

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
Автоматизация дренажной емкости на установке подготовки нефти Буранного месторождения

УДК 681.5:621.642:622.323

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Киргефнер Михаил Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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)-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 в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись)

 (Дата)

Цавнин А. В.
 (Ф. И. О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной

работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Киргефнер Михаил Сергеевич

Тема работы:

Автоматизация дренажной емкости на установке подготовки нефти Буранного месторождения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 34-90/с от 03.02.2023 г.

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> – Описание технологического процесса на промысле с указанием основных характеристик; – состав и свойства газожидкостной смеси; – процессы и оборудование на установке подготовки нефти; – дренажная емкость Е-4, объем $V = 63 \text{ м}^3$, $D = 3000 \text{ мм}$, $L = 9250 \text{ мм}$, давление нагнетания насоса $P1 = 3.5 - 4.0 \text{ МПа}$, контролируемая температура $T = 5 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$, уровень шлама 300 – 2600 мм.
---------------------------------	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Описание технологического процесса на установке подготовки нефти; – разработка структурной схемы автоматизации дренажной емкости; – выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики для управления технологическим процессом в дренажной емкости; – выбор исполнительных механизмов для управления дренажной емкостью; – моделирование САР уровня шлама в дренажной емкости; – разработка экранных форм управления технологическим процессом в дренажной емкости.
<p>Перечень графического материала</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Функциональная схема технологического процесса на установке подготовки нефти; – трёхуровневая структурная схема автоматизированной системы; – функциональная схема автоматизации; – схема внешних проводок; – результаты моделирования САР уровня шлама в дренажной емкости; – экранная форма SCADA-системы.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ОБД</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Гасанов Магеррам Али оглы, профессор ОСГН, д.э.н</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>03.02.2023 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Ст. преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Семенов Николай Михайлович</p>	<p>-</p>		<p>03.02.2023 г.</p>

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Т92</p>	<p>Киргефнер Михаил Сергеевич</p>		<p>03.02.2023 г.</p>

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

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

Уровень образования - Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения - Весенний семестр 2022/23 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Киргефнер Михаил Сергеевич

Тема работы:

Автоматизация дренажной емкости на установке подготовки нефти Буранного месторождения

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2023 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			03.02.2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н., доцент		03.02.2023 г.

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Киргефнер Михаил Сергеевич		03.02.2023 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц текста, 31 таблицу, 14 рисунков, 1 список использованных источников из 27 наименований, 5 приложений.

Ключевые слова: дренажная ёмкость, установка подготовка нефти, объект управления, программируемый логический контроллер, контрольно-измерительные приборы и автоматика, автоматизированная система управления, функциональная схема автоматизации, технологический процесс.

Объектом исследования является дренажная ёмкость на установке подготовки нефти Буранного месторождения.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления дренажной ёмкостью на установке подготовки нефти.

В ходе работы проводились исследования по разработке автоматизированной системы управления дренажной ёмкостью на установке подготовки нефти.

В результате исследований была разработана автоматизированная система управления дренажной ёмкостью на установке подготовки нефти, изучен технологический процесс, на основе которого разработаны структурная схема и функциональная схема автоматизации, произведен выбор датчиков КИПиА, а также контроллерного оборудования.

Область применения: автоматизированная система управления дренажной ёмкостью используется на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Экономическая эффективность работы рассматривается в разделе ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Содержание

Реферат	9
Введение.....	13
Обозначения и сокращения.....	14
1 Техническое задание	15
1.1 Основное назначение и цели создания АСУ ТП.....	15
1.2 Требования к системе в целом	15
1.3 Требования к техническому обеспечению.....	15
1.4 Требования к программному обеспечению	16
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	17
1.6 Требования к математическому обеспечению.....	17
2 Разработка автоматизированной системы.....	19
2.1 Описание технологического процесса	19
2.2 Разработка структурной схемы	20
2.3 Разработка функциональной схемы	21
2.4 Схема внешних проводок.....	22
2.5 Выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики.....	23
2.5.1 Выбор датчика давления	23
2.5.2 Выбор датчика температуры	24
2.5.3 Выбор уровнемера	26
2.5.4 Выбор расходомера	28
2.5.5 Выбор уровнемера, определяющего границу сред	30
2.5.6 Выбор контроллерного оборудования.....	31
2.5.7 Выбор исполнительных механизмов	33
2.6 Моделирование САР уровня шлама в дренажной емкости	34
2.6.1 Математическая модель электропривода.....	35
2.6.2 Математическая модель дренажной емкости	37
2.6.3 Моделирование в Simulink.....	39
2.7 Разработка экранных форм	41

3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	44
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования	44
3.2	Анализ конкурентных технических решений.....	45
3.3	SWOT-анализ	47
3.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	48
3.4.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	48
3.4.2	Определение трудоёмкости выполнения работ.....	50
3.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	55
3.5.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	55
3.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	56
3.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	56
3.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	58
3.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	59
3.5.6	Накладные расходы	60
3.6	Потенциальные потребители результатов исследования	60
3.7	Потенциальные потребители результатов исследования	61
3.8	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	64
4	Социальная ответственность	68
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
4.2	Производственная безопасность	71
4.2.1	Анализ опасных факторов	73
4.2.1.1	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.....	73
4.2.2	Анализ вредных факторов	74

4.2.2.1 Повышенный уровень общей вибрации.....	74
4.2.2.2 Повышенный уровень шума.....	75
4.2.2.3 Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка (50-60) Гц).....	75
4.2.2.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	76
4.3 Экологическая безопасность	76
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
4.5 Выводы по разделу социальная ответственность.....	78
Заключение	80
Список использованных источников	81
Приложение А (обязательное) Функциональная схема технологического процесса	85
Приложение Б (обязательное) Структурная схема автоматизации	86
Приложение В (обязательное) Структурная схема автоматизации.....	87
Приложение Г (обязательное) Схема внешних проводок.....	88
Приложение Д (обязательное) Экранная форма SCADA-системы.....	89

Введение

Добыча нефти включает в себя процессы, которые предполагают геологическую разведку месторождения, эксплуатацию скважин, доставку нефтяной жидкости на поверхность, процессы переработки нефти, а также транспортировку нефти до потребителей и между элементами производства.

Для того чтобы уменьшить участие человека в процессе добычи нефти, применяют средства автоматизации, при помощи которых можно осуществлять и контролировать нефтепереработку. Это позволяет свести к минимуму вероятность возникновения аварий на предприятиях. Автоматизация осуществляется с использованием датчиков, контроллеров, исполнительных устройств и SCADA-системы, что в разы повышает производительность и надежность системы.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается один из элементов, участвующих в процессе подготовки нефти на промысле, который используется для хранения и слива различных жидкостей – дренажная емкость. В работу входит выбор средств автоматизации дренажной емкости, а также создание SCADA-экрана для САР дренажной емкости.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения с соответствующими обозначениями:

УПН – установка подготовка нефти;

ОУ – объект управления;

ИУ – исполнительные устройства;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СИ – средства измерения;

ППЗУ – программируемое постоянное запоминающее устройство;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

МИ – методика измерений;

АСУ – автоматизированная система управления;

ПК – персональный компьютер;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ИМКН – исполнительный механизм контура регулирования уровня нефти;

ИМКД – исполнительный механизм контура регулирования давления;

ТП – технологический процесс .

1 Техническое задание

1.1 Основное назначение и цели создания АСУ ТП

Установка подготовки нефти (УПН) представляет собой систему технологического оборудования, которая предназначена для сбора нефтепродуктов, разделения их на нефть, газ и пластовую воду.

Объектом управления является дренажная ёмкость на УПН, которая представляет собой резервуар для слива шлама.

В разрабатываемой автоматизированной системе необходимо осуществлять контроль уровня и температуры содержимого ёмкости, расход и давление жидкости на входе и выходе системы. На основе этих параметров регулируется работа насосного оборудования и задвижек. Система включает возможность дистанционного запуска насоса, открытия и закрытия исполнительных механизмов, отображения параметров ТП на экране ПК диспетчера, контроля системы сигнализации, защит и блокировок.

Основные цели создания АСУ ТП:

- увеличение точности измерения технологических параметров;
- повышение эффективности работников;
- уменьшение трудозатрат в управлении ТП;
- оптимизация трудовых условий.

1.2 Требования к системе в целом

Разрабатываемая система обязана удовлетворять требованиям ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условных приборов и средств автоматизации в схемах» [1].

1.3 Требования к техническому обеспечению

Контрольное оборудование, датчики и исполнительные механизмы должны соответствовать требованиям к техническому обеспечению АСУ ТП.

Средства автоматизации, предназначенные для управления системой и контроля параметров технологического процесса, располагаются по месту или в диспетчерской. Оборудование системы должно быть оснащено первичными измерительными преобразователями, аварийной сигнализацией, а также приборами местного управления. Используемые в системе программируемые логические контроллеры (ПЛК) должны иметь защиту от перегрузок и импульсных помех.

Вся аппаратура системы должна иметь достаточно пространства для свободного размещения в шкафах автоматизации на DIN-рейке или на конструкции шкафов, которые обладают степенью защиты от внешних условий не менее IP 66. Средства КИПиА, контроллерное оборудование и исполнительные устройства должны обеспечивать безопасность рабочего персонала, надежно закрепляться на месте эксплуатации.

Надежность аппаратуры должна соответствовать указанному времени наработки на отказ, равному 100 тысяч часов, и сроку применения 10 лет более.

Эксплуатация оборудования исследуемой автоматизированной системы проводится в следующих климатических условиях:

- температура окружающей среды – от минус 50 °С до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха – 100 %;
- атмосферное давление – от 65 кПа до 106,5 кПа.

1.4 Требования к программному обеспечению

Прикладное программное обеспечение разрабатываемой системы управления должно удовлетворять следующим требованиям:

- широкие функциональные возможности;
- удобство использования;
- многозадачный режим работы;
- возможность модификации.

Промышленные языки программирования должны соответствовать стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3 [2].

Программные средства АСУТП должны обладать достаточным функционалом для совместной работы ПО и технических средств.

1.5 Требования к метрологическому обеспечению

Контрольное оборудование и измерительные преобразователи должны соответствовать требованиям к метрологическому обеспечению АСУ ТП.

Метрологическое обеспечение устанавливает требования к средствам измерений, методы их выбора, правила и нормы применения технических и программных средств.

Максимальная допускаемая относительная погрешность измерений не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 8.587-2019 [3]. По положению Федерального закона от 26.06.2008 № 102-ФЗ к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться требования к точности измерительных приборов АСУТП:

- воздействующие на надежную и безопасную работу функционального технологического объекта;
- воздействующие на работу, при которой осуществляется безопасность условий труда эксплуатационного персонала на технологическом месте;
- применяемые при исполнении работы в области охраны окружающей среды.

