

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды
УДК 004.896:681.586.626.86:627.83

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Чащин Данил Александрович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	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
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) _____
 (Дата) Громаков Е.И.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Чащину Данилу Александровичу

Тема работы:

Автоматизация дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	16.02.2022 г., приказ 47-14/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.22 г.
--	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: автоматизированная система управления дренажной ёмкостью на установке предварительного сброса воды. Цель работы: проектирование автоматизированной системы управления дренажной ёмкостью на установке предварительного сброса воды. Режим работы: постоянный.
--------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы АС; Обзор выбора КИПиА для управления дренажной ёмкостью; Обзор выбора исполнительных механизмов для управления дренажной ёмкостью; Создание схемы внешних проводок АС; Моделирование САР уровня содержимого в дренажной ёмкости; Разработка экранных форм управления дренажной ёмкостью.
Перечень графического материала	Трехуровневая структурная схема АС; Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; Функциональная схема по ANSI/ISA-S 5.1 – 2009; Опросные листы датчиков КИПиА; Схема внешних проводок; Экранная форма.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна, доцент ОСТН ШБИП, к.т.н.
Социальная ответственность	Мезенцова Ирина Леонидовна, Ст. преподаватель ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
-	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.02. 2022 г.
---	----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			16.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Чашин Данил Александрович		16.02.2022 г

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

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06. 2022 г.
--	----------------

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			16.02. 2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		16.02. 2022 г

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Чащин Данил Александрович

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

Тема ВКР:

Автоматизация дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: дренажная ёмкость на установке предварительного сброса воды (УПСВ).

Область применения: производство, занимающееся добычей нефти.

Рабочая зона: полевые условия.

Климатическая зона: умеренно влажная географическая зона с длинными зимами и высоким среднегодовым уровнем осадков, диапазон температур составляет от -60 °С до 60 °С.

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: дренажная ёмкость, датчики КИПиА, дренажный насос.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль параметров с помощью подобранных датчиков, контроллерного оборудования, исполнительных устройств, алгоритмов управления для системы автоматизации дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды (УПСВ).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;

1. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
3. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
4. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Опасные факторы: 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. Вредные факторы: 1. Повышенный уровень шума; 2. Повышенный уровень общей вибрации; 3. Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка 50-60 Гц); 4. Отсутствие или недостаток 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 литосферу: попадание продуктов нефтепромысла в окружающую среду. Воздействие на гидросферу: разлив нефтешлама в водоемы. Воздействие на атмосферу: выброс летучих углеводородов. Воздействие на селитебную зону не происходит.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Утечка нефтешлама, пожар, взрыв. Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Наиболее типичная ЧС является разлив нефтешлама. _____
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Мезенцова Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Чащин Данил Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Чащину Данилу Александровичу

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 НИ, разработка графика проведения НИ, составление бюджета НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИ.

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	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Крiniцына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Чащин Данил Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страницы текста, 32 таблиц, 19 рисунков, 1 список использованных источников из 32 наименований, 10 приложений.

Ключевые слова: дренажная ёмкость, установка предварительного сброса воды, автоматизированная система управления, автоматическое регулирование уровня нефтешлама, ПИД-регулятор, математическая модель.

Объектом исследования является дренажная ёмкость на установке предварительного сброса воды.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды с использованием контроллерного оборудования.

В процессе исследования проводились решения по автоматизации системы управления дренажной ёмкостью на установке предварительного сброса воды.

В результате исследования был произведен аналитический обзор аналогов, были подобраны датчики КИПиА и контроллер управления, а также исполнительные элементы, были разработаны структурная и функциональная схема, а также внешних проводок и мнемосхема технологического объекта.

Разработанная система управления может применяться в области нефтегазового дела и внедряться в различные промышленные предприятия, а также позволит оптимизировать технологический процесс разгрузки и приема нефтешлама, обеспечить безаварийную работу производства, уменьшить материальные затраты.

Планируется продолжение работы по данной тематике в будущем.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения:

УПСВ – установка предварительного сброса воды;

ДЕ – дренажная емкость;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

IP – степень защиты;

САР – система автоматического регулирования;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ПИД – пропорционально-интегрально-дифференциальный;

ЭДС – электродвижущая сила.

Оглавление

Обозначения и сокращения	14
Введение	18
1 Техническое задание	19
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	19
1.2 Характеристика объектов автоматизации.....	19
1.3 Требование к системе в целом.....	20
1.3.1 Требования к функциям, выполняемым системой	20
1.3.2 Требования к математическому обеспечению системы.....	21
1.3.3 Требования к информационному обеспечению системы	22
1.3.4 Требования к программному обеспечению АСУТП.....	22
1.3.5 Требования к техническому обеспечению АСУТП	23
1.3.6 Требования к метрологическому обеспечению	24
2 Основная часть	26
2.1 Описание технологического процесса	26
2.2 Разработка структурной схемы АСУ ТП	26
2.3 Функциональная схема автоматизации.....	27
2.4 Выбор технических средств автоматизации	28
2.4.1 Выбор контроллерного оборудования	28
2.4.2 Выбор датчика температуры	31
2.4.3 Выбор датчика давления	34
2.4.4 Выбор датчика расхода	35
2.4.5 Выбор датчика уровня	37
2.4.6 Выбор уровнемера, определяющий границу сред.....	38
2.4.7 Выбор сигнализатора уровня.....	40
2.5 Выбор исполнительных механизмов.....	42
2.5.1 Выбор насосного агрегатора.....	42
2.5.2 Выбор подогревающегося кабеля.....	43
2.6 Создание схемы внешних проводок.....	44
2.7 Моделирование САР уровня содержимого в дренажной ёмкости	45

2.8 Разработка экранной формы	49
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	51
3.1 Потенциальные потребности результатов исследования.....	51
3.2 Анализ конкурентных технических решений.....	52
3.3 SWOT-анализ.....	54
3.4 Планирование научно-исследовательских работ	55
3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	55
3.4.2 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	57
3.4.3 Разработка графика проведения научного исследования	60
3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	62
3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	62
3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы	63
3.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	65
3.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	66
3.5.6 Накладные расходы.....	67
3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	67
3.7 определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	71
4 Социальная часть	73
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
4.2 Производственная безопасность	75
4.3 Анализ вредных факторов	76
4.3.1 Повышенный уровень шума	76
4.3.2 Повышенный уровень общей вибрации.....	77
4.3.3 Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка (50-60) Гц)	78

4.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	79
4.4 Анализ опасных факторов	80
4.4.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	80
4.5 Экологическая безопасность	81
4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
Вывод по разделу социальная ответственность	83
Заключение	85
Список литературы	86
Приложение А (обязательное) Структурная схема автоматизации	90
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации	91
Приложение В (обязательное) Упрощенная функциональная схема автоматизации	92
Приложение Г (обязательное) Опросный лист датчика температуры	93
Приложение Д (обязательное) Опросный лист датчика давления	96
Приложение Е (обязательное) Опросный лист датчика расхода	97
Приложение Ж (обязательное) Опросный лист датчика уровня	98
Приложение З (обязательное) Схема внешних проводок	99
Приложение И (необязательное) Алгоритм сбора данных	101
Приложение К (обязательное) Мнемосхема	102

Введение

Автоматизация представляет собой направление научно-технического прогресса, при котором происходит частичное или полное снижение участия человека в процессе передачи, получения, преобразования и использования энергии, материалов или информации, используя специальные технические средства с доступом к саморегуляции, а также математические и экономические методы управления [1]. Требуется добавочное применение датчиков, устройств ввода и вывода данных, контроллеров, исполнительных механизмов, устройств обработки, хранения и передачи информации.

Ввод автоматизированных систем управления на объектах нефтегазовой промышленности позволяет во много раз увеличить эффективность и производительность, сократить влияние человека на процесс работы предприятия и уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Целью текущей работы является проектирование автоматизированной системы управления дренажной ёмкостью на установке предварительного сброса воды.

Исполнение данной работы несет в себе разработку рабочего проекта, выбор средств аппаратно-технического комплекса и моделирование отдельно взятого контура регулирования.

1 Техническое задание

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Система предназначена для автоматизации процесса разгрузки дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды.

Объектами управления являются технологическое и вспомогательное оборудование дренажной ёмкости.

Комплект средств и приборов автоматизации предусматривает:

- контроль основных параметров ёмкости, их регистрацию, необходимую сигнализацию и защиту;
- отключение и включение насосного агрегата при необходимости;
- регулирование подачи нефтешлама задвижкой;
- дистанционный запуск вспомогательных систем и открытие задвижек на технологических трубопроводах.

Система создается с целью повышения эффективности и качества процесса, надежности и безаварийной работы за счет:

- получения достоверной информации с дренажной ёмкости;
- автоматизации работы разгрузки дренажной ёмкости;
- увеличение точности и результативности измерения параметров технологических процессов;
- внедрение математических методов контроля и управления технологическими процессами и объектами;
- автоматизированного контроля состояния дренажной ёмкости.

1.2 Характеристика объектов автоматизации

Условия эксплуатации объектов автоматизации:

- умеренно влажная географическая зона с длинными зимами и высоким среднегодовым уровнем осадков;
- диапазон температур от минус 60 °С до 60 °С.

В состав дренажной системы входят:

- дренажный насос;
- регулирующий клапан с электроприводом;
- запорная арматура;
- датчик температуры;
- уровнемеры;
- сигнализатор уровня;
- датчики давления;
- расходомеры.

1.3 Требование к системе в целом

Разрабатываемая АСУ ТП должна соответствовать требованиям ГОСТ 34.602-89 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы», а также ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условных приборов и средств автоматизации в схемах» [2, 3].

