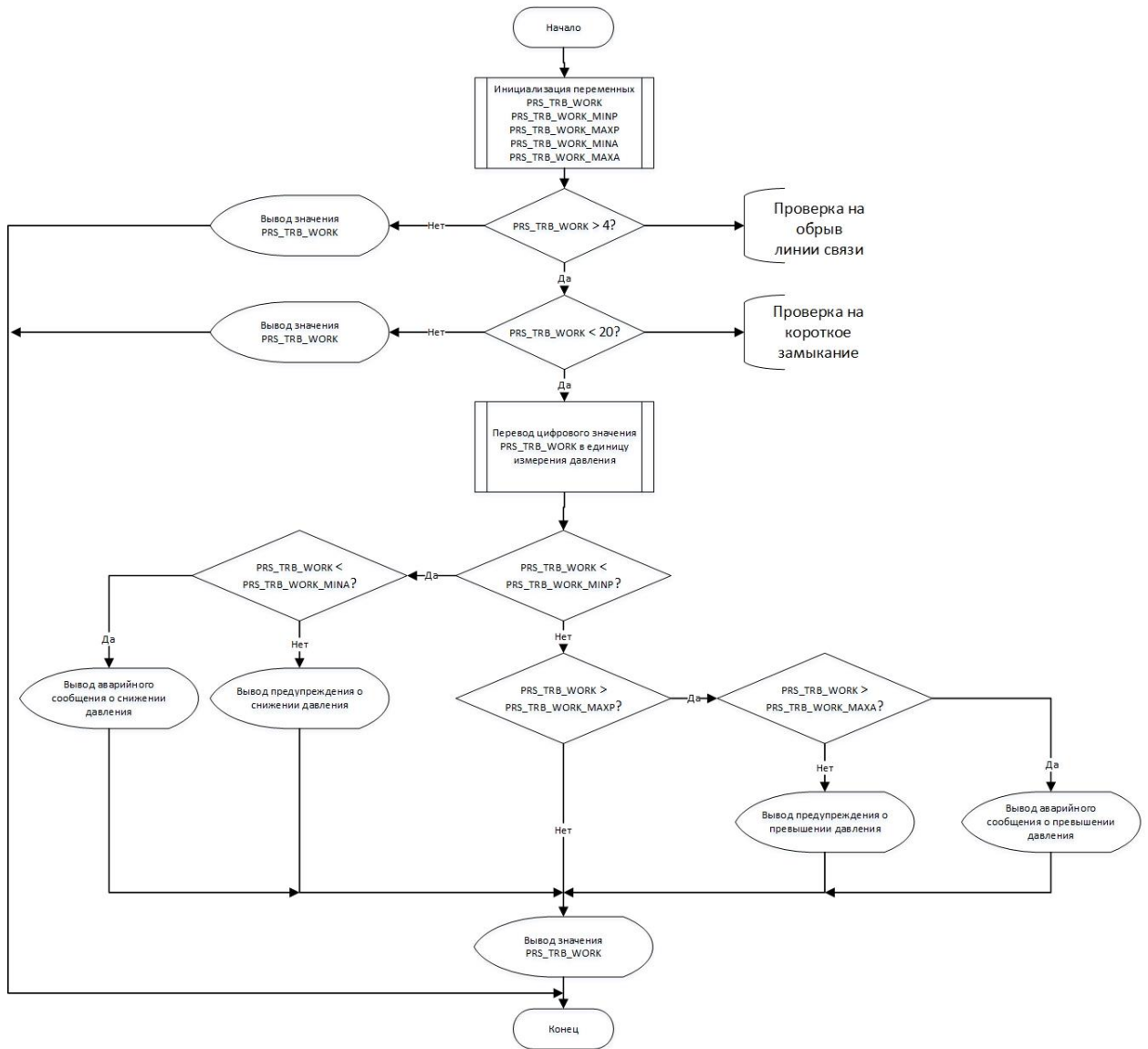


Рисунок Г.1 – Блок-схема

Приложение Д  
(обязательное)  