1.6 Требования к математическому обеспечению

Математические модели, методы и алгоритмы обработки информации должны отвечать требованиям, необходимым для проектируемой системы управления, работающей в режиме реального времени.

Алгоритмы в зависимости от назначения бывают двух видов.

1. Функционального назначения. Данные алгоритмы необходимы для решения задач по обработке информации ПЛК.

2. Специального назначения. Алгоритмы специального назначения решают задачи, реализуемые с использованием стандартных модулей библиотеки программ контроллера, а также задачи, ориентированные на выполнение математических вычислений на уровне SCADA.

Для работы программируемых логических контроллеров необходимо, чтобы их математическое обеспечение обеспечивало обработку текущей информации: расчет текущих значений аналоговых параметров, фильтрацию сигналов, сравнение полученных значений с уставкой, формирование сигналов ошибок и создание массивов данных значений аналоговых параметров. Кроме того, контроллеры должны иметь возможность выполнять управляющие и противоаварийные функции, такие как регулирование параметров и управление процессами.

2 Разработка автоматизированной системы

2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема ТП представлена в приложении А.

На участке предварительной подготовки нефти Буранного месторождения производится подготовка сырой нефти, включающая две ступени сепарации, после которых подготовленная нефть направляется на транспортировку.

Скважинная продукция поступает на площадку подключения и проходит через блок входных фильтров. Если нефтяная смесь поступает с кустовых площадок, то она может попадать в дренажную емкость Е-4 через сливной колодец и затем отправляться на подогреватели П-1 и П-2.

На технологической площадке, куда попадает газожидкостная смесь после фильтрации, происходит процесс холодного разделения в сепараторе первой ступени С-1. В результате данного процесса выделяется до 60 % газа, содержащегося в нефтяной жидкости.

После прохождения I ступени сепарации нефтяная смесь направляется в подогреватели нефти П-1, П-2, где ее нагревают до 30-50 °С для более эффективного отделения воды от нефти. Следующим этапом после нагрева нефтяной продукции является II ступень сепарации. В трехфазном сепараторе С-2 происходит отделение пластовой воды с последующим разгазированием.

Чтобы достичь качества товарной нефти с содержанием воды не более 0,5 %, используется отстойник нефти ОН-1. В данном резервуаре благодаря длительному времени нахождения нефти (до 1 часа) и обеспечением повторного перемешивания нефтеводяной смеси происходит полное отделение воды от нефти. Если содержание солей в нефти превышает требования ГОСТ, то в резервуар подается небольшое количество воды, не превышающее 3 % от объема нефти. Данный процесс необходим для завершения этапа обессоливания.

Перед отправкой товарной нефти в резервуарный парк необходимо удалить остатки газа из нефти с помощью концевого сепаратора КС-1. Перекачка нефти через оперативный узел учета в нефтепровод и отправление продукта на приемо-сдаточный пункт (ПСП) осуществляется через насосную станцию. Подготовленная нефть откачивается из резервуаров, нефтешлам выводится в дренажную емкость Е-4, а затем откачивается погружным насосом на вход отстойника нефти ОН-1.

После завершения процесса сепарации на II ступени пластовая вода через отстойник направляется в аппарат очистки воды ОВ-1. В случае аварийной ситуации она может попадать в один из резервуаров накопителей - РВ-1 или Р-2. Очищенная вода из ОВ-1 перекачивается в РВ-1 (РВ-2), а нефть из отстойника ОВ-1 выводится в дренажную емкость Е-1 и затем откачивается на вход отстойника нефти ОН-1. Накопленная нефтяная пленка из РВ-1 (РВ-2) периодически поступает в дренажную емкость Е-3.

После очистки вода из резервуаров накопителей направляется в коллектор БКНС.

Газ, прошедший через I и II ступени сепарации, направляется в газосепаратор ГС-1, а затем - в БИР. Этот газ используется в котельных с целью повышения температуры в подогревателях нефти П-1 и П-2.

2.2 Разработка структурной схемы

В данном технологическом процессе:

- 1) объект управления – дренажная емкость;
- 2) исполнительный механизм - клапан с электроприводом;
- 3) трехуровневая схема автоматизации [4].

Производится измерение и контроль параметров:

- уровень шлама;
- температура содержимого дренажной емкости;
- давление на выходе емкости;

– расход на выходе емкости.

Трехуровневая структурная схема АСУ ТП представлена в приложении Б.

2.3 Разработка функциональной схемы

Схема автоматизации определяет общую структуру, а также объем автоматизации технологического процесса. На данной схеме упрощенно показано технологическое оборудование, коммуникации между элементами схемы, технические средства автоматизации или контуры контроля, регулирования и управления [5].

Схема автоматизации может быть разработана двумя разными способами в соответствии со стандартом ГОСТ 21.408-2013.

1. Развернутый. На схеме данного типа изображается состав контуров управления, их место расположения. Следует отметить, что первичные и вторичные преобразователи относятся к полевым устройствам. Они располагаются «по месту», а приборы управления и индикация вынесены в нижнюю часть схемы. Также в развернутом варианте схемы автоматизации представлено подключение датчиков и исполнительных механизмов к соответствующим модулям ввода-вывода ПЛК, связь ПЛК с верхним уровнем автоматизации.

2. Упрощенный. При упрощенном варианте функциональной схемы отдельные технические средства автоматизации в контурах контроля и управления не выделяются, не указывается их местоположение. Изображаются основные функции автоматизированных устройств.

Развернутая функциональная схема автоматизации дренажной емкости представлена в приложении В.

2.4 Схема внешних проводок

Схема внешних проводок предназначена для отображения электрических соединений между приборами и средствами автоматизации. С помощью данной схемы определяются места соединений, а также типы проводов и кабелей, которыми осуществляются эти соединения.

Датчики и исполнительные устройства передают управляющие сигналы к клеммной распределительной коробке, откуда данные поступают на экран оператора. Управляющий кабель – КВВГЭнг 4 × 2,5 10м – четырехжильный контрольный экранированный медный кабель, с изоляцией из ПВХ, а также оболочкой из ПВХ пониженной горючести, площадью поперечного сечения 2,5 мм².

Схема внешних проводок изображена в приложении Г.

2.5 Выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики

2.5.1 Выбор датчика давления

В автоматизированной системе дренажной емкости на установке подготовки нефти устанавливается датчик давления. Рассмотрим несколько вариантов датчиков: Бинар ВН1225.600, Метран-150CG, APZ 3020. В таблице 1 представлены их технические характеристики.

Таблица 1 – Технические характеристики датчиков давления

Техническая характеристика	Бинар ВН1225.600	Метран-150CG	APZ 3020
Диапазон измерений	от 0 до 60 МПа	от 0 до 10 МПа	от 0 до 25 МПа
Погрешность измерений	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,075 \%$	$\pm 0,25 \%$
Температура измеряемой среды, °С	—	от минус 40 до плюс 80	от минус 40 до плюс 125
Температура окружающей среды, °С	от минус 50 до плюс 50	от минус 50 до плюс 85	от минус 50 до плюс 85
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, <i>HART</i>	(4 – 20) мА
Средний срок службы	До 3 лет	10 лет	5 лет
Степень защиты	<i>IP66</i>	<i>IP66</i>	<i>IP65</i>
Цена, руб	225 900	120 850	98 000

В качестве датчика давления был выбран Метран-150CG. Датчик переводит избыточное, абсолютное давление и разность давлений в цифровой сигнал, основанный на базе протокола HART, и/или унифицированный токовый выходной сигнал. Работа устройства заключается

в подаче давления в камеру для измерения, где оно преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала.

Кроме того, что датчик Метран-150CG (рисунок 1) соответствует требованиям к техническому и метрологическому обеспечению. Прибор обладает характеристиками, превосходящими рассмотренные датчики давления: более высокой точностью измерений (погрешность $\pm 0,075\%$), надежностью (средний срок службы - 10 лет), степенью защиты от влаги и пыли *IP66* [6].



Рисунок 1 – Датчик давления Метран-150CG

2.5.2 Выбор датчика температуры

В исследуемой автоматизированной системе ведется измерение и контроль температуры содержимого дренажной емкости. Для этого используются датчики температуры. Произведем выбор оборудования среди следующих вариантов: Метран 271, СЕНС ПТ-Modbus и Rosemount 648.

Анализ технических характеристик рассматриваемых датчиков температуры приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристик датчиков температуры

Техническая характеристика	Метран 271	СЕНС ПТ-Modbus	Rosemount 648
Диапазон измерений, °С	от минус 40 до плюс 600	от минус 50 до плюс 99	от минус 196 до плюс 1 200
Погрешность измерений	± 0,5 %	± 0,5 %	± 0,025 %
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до плюс 65	от минус 50 до плюс 60	от минус 60 до плюс 85
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, <i>RS – 485</i>	(4 – 20) мА, <i>HART</i>
Средний срок службы	8 лет	7 лет	10 лет
Степень защиты корпуса	<i>IP66</i>	<i>IP66</i>	<i>IP67</i>
Цена, руб	111 900	213 560	247 300

Для измерения температуры в автоматизированной системе дренажной емкости был выбран датчик температуры Rosemount 648 (рисунок 2). В отличие от рассматриваемых аналогов данное устройство соответствует требованиям к техническому и метрологическому обеспечению. Метран 271 имеет диапазон температуры окружающей среды, недостаточный для работы в суровых климатических условиях. Средний срок службы СЕНС ПТ-Modbus составляет 7 лет, что не соответствует требованиям, заявленным в разделе 1.3 Требования к техническому обеспечению.

Таким образом, датчик Rosemount 648 обеспечивает надежность передачи данных по беспроводному протоколу HART, имеет большой диапазон измерений, достаточную степень защиты. а также, в отличие от рассматриваемых аналогов.



Рисунок 2 – Датчик температуры Rosemount 648

Принцип действия датчика: сигналы, поступающие от первичных преобразователей температуры, Rosemount 648 преобразует в беспроводной WirelessHART [7].

2.5.3 Выбор уровнемера

Измерение уровня содержимого дренажной емкости на установке подготовки нефти производится при помощи уровнемера. Для того чтобы определить наиболее подходящий датчик, необходимо проанализировать технические характеристики приборов: ДУУ2М, Сапфир22МП-ДУ 2620, Vegason 62 (таблица 3).