Система должна:

- иметь возможность дополнения её возможностей посредством использования как международных, так и российских стандартов на различные интерфейсы, такие как информационные, электрические, и программные;
- строиться с использованием передовой отечественной и зарубежной технологии.

Разрабатываемая автоматизированная система должно представлять собой иерархическое распределение управления (многоуровневая функциональная распределенная система).

1.3.1 Требования к функциям, выполняемым системой

Требования к функциям АСУТП дренажной ёмкости:

- контроль и измерение температуры нефтешлама внутри ёмкости;
- контроль и измерение тока на электродвигателе насоса;
- контроль и измерение напряжения на электродвигателе насоса;
- контроль и измерение давления на входе ёмкости;
- контроль и измерение давления на выходе ёмкости;
- управление включением и выключением насоса;
- управление регулирующей задвижкой на выходе насоса;
- контроль и измерение уровня содержимого внутри ёмкости;
- контроль и измерение границы сред содержимого внутри ёмкости;
- отображение технологических параметров в диспетчерском пункте;
- дистанционное, автоматическое и ручное управление регуляторами, насосами запорными клапанами и задвижками;
- связь с АСУ верхнего уровня.

1.3.2 Требования к математическому обеспечению системы

Требования к математическому обеспечению требует решения задач, связанных с реализацией функций управления с помощью таких методов как использование моделей алгоритмов и математических методов. Данные требования должны отвечать в режиме реального времени напрямую к требованиям, необходимых для проектируемой системы управления.

В ходе разработки математического обеспечения должны быть созданы:

- алгоритмы функционального назначения (для решения задач обработки информации контроллерами);
- алгоритмы специального назначения (для решения математических задач на уровне SCADA).

1.3.3 Требования к информационному обеспечению системы

Требования к информационному обеспечению должно в достаточной степени для реализации и выполнения всех задач и функций комплекса с помощью выходных и входных данных и сигналов [4].

Набор информационных массивов в структуре от каждого элемента объекта должен содержать данные, достаточные для описания всего объекта, события или процесса в рамках контроля и управления этим компонентом компьютерной сети.

Необходимый интерфейс оператора АСУТП должен быть реализован на АРМ оператора АСУТП.

Информационный тип интерфейса оператора АСУТП должен нести информацию о состоянии контролируемого объекта: температуре содержимого ёмкости, давлении и расходе на входе и выходе ёмкости, уровне содержимого и об уровне границы сред.

1.3.4 Требования к программному обеспечению АСУТП

Требование к прикладному программному обеспечению АСУТП должно основываться и строиться на современных программных продуктах, обеспечивающих многозадачный режим работы, обладать гибкостью, удобством использования и широкими функциональными возможностями.

Строение основного ПО заключается в необходимости содержания операционной системы, трансляторов языков программирования (должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3), сервисных программ и технических программ обслуживания. [5]

Установленный функционал системы вместе с работой технической средств должен быть достаточным при работе программных средств реализации.

1.3.5 Требования к техническому обеспечению АСУТП

Построение комплекса должно быть проведено на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

- КИПиА;
- ПЛК или подсистемы управления;
- диспетчерский пункт;
- сетевое оборудование.

Средства дистанционного контроля и управления дренажной ёмкостью должны быть расположены в помещении операторной. Первичные средства контроля, аппаратура местного управления и сигнализации должны размещаться на технологическом оборудовании или на металлоконструкциях у оборудования.

В состав ПЛК, используемых системой, должна входить модульная архитектура, которая в свою очередь использует произвольное расположение каналов ввода/вывода. Защита от перегрузок и импульсных помех необходимы для каждого используемого контроллера.

Все необходимые средства измерений, используемые системой, должны соответствовать Сертификату, который утвержден Госстандартом РФ, содержащий типы средств измерений.

Коррозионностойкие материалы должны использоваться в составе чувствительных датчиков КИПиА в случае их соприкосновения с агрессивными средами, при этом электротехнические устройства, которые располагаются в зонах с повышенной взрывоопасностью, обязаны удовлетворять классу зоны, группе и категории взрывоопасной смеси. Также эти устройства должны иметь разрешение на применение от Госгортехнадзора РФ. При этом надежность датчиков должна быть на высоком уровне и соответствовать указанному времени наработки на отказ равному 100 тысяч часов и сроком применения 10 лет более.

Развитие системы, её модернизация, улучшение и наращивание должно быть допущено комплексом программно-технических средств и иметь не менее 10 % резерв по каналам ввода и вывода.

Защита от влаги и пыли, всех используемых технических средств, должно соответствовать степени IP 56 или выше.

1.3.6 Требования к метрологическому обеспечению

Согласно ГОСТ Р 8.903-2015 [6] и положений 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.

Для обработки поступающих с СИ сигналов и управления заданными параметрами подсистемы управления должны быть оснащены следующими модулями:

- ввода дискретных сигналов и вывода аналоговых токовых сигналов;
- ввода сигналов диапазона 4-20 мА со встроенными барьерами искрозащиты (при размещении на взрывоопасном или пожароопасном участке;
- вывода дискретных управляющих сигналов (модуль управляющих воздействий);

- вывода аналоговых токовых сигналов (модуль управляющих воздействий);
- ввода по интерфейсу Ethernet от периферийных микропроцессорных устройств.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

В результате работы установки предварительного сброса воды на нефтепромысле происходит разделение продукции скважин на нефть, газ и воду, а также на остаточные механические примеси, которые подаются в дренажную емкость.

Дренажная емкость представляет собой цельносварной горизонтальный полый металлический резервуар с коническими днищами и люками. Через люки осуществляются ремонтные, профилактические работы, а также слив и забор хранящихся жидкостей. Емкости используются в различных областях нефтеперерабатывающей промышленности и предприятий газодобывающего комплекса. Из технологических сетей в дренажные емкости сливают для временного хранения нефтепродукты, нефть, конденсат, масло, воду, кислоты, щелочи. Подземная емкость считается самой надежной и удобной конструкцией для хранения топлива или организации запаса воды для технологических и противопожарных нужд [7].

2.2 Разработка структурной схемы АСУ ТП

Объектом управления является дренажная емкость. В ходе технологического процесса происходит замер уровня содержимого в резервуаре и производится учет границы сред: шлам-вода, вода-нефть. А также происходит замер давления и расхода на входе и выходе емкости и измеряется температура содержимого.

В роли исполнительного механизма выступает клапан с электроприводом, в состав которого входит асинхронный двигатель. HART-протокол использован в качестве связи средств КИПиА и контроллера.

Трехуровневая структурная схема АСУ ТП показана в приложении А. Полевой уровень включает в себя средства КИПиА – исполнительные механизмы и датчики. Для создания АСУ дренажной емкости необходимо

использование датчиков температуры, уровня, давления, расхода и в том числе исполнительных устройств, представленными клапанами с электроприводом.

Следующий уровень – контроллерный, который представлен локальным ПЛК с дополнительными модулями ввода/вывода, которые служат для расширения системы. Текущий уровень обеспечивает обмен информацией с диспетчерским пунктом, а также воспроизводит сбор данных с датчиков и автоматически регулирует клапанами.

Заключительный уровень – информационно-вычислительный, который включает в себя контроллер для коммутации, который служит в роли компьютера и сервера базы данных, а также для обработки полученных данных с предыдущего уровня и поддержания единого времени системы и подсистем. На данном уровне (при помощи локальной сети Ethernet) происходит связь всех устройств, включая АРМ операторов, а также поступают данные с контроллерного уровня.

2.3 Функциональная схема автоматизации

Одним из основополагающих технических документов является функциональная схема автоматизации (ФСА). Данная схема предназначена для определения функциональной структуры и общего объема автоматизации технологического объекта.

Технологическое оборудование изображается упрощенно без второстепенных конструкций, а также без масштаба. Помимо этого, оно должно совпадать с его настоящей конфигурацией.

ФСА определяет функционально-блочную структуру и функциональные связи систем автоматического регулирования, контроля, блокировок, сигнализаций и управления, которые вливаются в единую систему с помощью функциональных линий.

ФСА может быть разработана двумя разными способами в соответствии со стандартом ГОСТ 21.408-2013 [8]:

1. Развернутая схема.

На данной схеме изображается состав контуров управления, а также указано их место расположения. Таким образом, первичные и вторичные преобразователи относятся к полевым устройствам и располагаются «по месту», а все управляющие приборы и индикация вынесена в «подвал» схемы, показывающий подключение датчиков и исполнительных механизмов к соответствующим модулям ввода-вывода ПЛК, а также связь ПЛК с верхним уровнем автоматизации.

2. Упрощенная схема.

При данном исполнении ФСА иллюстрируются только основные функции контуров контроля и управления, без выделения входящих в них отдельных технических средств автоматизации и указания места расположения.

Разработанные ФСА ДЕ приведены в Приложении Б и В.

2.4 Выбор технических средств автоматизации

2.4.1 Выбор контроллерного оборудования

Выбор ПЛК производился из следующих вариантов: Siemens SIMATIC S7-1200, SEGNETICS PIXEL 2511-02-0, Овен ПЛК200, представленных на рисунках 1, 2 и 3 соответственно.