Экранная форма

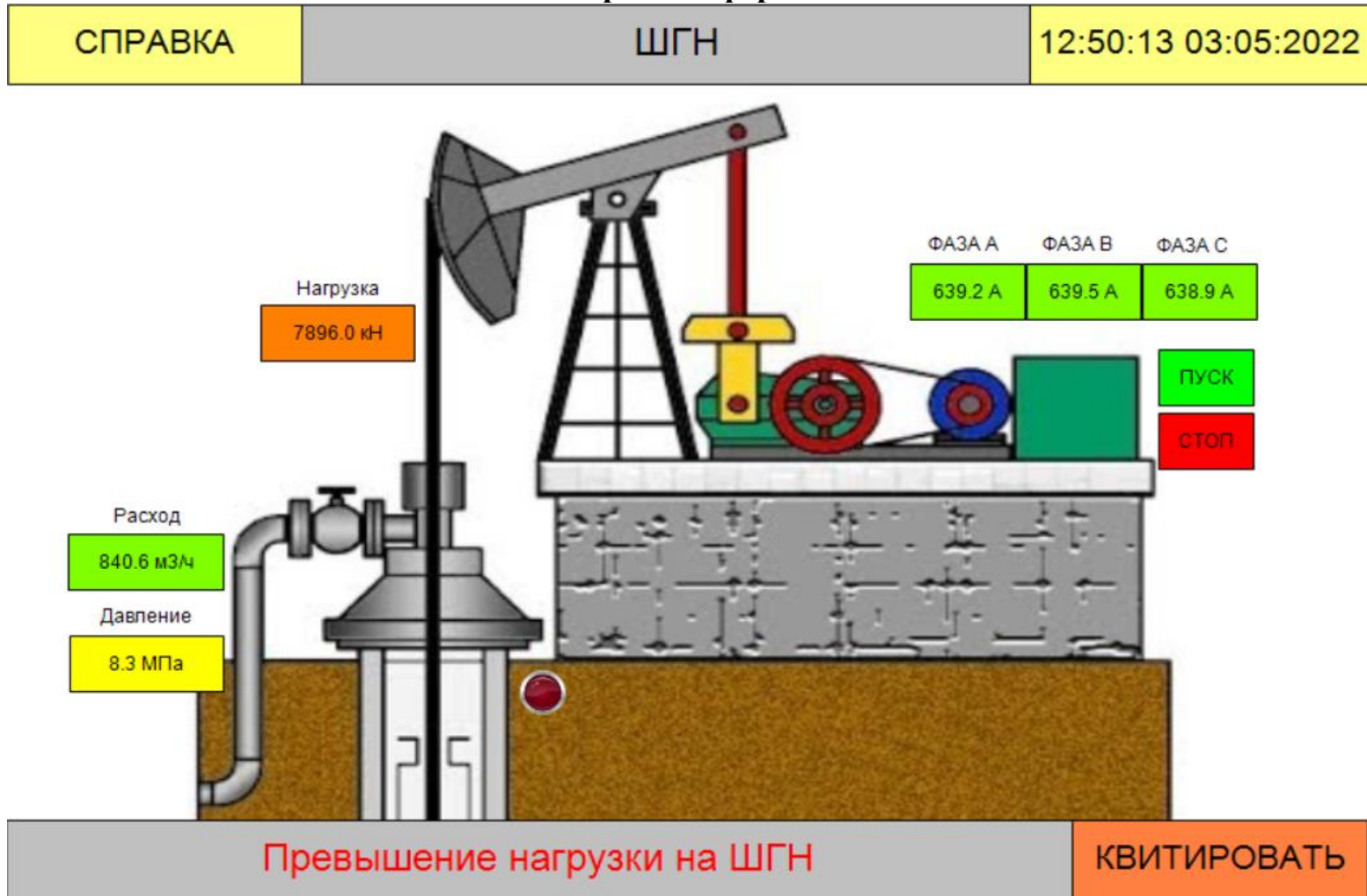


Рисунок Д.1 – Экранная форма