Таблица 3 – Технические характеристики уровнемеров

Техническая характеристика	ДУУ2М	Сапфир22МП-ДУ 2620	Vegason 62
Диапазон измерений	от 0 до 10 м	от 0 до 10 м	от 0,1 до 8
Погрешность измерений	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,10 \%$
Температура измеряемой среды, °С	от минус 55 до плюс 75	от минус 50 до плюс 120	от минус 40 до плюс 80

Продолжение таблицы 3

Техническая характеристика	ДУУ2М	Сапфир22МП-ДУ 2620	Vegason 62
Температура окружающей среды, °С	от минус 50 до плюс 75	от минус 50 до плюс 80	от минус 40 до плюс 80
Выходной сигнал	(0 – 20) мА, (4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Средний срок службы	14 лет	12 лет	15 лет
Степень защиты	<i>IP68</i>	<i>IP54</i>	<i>IP67</i>
Цена, руб	186 870	159 500	298 000

Согласно данным таблицы 3, самым подходящим уровнемером является ДУУ2М (рисунок 3). Устройство Vegason 62 хоть и обладает высокой точностью измерения, однако диапазон температуры окружающей среды не соответствует условиям эксплуатации системы. Сапфир22МП-ДУ 2620 имеет низкую степень защиты от влаги и пыли - *IP54*.

Характеристики датчика ДУУ2М соответствуют требованиям к техническому обеспечению и требованиям к метрологическому обеспечению и являются достаточными для реализации и выполнения всех задач и функций системы.

Принцип действия уровнемера основан на измерении времени распространения короткого импульса упругой деформации в стальной проволоке, на которой намотана катушка. Под действием магнитострикционного эффекта возникает импульс продольной деформации, распространяющийся по проволоке, и фиксируется пьезоэлементом [8].



Рисунок 3 – Уровнемер ДУУ2М

2.5.4 Выбор расходомера

Расходомеры выполняют функции по контролю расхода нефтешлама в дренажной емкости. Для выбора устройства, удовлетворяющего требованиям системы, рассмотрим технические характеристики датчиков Sentinel, Метран-350 и Rosemount 8700. (таблица 4).

Таблица 4 – Технические характеристики расходомеров

Техническая характеристика	Sentinel	Метран-350	Rosemount 8700
Погрешность измерений	± 0,5 %	± 0,8 %	± 0,25 %
Температура измеряемой среды, °С	от минус 55 до плюс 75	от минус 40 до плюс 400	от минус 29 до плюс 177
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до плюс 60	от минус 50 до плюс 80	от минус 50 до плюс 74

Продолжение таблицы 4

Техническая характеристика	Sentinel	Метран-350	Rosemount 8700
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, (0 – 20) мА	(4 – 20) мА, <i>HART</i>	(4 – 20) мА, <i>HART</i>
Срок службы	10 лет	10 лет	10 лет
Степень защиты	<i>IP65</i>	<i>IP68</i>	<i>IP67</i>
Цена, руб	276 500	129 990	213 000

Сравнительный анализ показал, что расходомер Rosemount 8700 (рисунок 4) наиболее подходящий для использования в автоматизированной системе дренажной емкости. Точность Метран-350 недостаточна для его использования в автоматизированной системе дренажной емкости, а датчик Sentinel не подойдет по параметрам степень защиты и температура окружающей среды.

Технические характеристики прибора Rosemount 8700 соответствуют требованиям к техническому и метрологическому обеспечению. Принцип работы: при взаимодействии электропроводной жидкости с магнитным полем возникает ЭДС, разность потенциалов которой измеряется преобразователем при помощи электродов расходомера. Измеренная разность потенциалов усиливается и обрабатывается преобразователем, после чего происходит формирование выходных сигналов расходомера [9].



Рисунок 4 – Расходомер Rosemount 8700

2.5.5 Выбор уровнемера, определяющего границу сред

Для выбора уровнемера, определяющего границу раздела сред рассмотрим следующие устройства: ОВЕН САУ-М6, Rosemount 3302, СВН-1. В таблице 5 представлены технические характеристики сигнализаторов уровня.

Таблица 5 – Технические характеристик уровнемеров

Техническая характеристика	ОВЕН САУ-М6	Rosemount 3302	СВН-1
Температура контролируемой среды, °С	от минус 20 до плюс 120	от минус 40 до плюс 200	от минус 50 до плюс 80
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, <i>HART</i>	(4 – 20) мА
Погрешность измерений	± 0,25 %	± 0,1 %	± 0,25 %
Диапазон измеряемых уровней	(0 – 4) м	(0,1 – 23,5) м	(0 – 4) м
Степень защиты корпуса	<i>IP44</i>	<i>IP67</i>	<i>IP68</i>
Цена, руб	110 500	223 000	215 700

В качестве уровнемера, определяющего границы раздела сред, будет использован Rosemount 3302 (рисунок 5). ОВЕН САУ-М6 не удовлетворяет требованиям к техническому обеспечению, так как имеет степень защиты корпуса от внешних воздействий *IP44*. Модель СВН-1 не имеет возможности подключения к *HART* протоколу, что является существенным недостатком данного устройства.

Принцип работы заключается в следующем: наносекундные импульсы небольшой мощности, испускаемые Rosemount 3302, направляются вниз по зонду, который в свою очередь опущен в измеряемую среду. Когда импульс

достигает поверхности измеряемой среды, часть энергии импульса отражается в противоположном направлении. В этом случае разница во времени между моментом передачи импульса и моментом приема сигнала пропорциональна расстоянию, на котором вычисляется уровень границы раздела между двумя средами. [10].



Рисунок 5 – Уровнемер, определяющий границу раздела сред Rosemount 3302

2.5.6 Выбор контроллерного оборудования

Для проектирования автоматизированной системы дренажной емкости необходимо выбрать контроллерное оборудование. Выбор осуществлялся между Mitsubishi Electric FX2N, ОВЕН ПЛК323, ЭЛСИ-ТМК. Характеристики контроллеров представлены в таблице 5.

Таблица 6 – Технические характеристики контроллеров

Техническая характеристика	Mitsubishi Electric FX2N	ОВЕН ПЛК323	ЭЛСИ-ТМК
Языки программирования	FBD, LD, CFC, ST, IL	FBD, LD, CFC, ST, IL	FBD, LD, CFC, ST, IL
Время цикла ПЛК, мс	6	3	10
Дискретные входы	8	4	32
Дискретные выходы	8	4	16
Интерфейсы	<i>RS 485, 232, Ethernet</i>	<i>RS 485, 232, Ethernet</i>	<i>RS 485, 232, Ethernet</i>
Техническая характеристика	Mitsubishi Electric FX2N	ОВЕН ПЛК323	ЭЛСИ-ТМК
Температура окружающей среды, °С	от 0 до плюс 50	от минус 40 до плюс 60	от минус 50 до плюс 60
Цена	124 950	284 780	389 900
Срок службы, лет	8	8	10

Наиболее подходящим для использования в АСУ дренажной емкости стал контроллер ЭЛСИ-ТМК (рисунок 6). Он поддерживает стандартные промышленные протоколы и интерфейсы. Это дает совместимость контроллера на программном и аппаратном уровне с датчиками, исполнительными механизмами и SCADA-системами различных производителей. Преимуществом данного устройства над рассмотренными аналогами является наличие высокого показателя надежности, а также более широкого диапазона температуры окружающей среды. Данное устройство имеет 32 встроенных дискретных каналов ввода и 16 каналов вывода. Связь

осуществляется по протоколам Ethernet TCP/IP, Modbus RTU, Modbus TCP/IP и ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 [11].



Рисунок 6 – ЭЛСИ-ТМК

2.5.7 Выбор исполнительных механизмов

Устройство, которое осуществляет управляющее воздействие от контроллера к объекту управления, называется исполнительный механизм. В рассматриваемой автоматизированной системе исполнительным механизмом является электропривод.

Проанализируем технические характеристики многооборотного электропривода РэмТЭК-А50 (таблица 7).

Таблица 7 – Технические характеристики электропривода РэмТЭК-А50

Автоматизируемая арматура	Шиберные и клиновые задвижки и другие типы арматуры
Диаметр арматуры	DN150 мм
Исполнение	Взрывозащищенное (1ExdIIВТ4 X (0ExiaIIВТ4 X), II6bcIIВТ4))
Крутящий момент	50 Н·м
Скорость вращения	11 ... 110 об/мин
Тип посадочного места	А
Присоединение к арматуре	ГОСТ Р 55510-2013

Электропривод РэмТЭК-А50 (рисунок 7) имеет высокий уровень надежности и безопасности, конструктивное исполнение которого дает возможность управлять различными типами арматуры. Данная модель имеет степень защиты взрывозащищенной оболочки IP67 и может эксплуатироваться в суровых климатических условиях (от минус 63 °С до плюс 50 °С) [12].



Рисунок 7 - Электропривод РэмТЭК-А50

2.6 Моделирование САР уровня шлама в дренажной емкости

Для решения задачи автоматического регулирования уровня шлама в дренажной емкости на УПН необходимо разработать алгоритм регулирования клапанами сброса. Автоматическое регулирование уровня представляет собой режим работы, при котором воздействие на регулируемый исполнительный механизм оказывает контроллер.

Разработка САР уровня строится на математической модели алгоритма. Воспользуемся моделью регулирования по отклонению [13], структурная схема которой представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 - Структурная схема модели регулирования по отклонению

В данном случае y_3 – заданное значение регулируемого параметра (уставка), y – актуальное (текущее) значение регулируемого параметра; ε – значение отклонения $y_3 - y$, а объект управления представляет собой комплексную систему, включающую электропривод, регулирующий клапан и дренажную емкость, и далее проводится математическое исследование этих компонентов. Данное исследование основано на описании объекта без учета инерционных сил, сухого трения рабочих органов и вязкого трения среды.

2.6.1 Математическая модель электропривода

Электропривод — трехфазный асинхронный двигатель с частотным преобразователем и расширенной обвязкой датчиков. Так как нет необходимости регулировать рабочую частоту вращения вала двигателя, определим основной режим работы двигателя в процессе эксплуатации – статический. Исходя из этого, не нужно рассматривать его внутренние параметры, детально исследовать структуру и приводить подробное математическое описание.

Определим, что в статическом режиме работы двигателя переходная характеристика частоты вращения вала есть реакция на ступенчатое воздействие, которое осуществляет пуск двигателя. В результате аппроксимации характеристики до апериодического звена первого порядка, у которого постоянная времени и коэффициент передачи соответствуют реальному объекту.

Выходным параметром регулирующего органа является коэффициент открытия $a(t)$, который описывается уравнением [14]:

$$a(t) = k_{\text{кл}} \cdot \Delta\varphi(t) + a_0, \quad (1)$$

где $k_{\text{кл}}$ - коэффициент перехода от радиан к степени открытия клапана;
 $\Delta\varphi(t)$ - угол поворота клапана относительно начального положения (в радианах);

a_0 - начальное положение клапана.

Далее выразим $\Delta\varphi(t)$ [13]:

$$\varphi(t) = \int \frac{\omega_{\text{пр}}}{T_{\text{кл}}} dt, \quad (2)$$

где $\omega_{\text{пр}}$ - частота вращения вала привода;

$T_{кл}$ - постоянная времени клапана (полное время открытия).