Рисунок 1 – Контроллер SIMATIC S7-1200



Рисунок 2 – Контроллер SEGNETICS PIXEL 2511-02-0



Рисунок 3 – Контроллер Овен ПЛК200

Сравнительные характеристики контроллеров объединены в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические характеристики контроллеров

Техническая характеристика	Значение		
	SIMATIC 1200	SEGNETICS PIXEL 2511-02-0	Овен ПЛК200
Потребляемая мощность, Вт	12	18-36	13
Среда программирования	TIA Portal	SMLogix	OWEN Logic
Степень защиты панели (передней)	IP20	IP20	IP20

Продолжение таблицы 1

Техническая характеристика	Значение		
	SIMATIC S7-1200	SEGNETICS PIXEL 2511-02-0	Овен ПЛК200
Степень защиты панели (задней)	IP20	IP20	IP20
Время цикла ПЛК, мс	2	15	3
Время реакции входа на изменения, мс	0,625	10	1,5
Дискретные выходы	10	3	14
Дискретные входы	14	6	8
Габариты, мм (ШхВхГ)	90x100x75	105x100x57	105x124x83
Интерфейсы	RS 485, 422, 232, Ethernet	RS 485, Ethernet	RS 485, Ethernet
Температура окружающей среды, °C	(минус 40 – 70)	(минус 15 – 55)	(минус 40 – 50)
Цена	23 345	12 064	25 200
Срок гарантии, лет	2	1	2
Срок службы, лет	10	8	8

После проведения анализа в качестве контроллера было решено использовать SIMATIC S7-1200 в связи с подходящими техническими характеристиками и относительно невысокой стоимостью. Он подходит для решения поставленных задач повышенной сложности за счет высокопроизводительных характеристики и функциональной гибкостью [9].

В добавок к ПЛК SIMATIC S7-1200 необходим модуль аналогового ввода с универсальными входами (SM 1231) и выходами (SM 1232). В таблице 2 приведены характеристики модуля аналогового ввода и вывода.

Таблица 2 – Характеристики модуля аналогового ввода и вывода

Техническая характеристика	Значение
Габаритные размеры, мм.	45x100x75
Рабочая температура, °C	(минус 0,1 – 55)
Время опроса одного входа, с.	0,625

Продолжение таблицы 2

Техническая характеристика		Значение
Количество входов, шт.		8
Гарантийный срок, лет		2
Срок службы, лет		10
Степень защищенности		IP20
Цена, руб.	ввода	23 139
	вывода	3412

2.4.2 Выбор датчика температуры

Для контроля и наблюдения за температурой содержимого в дренажной емкости необходимо выбрать датчик температуры. Были проанализированы следующие датчики:

- Rosemount 2240;
- СЕНС ПТ(Modbus);
- Метран 280.

Измерители температуры многоточечные Rosemount 2240 (рисунок 4) предназначены для автоматического измерения точечной и средней температуры нефти, нефтепродуктов и агрессивных химических жидкостей в резервуарах.

Rosemount 2240 состоит из электронного преобразователя 2240S и многоточечного датчика температуры – 565 (NLI), 566 (NL-Cryo), 765 (WLS).

Rosemount 2240 выполняет преобразование измеряемой температуры в сигнал постоянного тока (4 – 20) мА и цифровой сигнал стандарта HART [9].



Рисунок 4 – Датчик температуры Rosemount 2240

Преобразователь температуры СЕНС ПТ (рисунок 5) осуществляет непрерывное измерение температуры жидкости, пара или газа для автоматического контроля и регулирования технологических процессов.

Обеспечивает многоточечное измерение температуры, выдачу управляющих сигналов при достижении заданных пороговых значений и / или при неисправности, автоматическое регулирование температуры.

Предназначен для стационарной установки в помещениях и на открытых площадках опасных производственных объектов. Также СЕНС ПТ выполняет постоянное преобразование в унифицированный сигнал постоянного тока (4 – 20) мА измеряемой температуры [11].



Рисунок 5 – Преобразователь температуры СЕНТ ПТ (Moldbus)

Датчик температуры Метран 280 (рисунок 6) осуществляет передачу информации в виде унифицированного сигнала постоянного тока (4-20) мА, а также с помощью HART-протокола. Датчик используется для надежных и точных измерений в составе АСУ ТП [12].



Рисунок 6 – Датчик температуры Метран 280

Анализ характеристик выбранных датчиков температуры приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Анализ характеристики датчиков температуры

Технический критерий	Значение		
	Rosemount 2240	СЕНС ПТ(Modbus)	Метран 280
Диапазон измерений	(минус 170 – 250) °C	(минус 50 – 99) °C	(минус 50 – 500) °C
Степень защиты корпуса датчика	IP66	IP66	IP65
Выходной сигнал	HART, (4-20) мА	(4-20) мА, RS-485	HART, (4-20) мА
Срок службы	10	15	8
Длина монтажной части, мм	500	100	160
Класс допуска	A	A	B
Цена, руб.	237 900	11 880	17 300

Исходя их характеристик, представленных в таблице 3, был выбран Метран 280 в качестве датчика температуры с оптимальными характеристиками, функциями и малой цене по сравнению с конкурентами. СЕНС ПТ(Modbus) не обладает возможностью подключения по HART интерфейсу, что исключает его предпочитаемого выбора. Rosemount 2240 отличается высокими показателями, но высокой ценой, он дороже в 14 раз, чем

Метран 280. Поэтому в качестве датчика, используемого для индикации и регистрации показаний, выбран датчик Метран 280. Опросный лист выбранного датчика температуры представлен в приложение Г.

2.4.3 Выбор датчика давления

Для измерения давления в дренажной емкости были выбраны датчики измерения давления и проводился он по следующим параметрам:

- диапазон измерений;
- температура среды;
- тип выходного сигнала;
- погрешность;
- степень защиты;
- температура окружающей среды;
- цена.

Были рассмотрены следующие варианты датчиков давления: AMZ 5450, APZ 3420 х, APZ 3020, в таблице 4 представлены технические характеристики датчиков давления.

Таблица 4 – Технические характеристики датчиков давления

Датчик давления	AMZ 5450	APZ 3420 х	APZ 3020
Диапазон измерений	(0 – 2,5) МПа	(0 – 60) МПа	(0 – 25) МПа
Температура среды	(минус 40 – 105) °С	(минус 40 – 125) °С	(минус 40 – 125) °С
Погрешность	± 0.075 %	± 0.2 %	± 0.25 %
Выходной сигнал	HART, (4-20) мА	HART, RS-485, (4-20) мА	(4-20) мА
Степень защиты	IP67	IP67	IP65
Температура окружающей среды	(минус 40 – 105) °С	(минус 50 – 85) °С	(минус 50 – 85) °С
Цена	18000	14700	18360

После проведения сравнительного анализа для измерения давления в дренажной емкости был выбран датчик давления APZ 3420 x (рисунок 7), так как он лучший из представленных датчиков давления.

Верхний предел диапазона измерения давления датчика наиболее близок к рабочему давлению в дренажной емкости по сравнению с рассмотренными аналогами. А также APZ 3420 x имеет низкую цену по сравнению с аналогами. Опросный лист выбранного датчика давления представлен в приложение Д.



Рисунок 7 – Датчик давления APZ 3420 x

2.4.4 Выбор датчика расхода

Необходимо определить расход нефтешлама на входе дренажной ёмкости и расход отстоявшейся нефти на выходе ёмкости. При выборе расходомера для разрабатываемой системы были учтены следующие технические характеристики:

- давление измеряемой среды;
- температура измеряемой среды;
- температура окружающей среды;
- погрешность;
- тип выходного сигнала;
- степень защиты.

Рассмотрению подлежали три варианта расходомеров: Katflow 150, Rosemount 870, Метран-370, технические характеристики которых представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики расходомеров

Технический критерий	Метран-370	Katflow 150	Rosemount 8700
Погрешность	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1 \%$	$\pm 0,25 \%$
Температура окружающей среды	(минус 40 – 65) °C	(минус 10 – 60) °C	(минус 50 – 74) °C
Тип выходного сигнала/используемый интерфейс	(4-20) мА, HART	(4-20) мА, RS-485, HART	(4-20) мА, HART,
Степень защиты	IP68	IP66	IP67
Температура среды	(минус 29 – 140) °C	(минус 30 – 250) °C	(минус 29 – 177) °C
Давление среды	(0 – 4) МПа	(0 – 2) МПа	(0 – 40) МПа

По таблице 5 был проведен сравнительный анализ расходомеров по итогу которого был выбран расходомер Метран-370 (рисунок 8), так как он является более подходящим для разрабатываемой системы по сравнению с рассматриваемыми его аналогами, также он является расходомером отечественного производства.



Рисунок 8 – Датчик расхода Метран-370

Выбранный датчик расхода служит для измерения объемного расхода электропроводящих жидкостей. Принцип работы заключается в следующем: Катушки возбуждения в расходомере создают магнитное поле. Перпендикулярно созданному полю движется проводник, в котором создаётся ЭДС. Разность потенциалов ЭДС в свою очередь измеряется преобразователем, которая с помощью усилителя усиливается, далее обрабатывается и формируется сигнал на выходе расходомера [13]. Опросный лист выбранного датчика расхода представлен в приложение Е.

2.4.5 Выбор датчика уровня

Для подбора уровнемеров произведем сравнение трех датчиков разных производителей: Сапфир-22МП-ДУ 2620, Rosemount 5300, Vegason 62. Сравнение датчиков уровня приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение характеристик уровнемеров

Технические критерии	Сапфир-22МП-ДУ 2620	Rosemount 5300	Vegason 62
Погрешность датчика	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,10 \%$
Измеряемая среда	Жидкость	Жидкость	Жидкость, сыпучие вещества
Диапазон измеряемых уровней, м	(0 – 10)	(0,1 – 50)	Жидкость: (0,1 – 8), сыпучий продукт: (0,4 – 3.5)
Выходной сигнал/интерфейс	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, RS-485	(4 – 20) мА, HART
Степень защиты	IP54	IP66	IP67
Температура окружающей среды, °C	(минус 50 – 80)	(минус 40 – 80)	(минус 40 – 80)

В качестве уровнемера будем использовать датчик уровня Vegason 62 (рисунок 9), так как он имеет наилучший диапазон температур и широкий диапазон измерения. Выходные сигналы с цифровым интерфейсом позволят производить расширенную диагностику и обслуживание прибора.