Как было отмечено ранее, частота вращения вала электродвигателя - это функция, осуществляющая пуск двигателя, поэтому [14]:

$$T_{пр} \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega_{пр}(t) \right) + \omega_{пр}(t) = k_{пр} u(t), \quad (3)$$

где $k_{пр}$ – рабочая частота электропривода;

$u(t)$ – функция воздействия, разрешающего пуск двигателя.

Таким образом, составленные уравнения (1) - (3) являются описанием математической модели электропривода и регулирующего клапана, структурная схема которых представлена на рисунке 9.

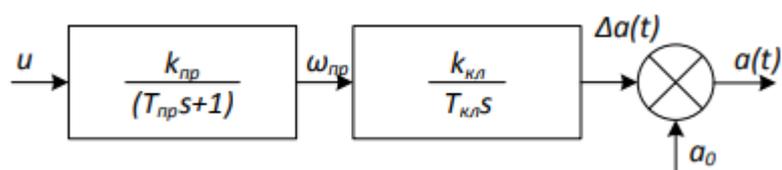


Рисунок 9 - Структурная схема математической модели электропривода и клапана

Передаточная функция частотного преобразователя [4]:

$$W_{чп} = \frac{k_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1} = \frac{3,125}{0,6s + 1}. \quad (4)$$

В формуле учитывается постоянная времени частотного преобразователя $T_{чп} = 0,6$, выходной сигнал контроллера 4 – 20 мА и диапазон частоты преобразователя 0 – 50 Гц. Исходя из этих данных, можно вычислить коэффициент передачи частотного преобразователя $k_{чп}$ по следующей формуле:

$$k_{чп} = \frac{f_{max}}{\Delta I} = \frac{50}{20 - 4} = 3,125 \quad (5)$$

2.6.2 Математическая модель дренажной емкости

Математическая модель дренажной емкости основывается на объеме емкости и уровне среды в ней. Для связи параметров клапана и уровня среды в емкости воспользуемся уравнением [14]:

$$F(t) = k \cdot a \cdot \sqrt{2g \cdot L(t)}, \quad (6)$$

где a – коэффициент открытия клапана;

g – ускорение свободного падения;

$L(t)$ – уровень среды в емкости;

k – коэффициент пересчета степени открытия клапана в площадь сечения оттока.

Связь объема $V(t)$ и уровня $L(t)$ среды в дренажной емкости описывается значениями, представленными в тарифовочной таблице 8.

Таблица 8 - Тарифовочная таблица для дренажной емкости Е-4

Уровень шлама в дренажной емкости, м	Объем шлама в дренажной емкости, м ³
0	0
0,37	9
0,74	18
1,11	27
1,48	36
1,85	45
2,22	54
2,60	63

Линеаризуем зависимости объема от уровня для промежуточных значений уровня. Для этого выразим зависимость объема шлама от уровня [14]:

$$V(L) = \left(\frac{L - L_M}{0,37} \right) (V_6 - V_M) + V_M, \quad (7)$$

где L_M – соседнее меньшее значение уровня (относительно входного), согласно тарифовочной таблице;

V_M – значение объема, соответствующее L_M по тарифовочной таблице;

V_6 – значение объема, на одну позицию большее V_M по тарифовочной таблице.

Таким образом, структурная схема математической модели дренажной емкости представлена на рисунке 10.

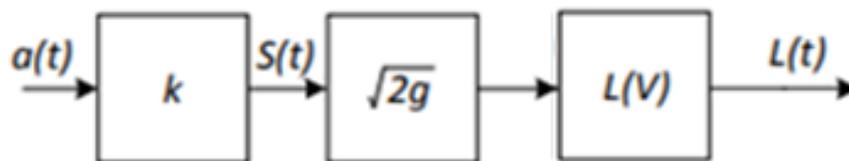


Рисунок 10 - Структурная схема математической модели дренажной емкости

Полная структурная схема математической модели разрабатываемой САУ представлена на рисунке 11.

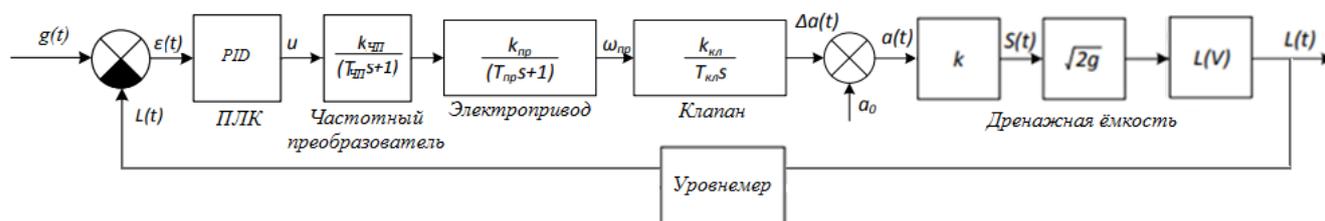


Рисунок 11 – Структурная схема системы регулирования уровня среды в дренажной емкости

2.6.3 Моделирование в Simulink

В таблице 9 приведены исходные данные для построения модели исследуемой системы – численные значения параметров дренажной емкости.

Таблица 9 – Параметры исследуемой системы

Дренажная емкость Е-4	
Параметр	Значение
Объём	$V = 63 \text{ м}^3$
Начальное значение положения клапана	$a_0 = 0.8$
Площадь полного сечения	$k = 0.01 \text{ м}^2$
Отношение коэффициента степени открытия клапана к полному времени открытия	$\frac{k_{\text{кл}}}{T_{\text{кл}}} = 0.00005 \text{ с}^{-1}$
Эмпирические значения для аппроксимации частоты вращения вала электродвигателя	$k_{\text{пр}} = -5000$
	$T_{\text{пр}} = 0.5 \text{ с}$

Модель автоматического регулирования уровня в дренажной ёмкости разработана в программном обеспечении MATLAB Simulink. Объединяя структурные схемы предыдущих разделов, смоделируем САР уровня шлама в дренажной емкости в программе MATLAB Simulink (рисунок 12).

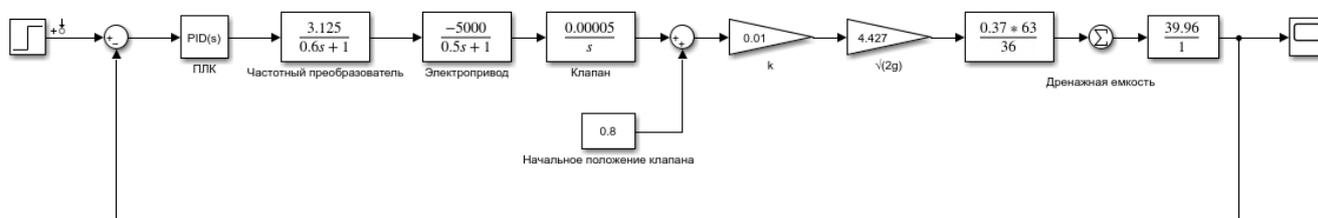


Рисунок 12- Модель исследуемой системы в Simulink

С помощью ПИД-регулятора настраиваем модель для обеспечения более гладкого переходного процесса. Настроим коэффициенты регулятора при помощи приложения «PID Tuner» для достижения наименьшего значения перерегулирования и времени переходного процесса (рисунок 13).

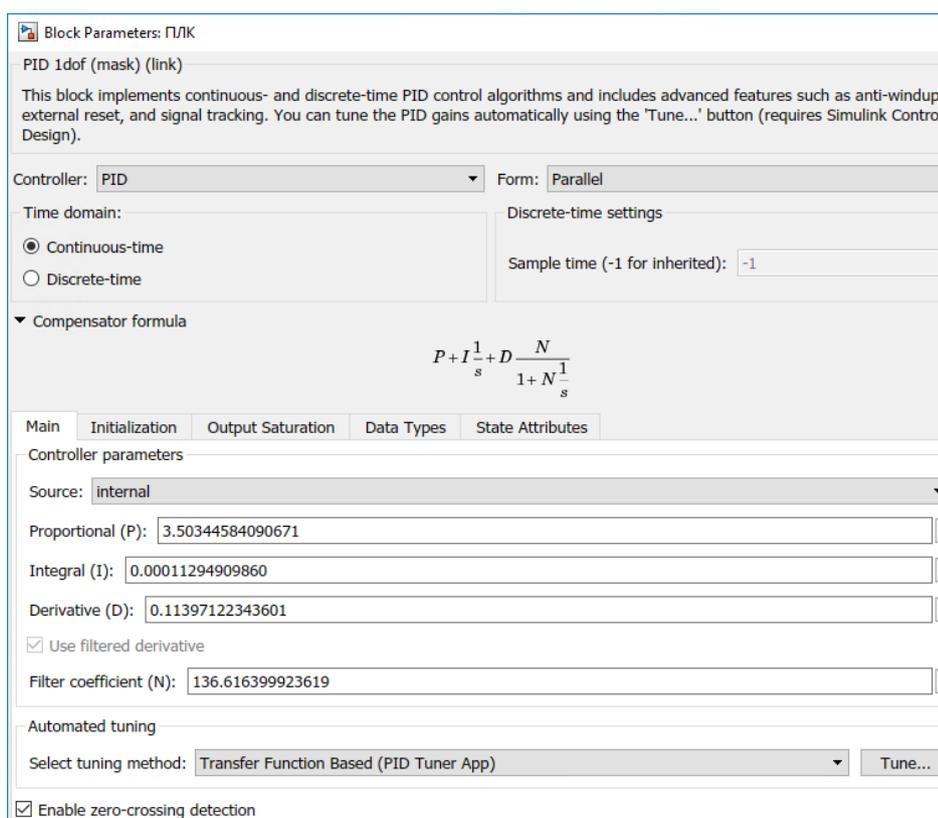


Рисунок 13 – Коэффициенты ПИД-регулятора

На рисунке 14 представлена переходная характеристика, которая отражает зависимость величины уровня в емкости с течением времени.

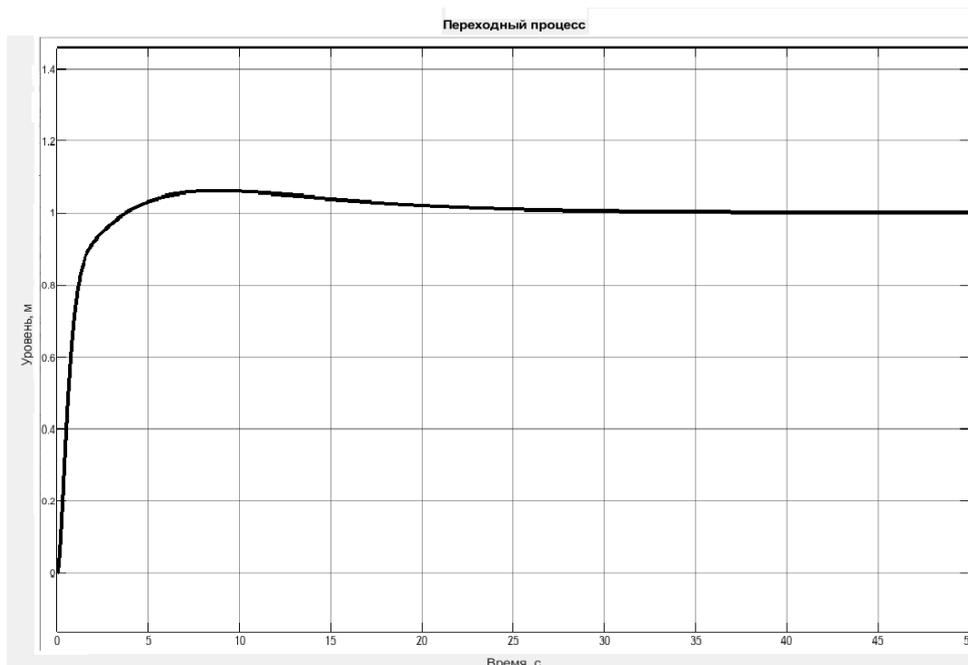


Рисунок 14 – Переходная характеристика

Таким образом, в результате моделирования САР уровня шлама в дренажной емкости рассмотрены элементы исследуемой системы: частотный преобразователь, регулятор, электропривод и клапан. На их основе математических моделей построена структурная схема системы, а также модель в программе Simulink. По полученной переходной характеристике определено время переходного процесса, которое составляет 25 секунд.

2.7 Разработка экранных форм

Для контроля состояния объекта, управления технологическими параметрами и работой дренажной ёмкости был разработан SCADA-экран в программе TRACE MODE.

SCADA-экран для САР дренажной емкости представлен в приложении Д.

На мнемосхеме отображаются:

- уровень шлама;
- температура содержимого дренажной емкости;
- давление на выходе емкости;
- расход на выходе емкости.

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т92	Киргефнеру Михаилу Сергеевичу

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 32962 руб. Оклад инженера - 19200 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 16%. Районный коэффициент – 1,3.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ для НТИ, разработка графика проведения НТИ, составление бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НТИ.
Перечень графического материала:	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2023 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н, профессор		27.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Киргефнер Михаил Сергеевич		27.02.2023 г.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

К потенциальным потребителям результатов исследования относятся компании, занимающиеся добычей, переработкой и транспортировкой нефти и нефтяных продуктов. Разработанная автоматизированная система управления дренажной емкостью на установке подготовки нефти Буранного месторождения должна обеспечивать автоматизированный и дистанционный контроль и управление технологическим процессом приема, хранения, отпуска нефтепродуктов, а также контроль уровня продукта, его нахождения в заданных пределах и перевод ёмкости в безопасное состояние при выходе уровня содержимого за границы диапазона в режиме реального времени.

В таблице 10 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Обозначим компании следующим образом: «1» - ОАО «Востокгазпром», «2» - ООО «Томскнефтехим», «3» - ООО «ННК-ВТК».

Таблица 10 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП			
		Разработка АСУ ТП	Инжиниринговые работы	Строительно-монтажные работы	Пуско-наладочные работы
Размер компании	Крупные	1, 2	1	1,2	1, 2
	Средние	1, 2, 3	1,2	1	3
	Мелкие	3	1,3	1,2	2, 3

Анализируя данные, приведенные в таблице 9, можно сказать, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по разработке АСУ ТП, строительно-монтажных и пуско-наладочных работ у средних и мелких компаний.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный конкурентный анализ разработок, существующих на рынке, проводится систематически в связи с тем, что рынки находятся в постоянном движении. Анализ конкурентных технических решений позволяет сравнить разрабатываемую систему с аналогами и внести в нее правки в соответствии с сильными и слабыми сторонами разработок конкурентов с целью ее будущего повышения.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, которая представлена в таблице 11. В качестве конкурентных технологических решений выбраны АСУ от компаний ООО «ГОРТ» ($B_{к1}$) и ООО «Элком+» ($B_{к2}$). Каждая позиция разработки и конкурентов оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i + B_i, \quad (8)$$

где, K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Согласно оценочной карте, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: удобство в эксплуатации, надежность, безопасность и точность. К недостаткам разрабатываемого решения относятся: энергоэкономичность, сложность разработки, а также стоимость.

Таблица 11 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Р	Б _{к1}	Б _{к2}	К _Р	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,09	4	2	3	0,36	0,18	0,27
2. Надежность	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
3. Уровень шума	0,05	3	4	3	0,15	0,20	0,15
4. Безопасность	0,1	4	2	1	0,40	0,20	0,10
5. Точность регулирования	0,07	4	2	3	0,28	0,14	0,21
6. Универсальность	0,1	4	2	1	0,40	0,20	0,10
7. Энергоэкономичность	0,05	2	4	5	0,10	0,20	0,25
8. Возможность модификации	0,1	4	3	4	0,40	0,30	0,40
9. Интерфейс	0,08	4	2	2	0,32	0,16	0,16
10. Простота разработки	0,1	2	4	5	0,20	0,40	0,50
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Цена	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
3. Послепродажное обслуживание	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
4. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	2	3	0,20	0,10	0,15
Итого	1	51	42	45	3,68	2,75	3,08

3.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта на сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны: С1. Современные датчики и исполнительные механизмы. С2. Передача информации на большие расстояния С3. Универсальность. С4. Возможность модификации. С5. Использование экранных форм (мнемосхемы).</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ. Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией. Сл3. Сложность конструкции.</p>
<p>Возможности: В1. Модернизация производств нефтяной отрасли. В2. Тенденция роста цены барреля нефти. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок. В4. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.</p>	<p>В1С4. Позволит компании производить непрерывную модификацию производства без замены АСУ дренажной ёмкости на новую. В3С1. Позволит создать одну из лучших технических и временных показателей системы. В4С4С5. Увеличение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ.</p>	<p>В1Сл1. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях. В4Сл3. Расширение штата АСУ ТП на производстве. В4Сл2. Стимулирование студентов на трудоустройство в компании.</p>

Продолжение таблицы 12

<p>Угрозы: У1. Ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры). У2. Повышение цен на оборудование. У3. Увеличение процента высоковязкой нефти, что увеличивает себестоимость нефти. У4. Противодействие со стороны конкурентов.</p>	<p>У1С3. Использовать продукцию отечественного производителя. У2У3С4. Модификация производства, что позволит снизить стоимость себестоимости нефти У4С1С3С5. Продвигать продукцию с акцентированием на её достоинствах</p>	<p>У4Сл1. Провести опытно-наладочные работы и продемонстрировать успешность их функционирования.</p>
---	--	--

Выводы из матрицы SWOT:

- Чтобы уменьшить влияние Сл1, разрабатываемая система детально прорабатывается и подвергается отладке на этапах разработки проекта.
- Малый опыт работы у персонала на начальном этапе неизбежен, но впоследствии это подвергнется изменению, ввиду накопления опыта и постоянного повышения квалификации.
- Сложность конструкции определяется спецификой нефтедобывающей отрасли, в которой конструкционные сложности решаются заменой оборудования на различные модификации благодаря высоким бюджетам.

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: руководитель и инженер. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Инженер

Продолжение таблицы 13

Теоретические и экспериментальные исследования	8	Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	Инженер
	9	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	10	Выбор средств реализации автоматизированной системы	Инженер
	11	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	Инженер
	12	Разработка мнемосхемы	Инженер
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

Исходя из таблицы 12, можно сделать вывод, что разработка технического задания осуществляется руководителем проекта, теоретические и экспериментальные исследования, а также оформление пояснительной записки – инженером, а выбор направления исследований – руководителем совместно с инженером.

3.4.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (9)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле 3. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (10)$$

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

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

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

Для представления графика выполнения научных работ воспользуемся диаграммой Ганта, в котором работы представлены протяженными во времени отрезками. Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней требуется перевести в календарные дни, по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (11)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях (округляется до целого);

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 15} = 1,22.$$

Все рассчитанные значения занесены в таблицу 14.

Таблица 14 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_p	Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	$t_{\min i}$ чел- дни		$t_{\max i}$ чел- дни		$t_{\text{ож}i}$ чел- дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель				
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	1	4	3	2,8	1,8	1,4	0,9	2	1
Выбор направления исследований	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1

Продолжение таблицы 14

Описание технологического процесса	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка структурной схемы автоматизированной системы	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	6	-
Выбор средств реализации автоматизированной системы	6	-	12	-	8,4	-	8,4	-	10	-
Разработка схемы внешних проводок	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	6	-	9	-	7,2	-	7,2	-	9	-
Разработка мнемосхемы	6	-	10	-	7,6	-	7,6	-	9	-
Составление пояснительной записки	6	2	10	5	7,6	3,2	3,8	1,6	5	2
Итого:							41,6	5,1	52	9

На основе временных показателей проведения исследования строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбиением по месяцам и декадам (10 дней) и представлен в форме диаграммы Гранта (таблица 15).

Таблица 15 - Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тки	Продолжительность выполнения работ												
				Март			Апрель			Май			Июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2	▨												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Р/И	1/2	▨	■											
3	Выбор направлений исследований	Р/И	1/1		▨	■										
4	Календарное планирование работ по теме	Р/И	1/1			▨	■									
5	Описание технологического процесса	И	3				■									
6	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	И	3					■								
7	Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	И	6						■							
8	Разработка схемы внешних проводов	И	10							■						
9	Выбор средств реализации автоматизированной системы	И	3								■					
10	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	И	9									■				
11	Разработка мнемосхемы	И	9										■			
12	Составление пояснительной записки	Р/И	2/5												▨	■

■ - инженер

▨ - руководитель

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный раздел включает информацию о стоимости всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (13)$$

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

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 16 приведены сведения о материальных затратах на научные исследования.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ноутбук Acer Extensa 15 EX215-31-C3FF	шт.	1	25 000	25 000
Итого			25 000	

3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данный раздел включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Расчеты по приобретению оборудования, имеющегося в организации, сводятся в таблице 17.