Рисунок 9 – Уровнемер Vegason 62

Выбранный уровнемер фирмы VEGA способен производить замер уровня как жидкостей, так и сыпучих продуктов в различных ёмкостях и резервуарах. Работает он на основе ультразвуковых импульсов. Эти импульсы испускаются преобразователем звука и снова принимаются им после отражения от поверхности исследуемого продукта. Время от передачи до приема сигнала пропорционально уровню продукта в емкости [14]. Опросный лист выбранного датчика уровня представлен в приложение Ж.

2.4.6 Выбор уровнемера, определяющий границу сред

Для подбора уровнемеров произведем сравнение трех датчиков разных производителей: KKH-212-5, Rosemount 3302, Vibravivo 1030. Сравнение выбранных уровнемеров приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение характеристик уравнимеров

Критерии выбора	Capanivo 7130	Rosemount 3302	Vibranivo 1030
Измеряемая среда	Жидкости	Жидкости, Шламы, пасты, Пена, Жидкость / жидкость	Сыпучие продукты, Жидкость / твердое вещество
Диапазон измеряемых уровней, м	(0 – 4)	(0,1 – 23,5)	(0 – 4)
Степень защиты	IP65	IP67	IP66
Погрешность, %	± 0,25	± 0,1	± 0,25
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, HART, Modbus	(4 – 20) мА
Взрывозащищённость	+	+	+
Температура окружающей среды, °С	(минус 40 – 125)	(минус 40 – 85)	(минус 40 – 150)

В качестве уравнимера, определяющего границу сред, будем использовать Rosemount 3302 (рисунок 10), так как он имеет наилучший диапазон температур и широкий диапазон измерения.



Рисунок 10 – Внешний вид уровнемера Rosemount 3302

Принцип работы заключается в следующем: наносекундные импульсы небольшой мощности, испускаемые Rosemount 3302, направляются вниз по зонду, который в свою очередь опущен в измеряемую среду [1515]. 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.

2.4.7 Выбор сигнализатора уровня

Для сигнализации уровня в дренажной емкости были выбраны сигнализаторы уровня. Выбор проводился по следующим параметрам:

- материал;
- максимальная мощность;
- выходной сигнал;
- температура контролируемой среды;
- установка;
- степень защиты.

Были рассмотрены три варианта сигнализаторов: ОВЕН САУ-М6, ТИТАН-127С-22, СВН-1, в таблице 8 представлены технические характеристики сигнализаторов уровня.

Таблица 8 – Технические характеристики сигнализаторов уровня

Сигнализатор уровня	ОВЕН САУ-М6	ТИТАН-127С-22	СВН-1
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, HART	(4-20) мА
Материал	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь
Максимальная мощность	6 Ватт	6 Ватт	6 Ватт
Температура контролируемой среды	(минус 20 – 120) °С	(минус 40 – 200) °С	(минус 50 – 80) °С
Установка	Вертикальная	Вертикальная, горизонтальная	Вертикальная
Степень защиты	IP44	IP67	IP68

По итогу проведения сравнительного анализа сигнализаторов уровня в дренажной емкости был выбран ТИТАН-127С-22 (рисунок 11), так как он лучше по сравнению с представленными аналогами за счет возможности подключения к HART протоколу, высокой степени защиты и оптимальным диапазоном температуры контролируемой среды. Сигнализатор служит для сигнализации и контроля уровня различных электропроводящих и непроводящих жидкостей и сыпучих сред в резервуарах. Состоит из корпуса с электронным блоком и чувствительным зондом, устанавливается в различных положениях. Сигнализатор может быть установлен в корпус резервуара путем завинчивания крепления в приварной монтажный адаптер [16].



Рисунок 11 – Сигнализатор уровня ТИТАН-127С-22

Закладная выбранного сигнализатора уровня состоит из монтажного адаптера (рисунок 12), выполненного на приварной основе. Корпус выполнен из нержавеющей стали и устойчив к агрессивным средам, а также из-за удобства установления сигнализатора уровня к дренажной ёмкости.



Рисунок 12 – Приварной монтажный адаптер из нержавеющей стали NN–27×2, NN–G3/4"

2.5 Выбор исполнительных механизмов

2.5.1 Выбор насосного агрегатора

Проведем сравнительный анализ следующих дренажных насосов: ЭВНОП 5-30-1200, Н1В 14/80-9/100. Сравнение приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Сравнение характеристик насосов

Критерии выбора	ЭВНОП 5-30-1200	H1B 14/80-9/100
Подача, м ³ /ч	1,25	10
Степень защиты	IP52	IP54
Частота вращения, об/мин	1000	1000
Потребляемая мощность, кВт	7,1	35
Температура среды	(минус 10 – 40)	(минус 15 – 50)

В качестве насосного оборудования для откачки отстоявшейся нефти был выбран насос H1B 14/80-9/100 (рисунок 13). Данный насос обладает необходимыми характеристиками для поставленной задачи откачки нефти [17].



Рисунок 13 – Насос H1B одновинтовой погружной дренажный нефтяной

2.5.2 Выбор подогревающегося кабеля

Проведем сравнительный анализ следующих кабелей: SAMPEG 16-2CR, 33НТР2-ВР. Сравнение приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнение характеристик кабелей

Критерии выбора	SAMPEG 16-2CR	33НТР2-ВР
Напряжение питания, В	(220-240)	(220-240)
Максимальная температура работы, °С	65	65
Минимальная температура работы, °С	Минус 15	Минус 20
Линейная мощность, Вт/м	15	30
Диапазон температуры окружающей среды, °С	(минус 50 – 50)	(минус 60 – 55)

В качестве саморегулирующегося нагревательного кабеля был выбран 33НТР2-ВР (рисунок 14). Данный кабель подходит по всем параметрам для обогрева дренажной ёмкости [18].



Рисунок 14 – Саморегулирующий кабель 33НТР2-ВР

2.6 Создание схемы внешних проводок

Схема внешней проводки изображена в приложении 3. Данная схема показывает подключения нижеупомянутых приборов:

1. APZ 3420 x;
2. Метран 280;
3. Rosemount 3302;
4. Vegason 62;
5. Метран 350;
6. 33НТР2-ВР.

По три провода использовано в качестве передачи от датчиков на щит КИПиА. В качестве кабеля выбран КВВГЭнг (рисунок 15). Данный кабель состоит из жил проводящий ток, выполненных из меди. В качестве изоляции представлена пластмассовая оболочка с защитным покровом. Кабель предназначен для стационарного присоединения к электроприборам и распределительным устройствам с номинальным переменным напряжением до 660 В (частотой до 100 Гц) или постоянным напряжением до 1000 В (температуре окружающей среды от минус 50 °С до 50 °С).

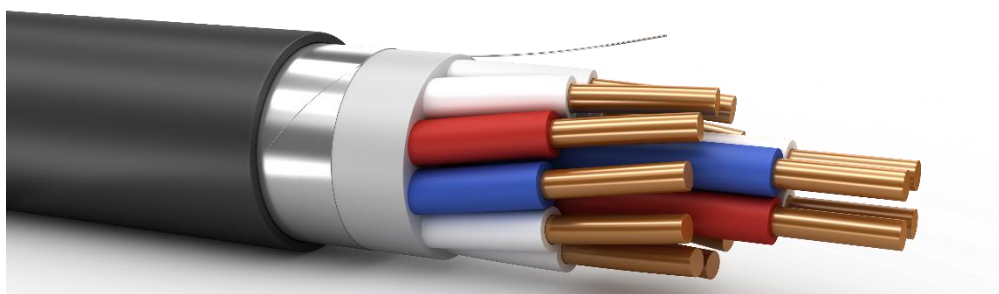


Рисунок 15 – КВВГЭнг

2.7 Моделирование САР уровня содержимого в дренажной ёмкости

Регулируемым параметром технологического процесса является уровень содержимого внутри дренажной емкости. Алгоритм регулирования представлен ПИД-регулированием, так как с помощью него можно достичь хороших характеристик системы: малое время переходного процесса и низкое перерегулирование. ПИД-регулятор представляет собой устройство, которое применяется в контурах управления, оснащенных звеном отрицательной обратной связи.

Принцип работы замкнутого контура регулирования заключается в следующем: уровень содержимого измеряется уровнемером, сигнал с которого поступает на ПЛК и сравнивается с заданным значением (рисунок 16). Затем вычисляется разность между измеренным значением и заданным, т.е. появляется ошибка регулирования. Вычисленный сигнал ошибки регулирования поступает на ПИД-регулятор, с ПИД-регулятора сигнал поступает на частотный преобразователь, который в свою очередь регулирует частоту вращения электропривода. На электропривод сигнал поступает с частотного преобразователя, электропривод оказывает воздействие на регулирующий клапан, который влияет на величину уровня.



Рисунок 16 – Структурная схема САР

Расчёт передаточных функций

Передаточная функция (ПФ) частотного преобразователя [19]:

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

где, $k_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{max}}}{\Delta I} = \frac{50}{16} = 3,125$ – коэффициент передачи частотного преобразователя (т.к. контроллер выдает сигнал от 4 до 20 мА, а преобразователь частоты выдает частоту от 0 до 50 Гц);

$$T_{\text{чп}} = \frac{T_{\text{ог}}}{3} = \frac{0,6}{3} = 0,2 \text{ – постоянная времени частотного преобразователя}$$

(т.к. постоянная времени двигателя составляет 0,6).