Таблица 17 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	AutoCAD 2023	1	18 820	18 820
2	Microsoft Office	1	1 990	9 978
3	MATLAB	1	7 298	7 298
Итого:				36 096

3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Учитывается основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительная заработная плата:

$$Z_{3П} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (14)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя предприятия рассчитывается по следующей формуле:

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

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 60 рабочих дней $M = 10$ месяцев;

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	60	30
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени (Fd)	238	268

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{\partial}) \cdot k_p, \quad (17)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_{∂}	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	35 000	0,3	0,3	1,3	72 800	3 059	5,6	17 130
Инженер	23 500	0,3	0,3	1,3	48 880	1 824	42	76 608
Итого:								93 738

3.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

В таблице 20 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 20 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$, руб	$k_{доп}$	$Z_{доп}$, руб
Руководитель	17 130	0,12	2 055
Студент	76 608	0,12	9 193
Итого:			11 248

3.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данном разделе расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (19)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработанная плата, руб.	Дополнительная заработанная плата, руб.
Руководитель	17 130	2 055
Инженер	76 608	9 193
Отчисления во внебюджетные фонды	30 %	
Итого		
Руководитель	5 755	
Инженер	25 740	
Итого	31 495	

3.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{насл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (20)$$

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

$$Z_{\text{насл}} = 0,16 \cdot (25\,000 + 36\,096 + 93\,738 + 11\,248 + 31\,495) = 31\,612$$

3.6 Потенциальные потребители результатов исследования

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	25 000
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	36 096
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	93 738
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11 248
5. Отчисления во внебюджетные фонды	31 495
6. Накладные расходы	31 612
7. Бюджет затрат НТИ	229 189

3.7 Потенциальные потребители результатов исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (21)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Φ_{max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достоверно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации УПСВ в компании ООО «ГОРТ» равняется 300 000 руб., а в компании ООО «Элком+» – 370 000 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	I
Инженер и руководитель	229 189 руб.	370 000 руб.	0,62
ООО «ГОРТ»	300 000 руб.		0,81
ООО «Элком+»	370 000 руб.		1

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Инженер и руководитель	«ГОРТ»	«Элком+»
Способствует росту производительности и труда пользователя	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	4
Помехоустойчивость	0,05	5	4	4
Энергосбережение	0,05	5	4	5
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

I_P	$I_{ГОРТ}$	$I_{ЭЛК}$
4,4	4,45	4,35

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

$$I_{\text{исп } i} = \frac{I_{\text{р-исп } i}}{I_{\text{финр } i}}, \quad (22)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{\text{р}}$	$I_{\text{ГОРТ}}$	$I_{\text{ЭЛК}}$
5,17	4,83	4,35

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср } i} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{р}}}, \quad (23)$$

В таблице 27 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработанный вариант	«ГОРТ»	«Элком+»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,62	0,81	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,45	4,35
Интегральный показатель эффективности	5,17	4,83	4,35
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93	0,84

Таким образом, исходя из полученных данных следует, что наиболее эффективной является система, разработанная инженером и руководителем.

3.8 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе оценены экономические составляющие разработки исследуемой автоматизированной системы управления дренажной ёмкостью:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка имеет наименьшую конкуренцию на рынке услуг по автоматизации ТП у мелких и средних компаний.

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Среди выявленных конкурентов: ООО «ГОРТ» и ООО «Элком+». Преимуществами разработанной системы являются: удобство в эксплуатации, надежность, безопасность и точность. К недостаткам решения относятся: энергоэкономичность, сложность разработки, а также стоимость.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: отсутствие спроса на новые технологии, сложность перехода на новую систему. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены при составлении матрицы SWOT.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работ было проделано самостоятельно, однако потребовалась малая помощь преимущественно на начальном этапе. Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка двух календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальное проектирование разработки.

5. В процессе расчёта бюджета НИИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и инженера различны. Это связано с тем, что инженер, имея меньший оклад, имеет большее число рабочих дней.

6. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект автоматизации управления дренажной ёмкостью

достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «ГОРТ» и «Элком+».

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа		ФИО	
8Т92		Киргефнеру Михаилу Сергеевичу	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизация дренажной емкости на установке подготовки нефти Буранного месторождения

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> дренажная емкость на установке подготовки нефти (УПН) Буранного месторождения. <i>Область применения:</i> нефтяная промышленность. <i>Рабочая зона:</i> полевые условия. <i>Климатическая зона:</i> резко континентальный климат, диапазон температур от -50 °С до 50 °С. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> дренажная емкость, дренажный насос, датчики КИПиА, комплектующие детали. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> измерение технологических параметров с помощью датчиков КИПиА, регулирование параметров с использованием контроллеров, исполнительных механизмов, а также алгоритмов управления.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 11.01.2023) 2. Федеральный закон о специальной оценке условий труда. 3. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 4. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. 2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды. <p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень общей вибрации. 2. Повышенный уровень шума. 3. Наличие электромагнитных полей промышленных частот (порядка 50-60 Гц). 4. Отсутствие или недостатки необходимого

	искусственного освещения. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: не происходит. Воздействие на литосферу: попадание нефтепродуктов в окружающую среду. Воздействие на гидросферу: попадание нефтепродуктов в водоем. Воздействие на атмосферу: выброс летучих углеводородов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.). Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.). Техногенные аварии (отказ систем безопасности; взрыв, пожар, утечка нефтяного шлама, нарушение контроля и управления технологическим процессом). Наиболее типичная ЧС: утечка нефтяного шлама.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
18.02.2023 г.	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		18.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Киргефнер Михаил Сергеевич		18.02.2023 г.

4 Социальная ответственность

Автоматизация представляет собой процесс, необходимый для улучшения показателей производительности, а также условий труда. Современные промышленные объекты оснащаются все более надежными и точными средствами автоматизации. Однако стоит отметить, что даже самая надежная аппаратура может выйти из строя, поэтому чаще всего на производстве необходимо присутствие человека – диспетчера (оператора). В его функции входит контроль параметров технологического процесса и выполнение определенных действий при возникновении аварийной ситуации.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается автоматизированная система управления дренажной ёмкостью на установке подготовки нефти. В связи с тем, что работа данного объекта осуществляется в полевых условиях, большое влияние на разрабатываемое решение будет оказывать климат. Резко континентальный климат характеризуется холодными зимами с небольшим количеством осадков, температура воздуха в течение года изменяется в пределах от минус 50 °С до плюс 50 °С.

В качестве рабочего места диспетчера выступает пункт управления, который включает в себя:

1) Помещение – диспетчерская, в которой находятся средства контроля и управления автоматизированными системами управления процессами на промышленном объекте.

2) Оборудование, которое необходимо для управления ТП и связи с рабочим персоналом. В его состав входят:

- мониторы, предназначенные для отображения технологических параметров процесса;
- щиты управления;
- пульт дистанционного управления оборудованием;
- средства связи с рабочим персоналом;

– средства видеонаблюдения, используемые для отображения промышленных объектов в режиме реального времени.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основными задачами трудового законодательства являются создание необходимых правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений [15]. Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации продолжительность рабочей недели - пятидневная с двумя выходными днями (рабочее время не должно превышать 40 часов в неделю). Общее время отдыха за смену составляет от 30 минут до 2 часов, а продолжительность и количество перерывов устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем.

В трудовом договоре должны быть указаны требования при обработке персональных данных работника. Все персональные данные работника работодателю следует получать у него самого исключительно с целью обеспечения соблюдения законов, содействия работникам в трудоустройстве, получении образования и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности работников, контроля количества и качества выполняемой работы и обеспечения сохранности имущества.

Информация о компенсациях за выполнение работ с вредными и (или) опасными условиями труда: минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Согласно Федеральному закону от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» условия труда диспетчера

технологического процесса на установке подготовки нефти относится к допустимым условиям труда (2 класс) [16].

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032- 78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [17]. Высота рабочей поверхности, пространство для ног и высота рабочего сиденья должны соответствовать требованиям и по возможности регулироваться исходя из роста сотрудника. При проведении установки составных частей в корпус автомата работа проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования», где указано, что средняя высота расположения средств отображения информации должна составлять 1365 мм [18].

Общие требования к организации рабочего места диспетчера [19]:

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

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

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

4) Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

5) Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Дренажная ёмкость, как и другие элементы нефтедобывающей отрасли, является опасным объектом, создающим угрозу жизни и здоровью людей на предприятии. В данном разделе выпускной квалификационной работы анализируются правовые нормы трудового законодательства, характерные для исследуемой рабочей зоны, производственные факторы (опасные и вредные), воздействие проектируемой системы на окружающую среду, а также чрезвычайные ситуации, которые могут произойти при ее эксплуатации.

4.2 Производственная безопасность

В пункте «Производственная безопасность» представлен анализ потенциально возможных вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать на рабочем месте при эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации факторов используется ГОСТ 12.0.003- 2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Возможные опасные и вредные факторы в диспетчерской АСУ
ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [19]	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [21]
2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22]
3. Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22]
4. Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22]

Продолжение таблицы 28

5. Наличие электромагнитных полей промышленных частот (порядка 50-60 Гц)	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22] СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [23]
6. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95 [24]

4.2.1 Анализ опасных факторов

4.2.1.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

При соприкосновении с проводами, частями установки, компьютерным оборудованием, а также стенами и полом, которые могут находиться под напряжением, существует опасность поражения электрическим током. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [21] определяются предельно допустимые значения силы переменного и постоянного тока и напряжения представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Предельно допустимые значения силы тока

	Переменный ток при частоте, Гц		Постоянный ток
	50	400	
Напряжение, В	2	2	8
Сила тока, мА	0,3	0,4	1

В качестве защиты от поражения электрическим током используются: изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания. На объекте размещаются предупредительные знаки и плакаты безопасности.

4.2.2 Анализ вредных факторов

4.2.2.1 Повышенный уровень общей вибрации

К источникам вибраций на предприятии относятся объекты управления с пневматическим или электрическим приводом. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [21] на рабочем месте оператора предельно допустимые значения вибрации для автоматизированного рабочего места оператора дренажной ёмкости представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест для оператора технологической установки

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Фильтр частотной коррекции	Эквивалентные скорректированные уровни виброускорения	
				m/c^2	дБ
Общая	Технологическая вибрация на стационарных рабочих местах	Z_0	W_k	0,1	100
		X_0, Y_0	W_d	0,071	97

Вибрация приводит к снижению производительности труда и качества работы, а также к возникновению головных болей, нарушению кровообращения, онемение конечностей. Воздействие вибрации на рабочий персонал необходимо снижать при помощи виброизолирующих рукавиц и виброизолирующей обуви.

4.2.2.2 Повышенный уровень шума

Источниками шума на установке подготовки нефти являются: электроприводы, насосы и различные жидкости и газы, которые перемещаются по трубопроводу под давлением. Под воздействием шума нарушаются физиологические функции, снижается концентрация внимания, появляется усталость, боли в ушах.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах согласно таблице 5.5 пункта 36 СанПиН 1.2.3685-21 [22] представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Допустимые уровни звукового давления

Эквивалентные уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Эквивалентный общий уровень звукового давления, дБ	Максимальный текущий общий уровень инфразвука, дБ
2	4	8	16		
100	95	90	85	100	120

Для снижения степени влияния уровня шума на работников, необходимо использовать шумоподавляющие наушники, а также периодически делать перерывы при работе в шумном помещении.

4.2.2.3 Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка (50-60) Гц)

В процессе работы за персональным компьютером на оператора оказывается воздействие электромагнитного излучения. Излучение является вредным производственным фактором в связи с тем, что оказывает

негативное влияние на состояние здоровья работника. Электромагнитные излучения нарушают деятельность сердечно-сосудистой и нервной системы.