ПФ асинхронного мотора имеет вид:

$$W_{\text{AM}} = \frac{k_{\text{AM}}}{T_{\text{AM}} \cdot s + 1}, \quad (2)$$

где, $k_{AM} = \frac{\omega}{f_{\max}} = \frac{200}{50} = 4$ – коэффициент передачи асинхронного мотора

(асинхронный мотор работает в диапазоне скоростей от 0 до 200 рад/с).

$$T_{AM} = \frac{\omega J}{M_{\kappa}} = \frac{200 \cdot 0,3}{50} = 1,2 \quad - \text{ постоянная времени асинхронного}$$

мотора (где, $J = 0,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – момент вращающихся частей двигателя, $M_{\kappa} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – момент силы).

ПФ редуктора:

$$W_P = \frac{1}{i_{ред}} = \frac{1}{72} = 0.138, \quad (3)$$

где, $i_{ред}$ – передаточное число редуктора.

Передаточная функция объекта управления, в которой заложено соотношение уровня от объёма [20]:

$$L = \frac{V}{\pi \cdot r^2}, \quad (4)$$

где, V – объем дренажной ёмкости;

r – радиус дренажной ёмкости.

Тогда получим [21]:

$$L = \frac{3}{3.14 \cdot 0.7} = \frac{1}{0.5128} \text{ м}. \quad (5)$$

С помощью ПИД-регулятора настраиваем модель для обеспечения более гладкого переходного процесса.

Модель автоматического регулирования уровня в ёмкости была разработана в программном обеспечении MATLAB Simulink R2022a. Настройка параметров регулятора выполняется инструментом «PID Tuner» (расположен в окне параметров блока «PID Controller»).

В результате нажатия на кнопку «Tune» открывается новое окно приложения «PID Tuner». Далее, с помощью бегунков «Response Time» и «Transient Behavior» производится настройка модели под лучшие параметры: наименьшее перерегулирование и время переходного процесса.

Найденные коэффициенты ПИД-регулятора представлены на рисунке 17.

Proportional (P):	2.87012202816025
Integral (I):	0.27378533646433
Derivative (D):	5.36412181717563
Filter coefficient (N):	148.991887180888

Рисунок 17 – Коэффициенты ПИД-регулятора

Структурная схема автоматического регулирования уровня в резервуаре приведена на рисунке 18, переходный процесс на рисунке 19.

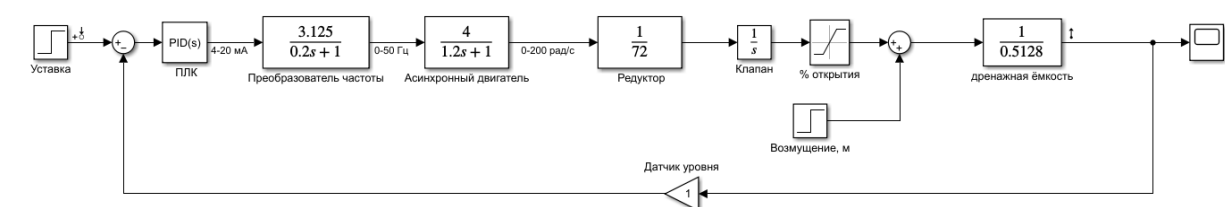


Рисунок 18 – Модель системы в MATLAB6/8/2022

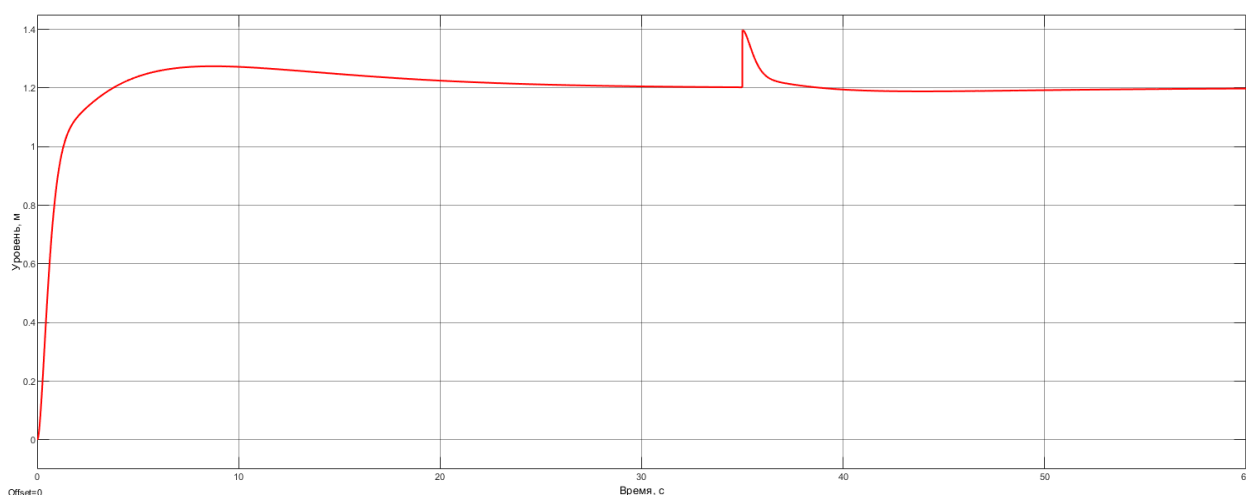


Рисунок 19 – Переходный процесс

Как видно из рисунка 19, время переходного процесса составляет 25 секунд, а перерегулирование составляет порядка 6%, что является для системы приемлемым. Также в систему на 35 секунде ведено возмущение равное 0,2 м.

Система справляется с ним в течение 5 секунд. Вычисляем объем, который необходимо слить за 5 секунд, чтобы система пришла в норму:

$$L = \frac{V}{\pi \cdot r^2}, \quad (6)$$
$$V = L \cdot \pi \cdot r^2 = 0.2 \text{ м} \cdot 3.14 \cdot 0.7 \text{ м}^2 = 0.44 \text{ м}^3.$$

То есть, чтобы справиться с возникшим возмущением, системе необходимо открыть задвижку и слить шлам объемом 0.44 м³ в автоцистерну для утилизации.

Также был разработан алгоритм сбора данных, который представлен в приложение И.

2.8 Разработка экранной формы

Для слежения и управления за технологическим объектом дренажной ёмкости была разработана экранная форма в программной системе TRACE MODE 6, которая приведена в приложении И.

Благодаря данной инструментальной системе на экранной форме наглядно виден технологический объект и все измеряемые параметры в режиме реального времени.

TRACE MODE позволяет подключить к ней все необходимые выбранные датчики автоматизации, так как данное программное обеспечение имеет широкий спектр на выбор аппаратуры нижнего уровня.

Пользователь обладает возможностью задавать установочное значение уровня содержимого дренажной ёмкости и дистанционно управлять клапанами на входе и выходе ёмкости.

При запуске программы пользователю необходимо выполнить авторизацию и открыть необходимую экранную форму.

На мнемосхеме отображается работа следующих объектов и показания приборов:

- давление в трубопроводе на входе и выходе;
- расход жидкости в трубопроводе на входе и выходе;

- уровень содержимого в ёмкости;
- уровни границы сред в ёмкости;
- температура среды в емкости;
- положение регулирующих клапанов.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные потребности результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются нефтяные компании, занимающиеся добычей, переработкой, транспортировкой и экспортом нефти и нефтяных продуктов. Например, ПАО «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз» и др. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная дренажная ёмкость на установке предварительного сброса воды. Разработанная автоматизированная система управления должна обеспечивать автоматизированный и дистанционный контроль и управление в реальном времени технологическим процессом приема, хранения, отпуска нефтепродуктов, а также контроль уровня продукта, его нахождения в заданных нормативных пределах и перевод ёмкости в безопасное состояние при выходе уровня за границы диапазона.

В таблице 11 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» – АО «ТомскНефть», «Б» – ОАО «Сибнефть», «В» – ПАО «Транснефть».

Таблица 11 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Пуско-наладочные работы
Размер компании	Крупные	Б	А, Б	В
	Средние	Б, В	А, Б, В	Б, В
	Мелкие	А	А, В	В

Таким образом, по результатам анализа карты сегментирования можно сделать вывод о том, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по автоматизации ТП у крупных и мелких компаний в области разработки АСУ

ТП и пуско-наладочных работ. Так же привлекательной нишей может стать разработка систем автоматизации с последующей пуско-наладкой у средних компаний.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве. Для оценки сравнительной эффективности ВКР составлена оценочная карта. Данный анализ помогает определить сильные и слабые стороны конкурентов, а также направления для модификации собственной работы. В качестве конкурентных технологических решений выбраны АСУ от компаний ООО «ЭлеСи» ($B_{к1}$) и ООО «Энертон» ($B_{к2}$). Данные компании представляют АСУ, которые основаны на использование устаревших технологий, не связанных единой целостной системой, что снижает стоимость системы в целом. Более того, в настоящее время широкое распространение получили электрические датчики из-за их большего потенциала и таких плюсов электрических измерений, как возможность передачи электрических величин на расстояние, универсальность электрических величин. Решение, предложенное в данной работе ($B_{ф}$), отличается внедрением новых датчиков, которые оснащены HART-технологиями, что позволяет соответствовать индустрии современного мира, а также повысить эргономичность интерфейса.

Согласно оценочной карте, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, возможность модификации, удобство в эксплуатации. Анализируя экономические критерии оценки, можно сделать вывод, что предложенное решение уступает в следующих критериях: цена и затрата на обслуживание. В таблице 12 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

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. Простота внедрения	0,07	3	4	3	0,21	0,28	0,21
2. Простота конструкции	0,05	2	5	4	0,1	0,25	0,2
3. Передача информации на большие расстояния	0,06	5	2	3	0,3	0,12	0,18
4. Надежность	0,09	5	3	2	0,45	0,27	0,18
5. Точность измерения	0,09	4	2	3	0,36	0,18	0,27
6. Универсальность	0,1	4	2	1	0,4	0,2	0,1
7. Уровень шума	0,04	1	4	3	0,04	0,16	0,12
8. Возможность модификации	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
9. Эргономичность интерфейса	0,08	5	1	2	0,4	0,08	0,16
10. Безопасность	0,12	4	2	1	0,48	0,24	0,12
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Цена	0,05	1	4	5	0,05	0,2	0,25
2. Срок службы	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
3. Затраты на обслуживание	0,07	3	4	4	0,21	0,28	0,28
Итого	1	46	41	39	3,83	2,94	2,79

Анализ конкурентных технических решений рассчитываем по формуле (7):

$$K = \sum B_i + B_i, \quad (7)$$

где, K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

3.3 SWOT-анализ

С помощью SWOT–анализа были выявлены и структурированы сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа представлены в форме SWOT-матрицы и занесены в таблицу 13.

Таблица 13 – Результаты SWOT-анализа представление в форме SWOT-матрицы

	Сильные стороны: С1. Современные датчики и исполнительные механизмы. С2. Передача информации на большие расстояния С3. Универсальность. С4. Возможность модификации. С5. Использование экранных форм (мнемосхемы).	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ. Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией. Сл3. Сложность конструкции.
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.	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.	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.

Продолжение таблицы 13

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.	У1С3. Использовать продукцию отечественного производителя. У2У3С4. Модификация производства, что позволит снизить стоимость себестоимости нефти У4С1С3С5. Продвигать продукцию с акцентированием на её достоинствах	У4Сл1. Провести опытно-наладочные работы и продемонстрировать успешность их функционирования.
---	--	--

– 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

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 14.

Таблица 14 – 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	Постановка целей и задач работы	Руководитель, Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Инженер
	8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	Инженер
	9	Выбор средств реализации автоматизированной системы	Инженер
	10	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	11	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	Инженер
	12	Разработка мнемосхемы	Инженер
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

Как можно заметить из таблицы 14, большинство работы было проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь руководителя.

3.4.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоёмкость 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 трудоёмкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (8)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоёмкости 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (9)$$

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

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней были переведены в календарные дни по формуле 10.

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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.

Получили, что $k_{\text{кал}} = 1,221$.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлены до целого числа. Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{p_i}		Длительность работ в календарных днях T_{k_i}	
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	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
Постановка целей и задач работы	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
Описание технологического процесса	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка структурной схемы автоматизированной системы	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка функциональных схем автоматизированной системы	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	6	-
Выбор средств реализации автоматизированной системы	6	-	12	-	8,4	-	8,4	-	10	-

Продолжение таблицы 15

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{p_i}		Длительность работ в календарных днях T_{k_i}	
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
Разработка схемы внешних проводов	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:							42,1	5,6	51	7

3.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научных работ представлен в форме диаграммы Гранта, которая представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{k_i}	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Р, И	1 2	 											
3	Выбор направления исследований	Р, И	1 1	 											
4	Постановка целей и задач работы	Р, И	1 1		 										
5	Календарное планирование работ по теме	Р, И	1 1			 									
6	Описание технологического процесса	И	3												
7	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	И	3												
8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	И	6												
9	Выбор средств реализации автоматизированной системы	И	1 0												
10	Разработка схемы внешних проводок	И	3												
11	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	И	9												
12	Разработка мнемосхемы	И	9												
13	Составление пояснительной записки	Р, И	2 5									 			

■ – руководитель ■ – инженер

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, m \quad (12)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 17 сведены сведения о материальных затратах на научные исследования.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ноутбук Asus X560U	шт.	1	38 000	38000
Мышь	шт.	1	1290	1290
Итого	39 290			

3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице 18.

Таблица 18 – 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 2022	1	16 667	16 667
2	Microsoft Office	1	9 978	9 978
3	MATLAB	1	6 737	6 737
4	TRACE MODE IDE6 (base)	1	6 976	6 976
Итого:				40 358

3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данной работе учитывается 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 НТИ, и дополнительная заработная плата:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (13)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_p, \quad (14)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (15)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени (Fd)	243	271

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p, \quad (16)$$

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

k_{np} – 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 20.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	k_{np}	k_{∂}	k_p	$З_m$, руб.	$З_{\partial n}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	32962	0,3	0,3	1,3	68560,96	2934,3	5,6	16432,1
Инженер	19200	0,3	0,3	1,3	39936	1532,6	42,1	64522,5
Итого:								80954,6

По результату расчёта основной заработной платы у студента получилась самая высокая основная заработная плата – это связано с числом рабочих дней, затраченных на разработку проекта.

3.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\partial on} = k_{\partial on} \cdot З_{осн}, \quad (17)$$

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

В таблице 21 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 21 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$З_{осн}$, руб	$k_{\partial on}$	$З_{\partial on}$, руб
Руководитель	16432,1	0,12	1971,9
Студент	64522,5	0,12	7742,7
Итого:			9714,6

Поскольку расчет дополнительной заработной платы представляет собой умножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился схожим с тем, что мы получили при расчёте основной заработной платы.

3.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (18)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработанная плата, руб.	Дополнительная заработанная плата, руб.
Руководитель	16432,1	1971,9
Студент	64522,5	7742,7
Отчисления во внебюджетные фонды	30 %	
Итого		
Руководитель	5521,2	
Студент	21679,6	
Итого	27200,8	

По итогу отчисления во внебюджетные фонды составит: 27200,8 руб.

3.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

Их величина определяется по следующей формуле:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (39290 + 40358 + 80954,6 + 9714,6 + 27200,8) = 31602,88 \text{ руб.}$$

3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	39 290
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40 358
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	80954,6
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9714,6
5. Отчисления во внебюджетные фонды	27200,8
6. Накладные расходы	31602,9
7. Бюджет затрат НТИ	229120,9

В ходе формирования бюджета затрат на НТИ вышло, что затраты составляют: 229121 руб.

3.7 определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

где $I_{финр}^{исп.i}$ – 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 «ЭлеСи» равняется 250000 руб., а в компании «Энертон» – 270000 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{«ЭлеСи»}$	$I_{финр}^{«Энертон»}$
Студент с руководителем	229121 руб.	270000 руб.	0,85	0,92	1
«ЭлеСи»	250000 руб.				
«Энертон»	270000 руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с преподавателем	«ЭлеСи»	«Энертон»
Способствует росту производительности 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 26.

Таблица 26 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{студент}$	$I_{«ЭлеСи»}$	$I_{«Энертон»}$
4,4	4,45	4,35

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}}, \quad (21)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{исп.студент}$	$I_{исп."ЭлеСи"}$	$I_{исп."Энертон"}$
5,17	4,83	4,35

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.студент}}, \quad (22)$$

В таблице 28 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработанный вариант	«ЭлеСи»	«Энертон»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	0,92	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

Исходя из полученных данных таблицы 28, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

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

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Среди выявленных конкурентов: ООО «ЭлеСи» и ООО «Энертон». Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам уровню шума и затратам на оборудование, однако выигрывает за счёт ремонтпригодности, надежности, точности измерения и возможности гибкого модифицирования.

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 НТИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и студента различны, у студента больше. Это связано с тем, что у студента при меньшем окладе, большее число рабочих

дней. Также в общем бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 229121 руб.

6. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект автоматизации управления дренажной ёмкостью достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «Энертон» и «ЭлеСи».

4 Социальная часть

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается модельное исследование автоматизированной системы управления дренажной ёмкостью на УПСВ. Дренажная ёмкость размещается в полевых условиях, в данном случае надземным образом. Климат расположения отличается умеренно влажной географической зоной с длинными зимами и высоким среднегодовым уровнем осадков, диапазон температур которых составляет от -60°C до 60°C .

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала за счет подобранных датчиков, контроллерного оборудования, исполнительных устройств и алгоритмов управления. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. При наиболее вероятных авариях происходит выброс опасных веществ, приводящих к загрязнению атмосферного воздуха, а также происходит образование разлива нефтешлама.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основные положения отношений между сотрудником и организацией, такие как оплата труда, режим рабочего времени, перерывы в работе, выходные и нерабочие праздничные дни и другие, описываются в трудовом кодексе РФ [22]. Помимо этого, трудовая деятельность осуществляется согласно иным федеральным законам: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, нормативные правовые акты органов местного самоуправления и т.д.

Режим рабочего времени предусматривает пятидневную рабочую неделю в два выходных дня, продолжительность рабочего времени – не более 40 часов в неделю. Также исходя из того, что для работы используется персональный компьютер, предусмотрены 2 перерыва по 15 минут: через 2 часа после начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва.

Условия труда оператора технологических установок относятся ко второму классу (допустимые условия труда) согласно Федеральному закону от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [23].

Согласно ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина» при создании рабочего места оператора следует учитывать [24]:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032- 78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [25]. 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» [26]. Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для женщин и мужчин должна соответствовать требованиям.

4.2 Производственная безопасность

В данном пункте был произведён анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [27]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Возможные опасные и вредные факторы в операторской АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [27]	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» [28]

Продолжение таблицы 29

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [27]	Нормативные документы
2. Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [29]
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» [29]
4. Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка (50-60) Гц)	СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [30]
5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [31]

4.3 Анализ вредных факторов

4.3.1 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение

аппетита, боли в ушах и т. д. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервнопсихическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Источником шума на УПСВ является работающее оборудование (клапаны, электроприводы, насосы и т.д.) и газожидкостная смесь, перемещающаяся по трубопроводу под большим давлением. Для предотвращения влияния данного фактора на технический персонал, необходимо делать перерыв за пределами шумного помещения, а также носить шумоподавляющие наушники.

Допустимые значения звукового давления согласно санитарным нормам [29] представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентны еуровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
99	95	87	82	78	75	73	71	69	80

4.3.2 Повышенный уровень общей вибрации

Анализ показателей норм вибрации определяется в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [29].