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля (ЭП) частотой 50 Гц на рабочем месте - 5 кВ/м согласно пункту 38 СанПиН 1.2.3685-21 [22].

На производстве следуют СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [22] для снижения степени влияния электромагнитного излучения:

- Расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см.
- Применение специализированных очков от электромагнитного излучения.

4.2.2.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаток искусственного освещения приводит к быстрой утомляемости и развитию близорукости. Согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [24] при недостаточной освещенности рабочей зоны необходимо использовать светильники с люминесцентными лампами. Согласно этому документу норма освещенности рабочего места оператора составляет 300 – 500 лк при общем освещении.

4.3 Экологическая безопасность

Раздел «Экологическая безопасность» включает в себя данные о характере воздействия проектируемого решения на окружающую среду в процессе эксплуатации. В данном разделе подробно описывается, как проектируемое решение и используемые для его создания вещества и материалы влияют на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу, а также предлагаются природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Защита селитебной зоны: воздействие на селитебную зону не происходит.

Защита литосферы: источниками загрязнения литосферы служат нефтепродукты, которые попадают в окружающую среду в результате возникновения аварийных ситуаций, проведения ремонтных работ. Для предотвращения загрязнения почвы нефтехимическими веществами необходимо производить планирование сбора отходов, а также принимать меры по обращению с образующимися отходами. Для нейтрализации почвы, загрязненной нефтепродуктами, требуется транспортировать в место, согласованное с санитарной инспекцией, для последующей нейтрализации. Предметы, содержащие нефтяные отходы, требуется уничтожить путем сжигания в местах, согласованных с пожарной инспекцией.

Защита гидросферы: загрязнение гидросферы происходит в результате утечек нефтепродуктов, которые попадают в водоемы при возникновении аварий или проведении ремонта оборудования. Чтобы не допустить загрязнения водных ресурсов, требуется использование очистных сооружений. Согласно ГН 2Л.5Л315-03 предельно допустимые концентрации (ПДК) нефтепродуктов в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляют $0,3 \text{ мг/дм}^3$ [25].

Защита атмосферы: основные потери летучих углеводородов происходят через уплотнения клапанов, фланцев. Сократить выбросы в атмосферу можно с помощью систем улавливания легких фракций, а также тщательным контролем состояния оборудования. ПДК углеводородов в атмосферном воздухе не должен превышать 300 мг/м^3 за среднесуточный промежуток времени [22].

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В разделе анализируются возможности возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые происходят при эксплуатации проектируемого решения. К таким ЧС относятся: природные катастрофы (наводнения,

цунами, ураган), геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории), а также техногенные аварии (отказ систем безопасности; взрыв, пожар, утечка нефтяного шлама, нарушение контроля и управления технологическим процессом).

Однако наиболее типичная чрезвычайная ситуация на установке подготовки нефти при эксплуатации дренажной емкости - утечка нефтяного шлама.

Современные предприятия используют несколько методов ликвидации аварий с разливом нефтешлама: термические, механические, химические и биологические.

Термические методы предусматривают тепловое воздействие на отходы, что приводит к разложению исходного сырья на составные части. Наиболее распространенным методом устранения нефтешламов остается сжигание.

В случае возникновения утечки нефтешлама и распространении его в почву на глубину 7-10 см применяется механический метод. Данный способ представляет собой сбор и утилизацию нефтяных продуктов, который производится с соблюдением правил по обращению с воспламеняющимися жидкостями согласно требованиям СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [26].

Химические и биологические методы предусматривают использование веществ, которые устраняют разлив нефтепродуктов и не дают ему проникнуть глубже в почву. К таким веществам относятся сорбенты и сорбирующие материалы, которые используются для впитывания нефтешлама и помогают локализовать его разлив на ранней стадии.

4.5 Выводы по разделу социальная ответственность

Таким образом, в результате выполнения задания к разделу «Социальная ответственность» было определено, что установка подготовки нефти – это опасная производственная территория, поскольку существует

риск возникновения аварийных ситуаций, которые могут нанести вред как рабочему персоналу предприятия, так и окружающей среде. Для предотвращения всевозможных происшествий необходимо следовать мерам безопасности, выполнять требования санитарных правил и норм.

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ - вторая и (помещение с повышенной опасностью). При этом согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок группа по электробезопасности рабочего персонала – III группа.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» категория тяжести труда – Па. Данная категория предусматривает работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения [22].

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение рабочей зоны относится к категории А [27], что означает - повышенная взрывопожароопасность. Это связано с наличием в помещении легковоспламеняющихся жидкостей.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года, N2398 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года) объект (дренажная ёмкость), оказывающий значительное негативное воздействие на окружающую среду относится ко II категории.

Заключение

Таким образом, в результате выполнения данной выпускной квалификационной работы произведена автоматизация дренажной емкости на установке подготовки нефти Буранного месторождения.

В процессе разработки данной системы рассматривается технологический процесс, согласно которому осуществляется построение структурной схемы, функциональной схемы со средствами автоматизации технологического процесса и схемы внешних проводок. На основе математической модели автоматизированной системы дренажной емкости реализовано моделирование ее работы в программе MATLAB Simulink. Произведен выбор датчиков и контроллерного оборудования, а также разработана экранная форма для данной системы в программе TRACE MODE.

Список использованных источников

1. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Изд-во стандартов, 2015.–26 с.
2. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования
3. ГОСТ 8.587-2019 Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений. [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200169617>
4. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебное пособие / Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 408 с.
5. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). Москва: Изд-во стандартов, 2013.
6. Датчики давления Метран-150. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [Руководство по эксплуатации Метран-150 \(orleks.ru\)](http://orleks.ru)
7. Беспроводной измерительный преобразователь температуры Rosemount 648 Wireless [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [ROSEMOUNT, Беспроводной измерительный преобразователь температуры Rosemount 648 Wireless - технические данные \(nt-rt.ru\)](http://nt-rt.ru)
8. Датчики уровня ультразвуковые ДУУ2М Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [ДУУ2М Руководство по эксплуатации \(uovnemers.ru\)](http://uovnemers.ru)

9. Электромагнитные расходомеры Rosemount серии 8700 [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [ROSEMOUNT. Электромагнитные расходомеры Rosemount серии 8700 - технические условия \(nt-rt.ru\)](http://ROSEMOUNT.Электромагнитные_расходомеры_Rosemount_серии_8700_-_технические_условия(nt-rt.ru))

10. Руководство по эксплуатации Rosemount 3302 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/79102.pdf>

11. КОНТРОЛЛЕР ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЭЛСИ-ТМК. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [ELSYTMK_re_v22.pdf - elesy.ru](http://ELSYTMK_re_v22.pdf-elesy.ru)

12. Электропривод РэмТЭК-А50 [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://npptec.nt-rt.ru/images/showcase/catalog2.pdf>

13. Малышенко А. М. (2008). Математические основы теории систем. Томск: ТПУ.

14. Проектирование программно-алгоритмических средств АСУ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://doc467118027_665933056?hash=TZSaaHO2gGhucoTRWxp2QSSZNV93xYI1Ej2Fhjef5tk&dl=ztGDv0lmVZwOAnIkRaRU0mTlxbPnfoZjX6yxKTM9SAL

15. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 19 декабря 2022 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>

16. Федеральный закон о специальной оценке условий труда (с изменениями на 28 декабря 2022 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>

17. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.

18. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.

19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://pd.rkn.gov.ru/docs/Trudovoj_kodeks_RF.pdf

20. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.

21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102598>

22. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2021. – 496 с.

23. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230583>.

24. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.

25. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. ГН 2 .1.5.1315-03. - М: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003. - 1 54 с.

26. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности (с Изменением N 1). – М.: МЧС России, 2014. – 35 с.

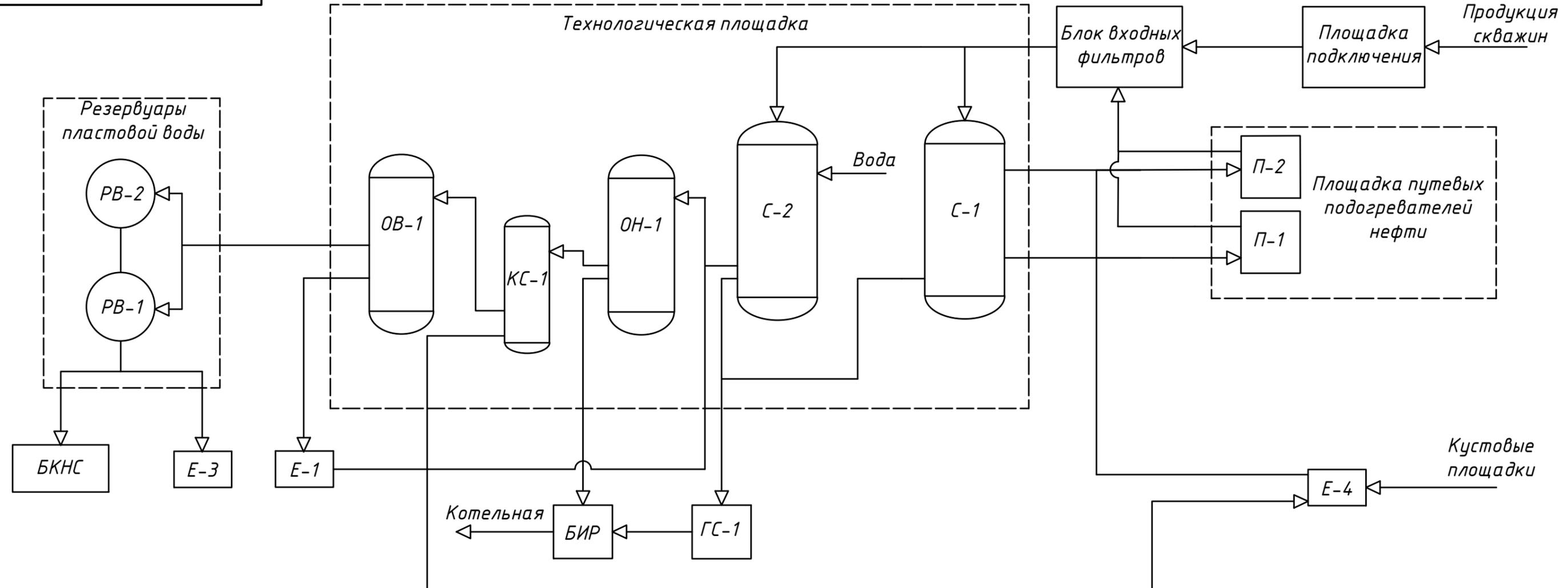
27. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

[Электронный ресурс] – Режим доступа – URL:
<https://docs.cntd.ru/document/1200071156>