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 на рабочем месте оператора технологических установок присутствует общая производственная вибрация (технологическая вибрация на стационарных рабочих местах).

При внедрении автоматизированной системы управления дренажной ёмкости вибрация может появиться вследствие наличия вибрации на участке с объектами управления, которая передается в операторное помещение.

Предельно допустимые значения вибрации для автоматизированного рабочего места оператора дренажной ёмкости представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест для оператора технологической установки согласно СанПиН 1.2.3685-21

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Фильтр частотной коррекции	Эквивалентный корректированные уровни виброускорения	
				m/c^2	дБ
Общая	Технологическая вибрация на стационарных рабочих местах	Zo	Wk	0,1	100
		Xo, Yo	Wd	0,071	97

Для снижения воздействия этого фактора используются: виброизолирующие рукавицы и виброизолирующая обувь.

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

Работа оператора АСУ ТП в основном связана с работой за персональным компьютером. В следствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям. Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [30].

Для снижения воздействия данного типа излучения предпринимают меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение специализированных очков от электромагнитного излучения.

4.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Причиной возникновения данного фактора является отсутствие возможности организации естественного освещения в диспетчерских помещениях. Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к снижению работоспособности, развитию близорукости, быстрой утомляемости.

В помещении операторной в качестве искусственного освещения используются светильники с люминесцентными лампами. Нормы освещенности приведены в СП 52.13330.2016 [31], освещенность рабочего места оператора ТУ должна составлять (300 – 500) Лк. при общем освещении.

Коэффициент пульсации освещения — параметр, который отражает силу изменения светового потока, направляемого на единицу поверхности в определенный временной промежуток.

Стоит учесть, что существующими санитарными правилами установлен верхний лимит на параметр коэффициента пульсации. В месте организации рабочего места он не должен быть выше 20%. При этом, чем более ответственный вид деятельности у работника, тем ниже должен быть этот параметр.

Для офисных помещений и административных зданий, где подразумевается напряженный зрительный труд, коэффициент пульсации не должен быть больше 5 %.

При этом опасность света как раз и заключается в том, что его нельзя

распознать, но результатом действия может стать расстройство сна, слабость, депрессия, сбои в работе сердца, дискомфорт и так далее.

В зимний период вследствие укороченного светового дня и недостаточного естественного освещения необходимо использовать искусственное освещение. Освещенность рабочего места в норму достигается периодическим мытьем окон, подстриганием веток деревьев.

4.4 Анализ опасных факторов

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

Источником возникновения фактора может являться электричество для питания компьютерной техники и дренажных насосов. Причиной может стать прикосновение к частям двигателей, стенам и полу, оказавшимся под напряжением. Также имеется опасность короткого замыкания. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Несоблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [28] может привести к смертельному исходу. Предельно допустимые значения силы переменного и постоянного тока и напряжения представлены в таблице 32.

Таблица 32 – 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

Мерами защиты являются изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания. Необходимо разместить предупредительные знаки и плакаты безопасности.

4.5 Экологическая безопасность

Атмосфера. Источником загрязнения являются легкие фракции углеводородов продуктов нефтепромысла, которые могут испаряться в окружающую среду при недостаточной герметичности частей установки. Основным методом предупреждения – модернизация систем транспорта и поддержании их в оптимальном состоянии благодаря постоянной проверке всех основных узлов системы: резервуаров, трубопроводов. Добиться этого можно, если своевременно устранять неплотности в конструкциях и соединительных швах резервуаров, постоянно проверять наличие прокладок во всех соединениях труб, контролировать качество используемой аппаратуры.

Литосфера. Загрязнение почвы нефтехимическими веществами может возникать в случае аварийных ситуаций (разливов вдоль трасс трубопроводов и утечек нефти), при ремонте оборудования, при зачистке трубопроводов. Загрязненный грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания. Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором для того, чтобы предотвратить загрязнение почв.

Селитебная зона. Воздействие на селитебную зону не происходит.

Гидросфера. Попадание нефти в водоемы может возникать в случае аварий, утечек или ремонта. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе эксплуатации дренажной ёмкости возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций: утечка нефтешлама, пожар, взрыв, природные катастрофы (наводнение, цунами, ураганы и т.д), а также

геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.).

Наиболее вероятным ЧС может являться разлив нефтешлама.

При разливе используются способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства. Наиболее отработанными, часто используемыми и в то же время достаточно эффективными, являются следующие способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях:

- захоронение и термообезвреживание;
- механическая очистка;
- агротехническая и биологическая мелиорация;
- биологическое разложение нефтепродуктов.

Захоронение и термообезвреживание грунтов, загрязненных нефтепродуктами, может быть использовано только в крайних случаях, при невозможности применения других методов и для ограниченных объёмов грунта. Механическая очистка может быть применена для всех случаев сильного загрязнения почвогрунтов на локальных участках с проникновением нефтепродуктов на глубину до 10 см. Сбор и утилизация разлитого нефтепродукта осуществляется с соблюдением действующих правил и инструкций по обращению с воспламеняющимися жидкостями согласно требованиям, СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [32]. Места разлива зачищаются путем снятия слоя земли глубиной, превышающей на (1 – 2) см проникновение его в грунт. Агротехническая и биологическая мелиорация представляет собой механическую обработку земель (вспашку, рыхление и т.д.), т.е. меры, направленные на усиление аэрации нарушенных почв и стимуляцию биохимических процессов разложения нефтепродуктов (внесение удобрений, засев травосмесями). Методы биологической деструкции являются самыми современными способами очистки нефтезагрязненных земель и вод. Они подразделяются на:

- микробиологические – основаны на способности микроорганизмов ассимилировать нефтепродукты, что используется путем внесения их в почву в форме различных препаратов в виде водной суспензии или на пористом носителе (цеолите, активном угле);
- ферментативные – повышающие способность аборигенных микроорганизмов ассимилировать нефтепродукты;
- сорбционные – основаны на физико-химическом преобразовании загрязнённого грунта в нейтральный материал (порошкообразный, типа стекловаты и др.);
- биовентиляция – чрезвычайно экологичный способ, основанный на технологии биоаэрации. Сущность метода состоит в том, что через специальные скважины нагнетается воздух для активизации почвенных бактерий, разлагающих органические загрязнения до воды и CO₂.

Вывод по разделу социальная ответственность

В результате работы над данным разделом обеспечение безопасности на производстве является очень сложным и ответственным процессом, преимущественно это относится к предприятиям нефтегазовой отрасли, которая отличается своими повышенными рисками возникновения чрезвычайных ситуаций, а также имеет немалый спектр возможных вредных и опасных факторов, которые могут нанести вред жизни и здоровью рабочего персонала.

В результате выполнения данного раздела были определены меры обеспечения безопасности, которые снизят риски для работника и повысят его работоспособность. Было определено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Согласно ПУЭ, помещение по электробезопасности относится ко второй категории (помещение с повышенной опасностью).

Группа персонала по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок должна иметь III группу по электробезопасности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 определена IIa категория тяжести труда, это работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения, диапазон температуры воздуха ниже оптимальных величин – 18-19,9°C, выше оптимальных величин – 22,1-27°C.

Согласно СП 12.13130.2009, помещение рабочей зоны относится к категории А (повышенная взрывопожароопасность) из-за легковоспламеняющихся жидкостей, обращающихся в помещении.

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

Результатом выполнения выпускной квалифицированной работы стала автоматизированная система управления дренажной ёмкости на установке предварительного сброса воды. В ходе разработки проекта был изучен технологический процесс, происходящий в ёмкости, то есть хранение нефтешлама, сброс шлама и отстой нефти.

Были выполнены структурная и функциональная схемы, которые описывают состав выбранного оборудования датчиков КИПиА, функциональные и структурные связи каналов передачи данных. Был подобран полный состав датчиков автоматизации, которые способны выполнить достоверное измерение параметров технологического процесса.

Для мониторинга и управления объектом была сформирована мнемосхема, которая отображает экранную форму технологического процесса, необходимые параметры и сигнализацию. Для отображения системы передачи сигналов на щит КИПиА от полевых устройств была разработана схема внешних проводок. На данной схеме отображены все выбранные ранее датчики автоматизации.

Таким образом, спроектированная автоматизированная система управления дренажной ёмкости имеет высокую гибкость за счет использования модульного ПЛК с высоким быстродействием, точные измерения параметров за счет современного технического оборудования, а также надежную систему управления и слежения за счет спроектированной экранной формы SCADA-системы.

Список литературы

1. Термин автоматизация [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация>.
2. ГОСТ 34.602-89 (Техническое задание на создание автоматизированной системы). – Введ.1990-01-01.: Изд-во стандартов, 2009.– 11 с.
3. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Введ.2014-01-11.: Изд-во стандартов, 2015.–26 с.
4. Информационное обеспечение [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://ritm.pro/informacionnoe-obespechenie-i-informacionnye-funkcii-sistemy-avtomatizacii>
5. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. – Введ.2017-01-04.: Изд-во стандартов, 2016.–226 с.
6. ГОСТ Р 8.903-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений. – Введ.2016-01-07.: Изд-во стандартов, 2017.–34 с.
7. Ёмкость подземная [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: https://kompensator.by/Emkosti_podzemnie.
8. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). Москва: Изд-во стандартов, 2013.
9. Преимущества SIEMENS SIMATIC S7-1200 [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://www.mege.ru/reviews/siemens/programmiruemye-kontrollery/>.
10. Руководство по эксплуатации Rosemount 2040 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL:

<https://www.emerson.com/documents/automation/руководство-по-эксплуатации-датчик-температуры-2240-ru-ru-175350.pdf>

11. Руководство по эксплуатации СЕНТ ПТ (Modbus) [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://www.nppsensor.ru/product/150/specification>.