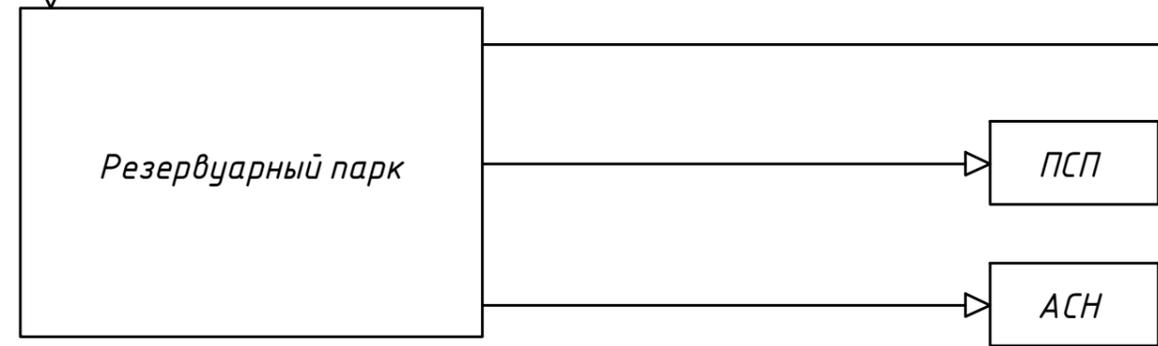
Приложение А
(обязательное)
Функциональная схема технологического процесса

ФЮРА.420060.001

Перв. примен.
Справ. №
А



Экспликация оборудования	
ОВ-1	Отстойник воды
КС-1	Сепаратор концевой ступени
ОН-1	Отстойник нефти
Е-1, Е-3, Е-4	Дренажная емкость
ГС-1	Газосепаратор
ПСП	Приемо-сдаточный пункт
С-1	Сепаратор I ступени
С-2	Сепаратор II ступени
АСН	Автоматизированная система учета нефтепродуктов
БИР	Блок измерительно-регулирующий
БКНС	Блочная кустовая насосная станция



Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

					ФЮРА.420060.001		
					Технологический процесс на УПН		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Киргефнер		20.05.2023			
Пров.		Семенов Н.М.					
Т. контр.							
Нач.отд.							
Н. контр.							
Утв.							
					Лист		Листов 1
					Функциональная схема		
					ТПУ		ИШИТР
					Группа		8Т92

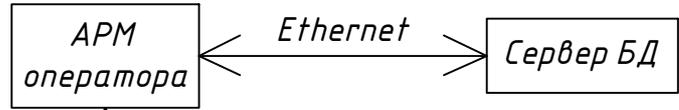
**Приложение Б
(обязательное)
Структурная схема автоматизации**

ФЮРА.425280.002

Перв. примен.

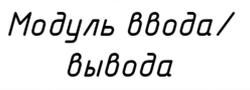
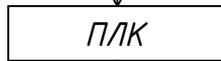
Справ. №

Верхний уровень
(информационно-
вычислительный)



Ethernet

Средний уровень
(контроллерный)



4 - 20 мА

RS - 485

Нижний уровень
(полевой)

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

КИПиА и исполнительные механизмы

ФЮРА.425280.002

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Киргефнер		20.05.2023
Пров.		Семенов Н.М.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Дренажная емкость

Лит. Масса Масштаб

--	--	--	--

Лист Листов 1

Структурная схема
автоматизации

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т92

Копировал

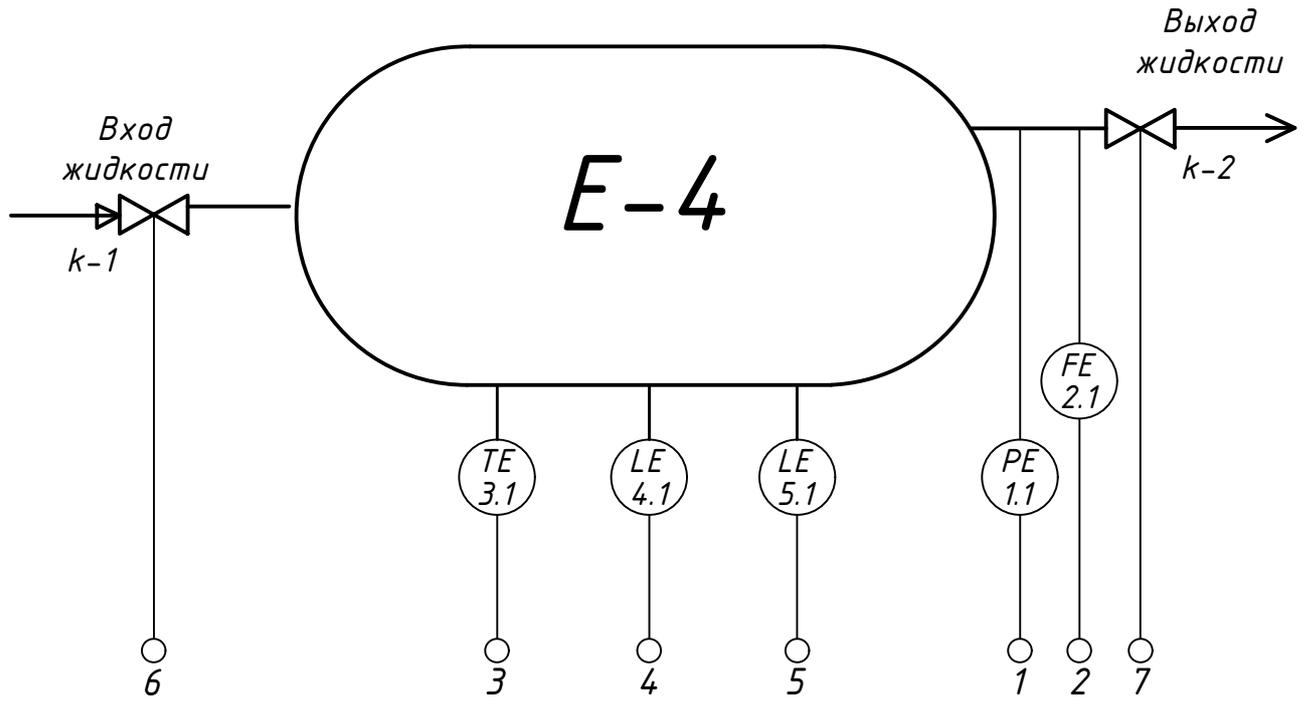
Формат А4

Приложение В
(обязательное)
Функциональная схема автоматизации

ФЮРА.421000.003

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

		1	2	3	4	5	6	7
Приборы по месту		PT 1.2	FT 2.2	TT 3.2	LT 4.2	LT 5.2	NS 6.1	NS 7.1
Шкаф управления	ПЛК							
	AI							
	DI							
	AO							
	DO							
	Ethernet							
SCADA								
								Мониторинг
								Управление
								Сигнализация

ФЮРА.421000.003

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Киргефнер		20.05.2023
Пров.		Семенов Н.М.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Дренажная емкость

Функциональная схема автоматизации

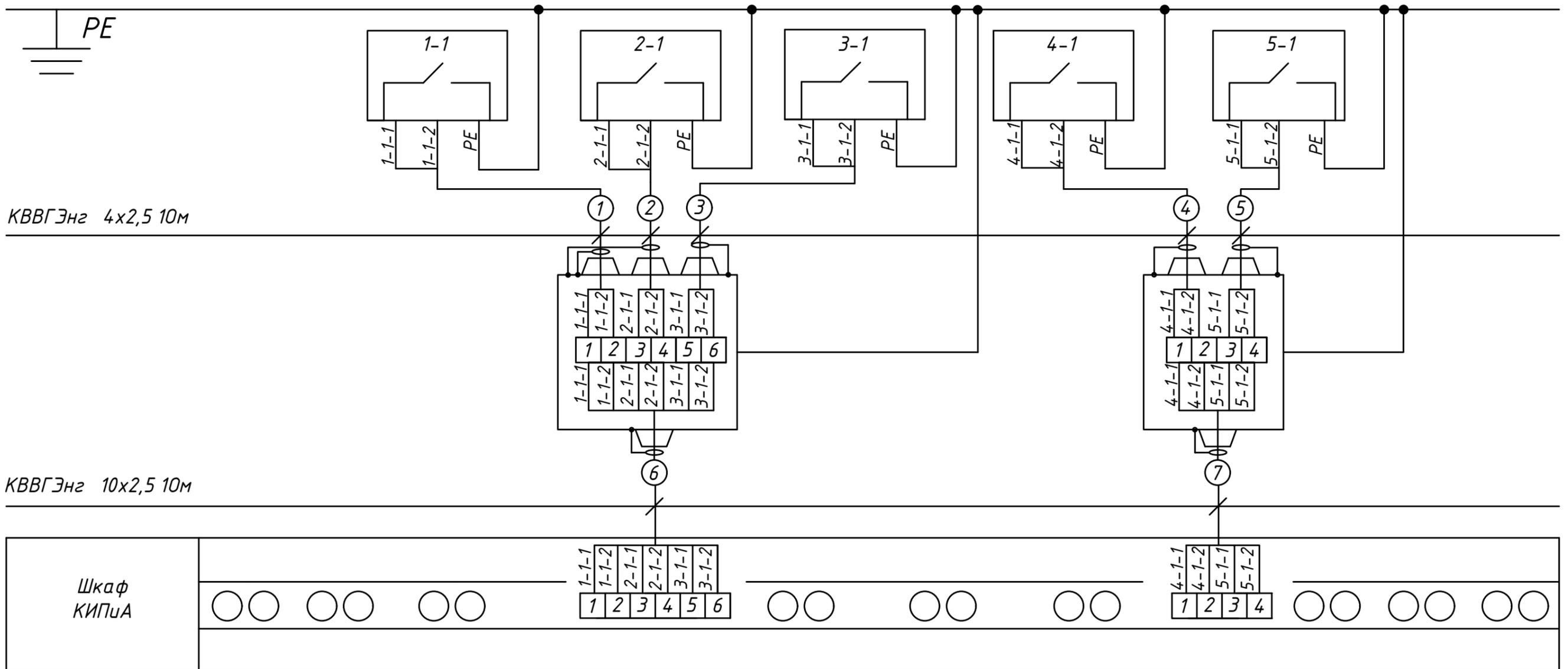
Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т92

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

ФЮРА.425280.004

Наименование параметра	Давление	Расход	Температура	Уровень	Уровень
Место отбора импульса	Трубопровод (на выходе)	Дренажная емкость (на выходе)	Дренажная емкость	Дренажная емкость	Дренажная емкость
Тип датчика	Метран-150CG	Rosemount 8700	Rosemount 648	ДУУ2М	Rosemount 3302
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1



Перв. примен.
Справ. №
А
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

					ФЮРА.425280.004			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Дренажная емкость	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Киргефнер			20.05.2023				
Пров.	Семенов Н.М.							
Т. контр.						Лист	Листов	1
Н. контр.						ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		
Утв.					Схема внешних проводок			

Приложение Д
(обязательное)
Экранная форма SCADA-системы