12. Руководство по эксплуатации Метран 280 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-280-ru-ru>.

13. Расходомеры электромагнитные Метран-370 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://www.emerson.ru/documents/automation/расходомерыэлектромагнитные-метран-370-ru-4848934.pdf>.

14. Руководство по эксплуатации Vegason 62 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: https://ozlib.com/806620/himiya/ultrazvukovye_datchiki_urovnya.

15. Руководство по эксплуатации Rosemount 3302 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/техническое-описание-измерение-уровня-границы-раздела-двух-сред-с-помощью-волоноводных-радарных-уровнемеров-rosemount-ru-ru-79102.pdf>

16. Руководство по эксплуатации ТИТАН-127С-22 [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: https://www.tek-know.ru/old/images/ruk_ekc/re_titan-127c_v2.pdf.

17. Руководство по эксплуатации дренажного насоса [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://www.hms-livgidromash.ru/catalog/nasosy-n1v-odnovintovye-pogruzhnye-drenazhnye-neftyanye.html>.

18. Саморегулирующаяся нагревательная лента 33НТР2-ВТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: –URL: <https://samoreg.com/product/33http2-bt/>

19. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 156 с. (Дата обращения 11.04.2022 г.).
20. Расчет объема ёмкости [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://prostroymaterialy.com/kak-rasschitat-obem-emkosti-razlichnoy-formy/>.
21. Емкость подземная ЕП-3, ЕПП-3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://profil-arma.ru/emkostnoe-oborudovanie/emkosti-podzemnye-ep-epp/emkost-ep-3-epp-3/>.
22. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 февраля 2022 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>.
23. Федеральный закон о специальной оценке условий труда (с изменением на 30 декабря 2020 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>.
24. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1977. – 16 с.
25. 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.
26. 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.
27. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
28. 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>.

29. 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.

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

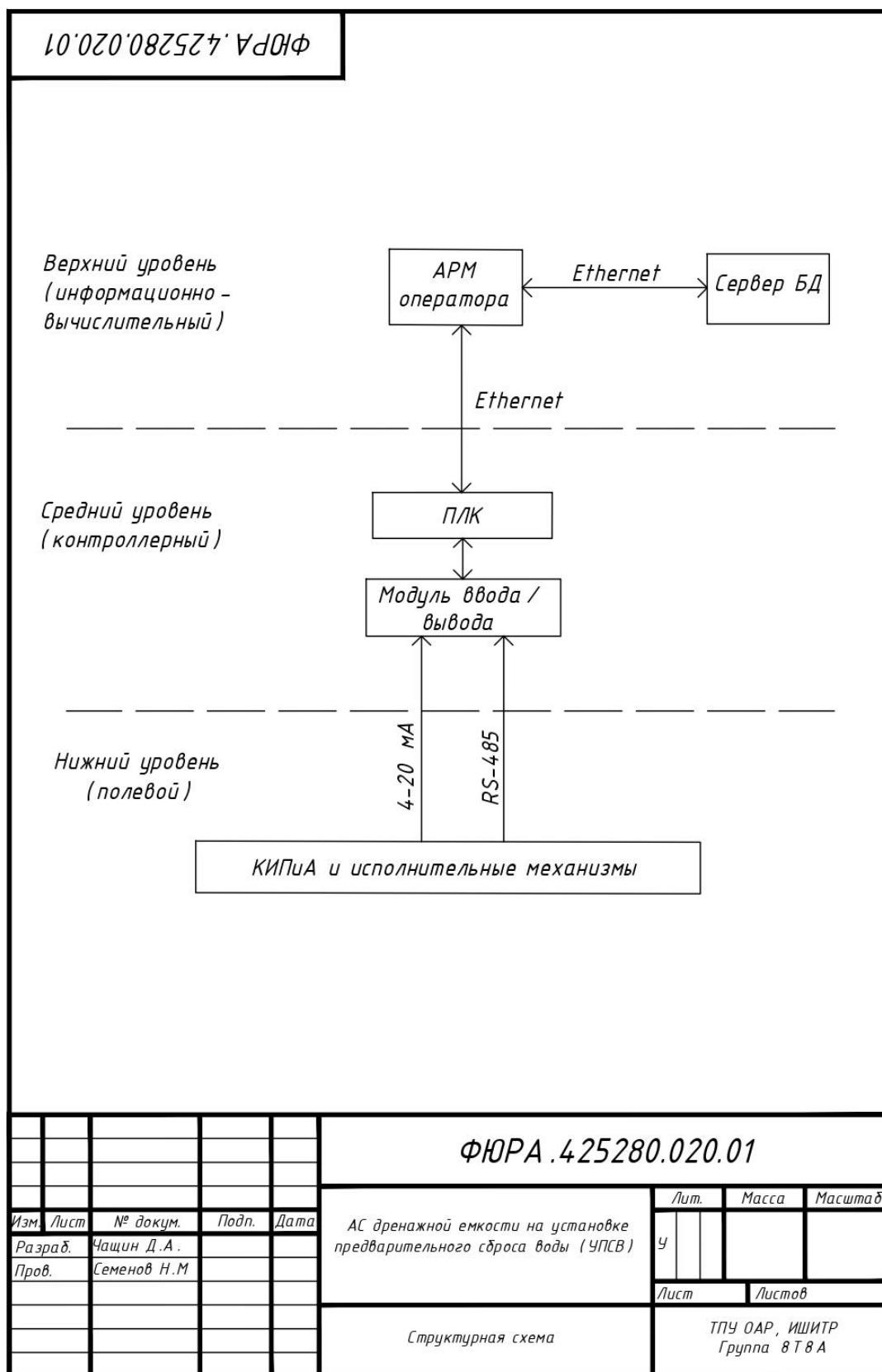
31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.

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

Приложение А

(обязательное)

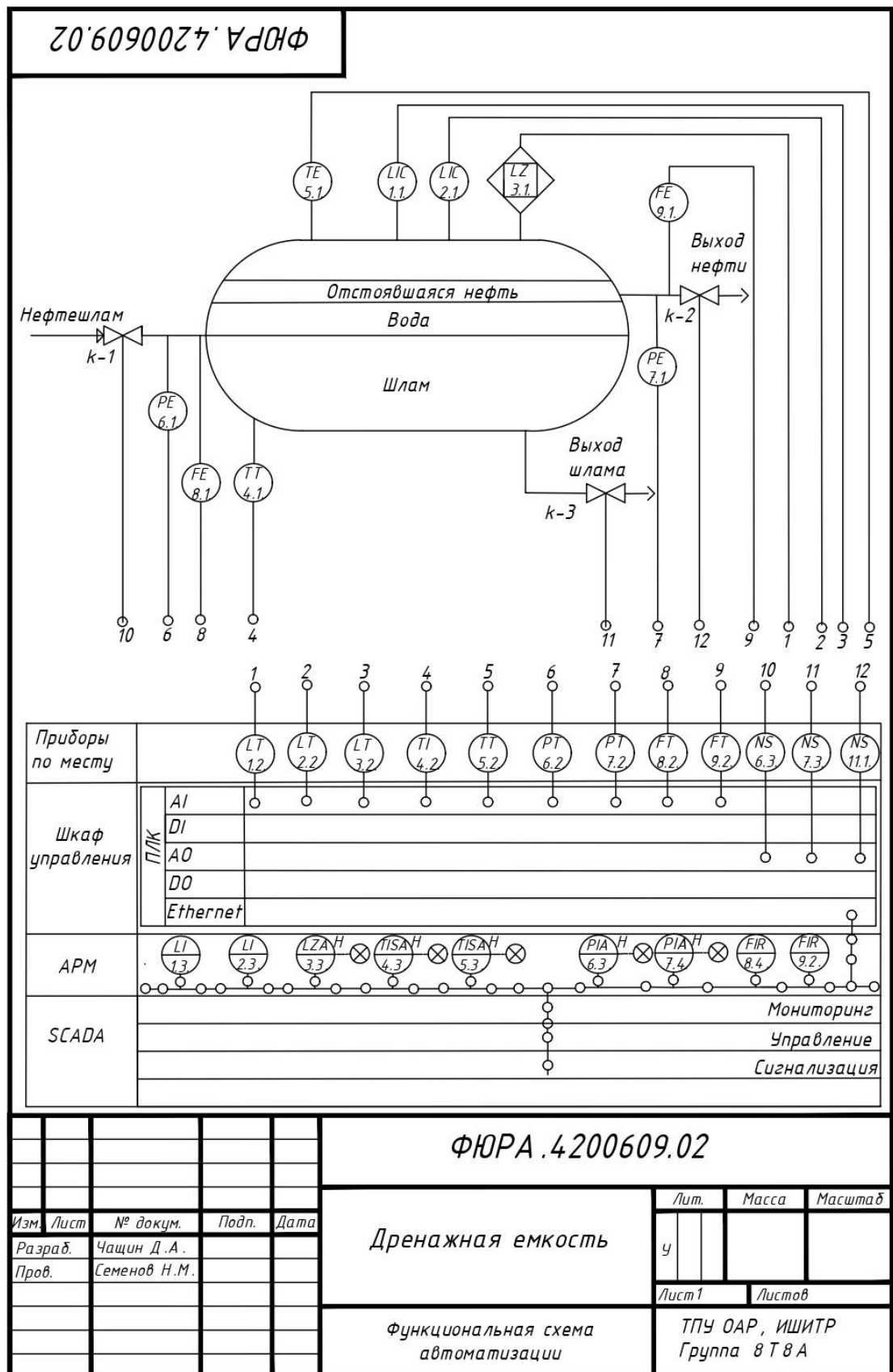
Структурная схема автоматизации



Приложение Б

(обязательное)

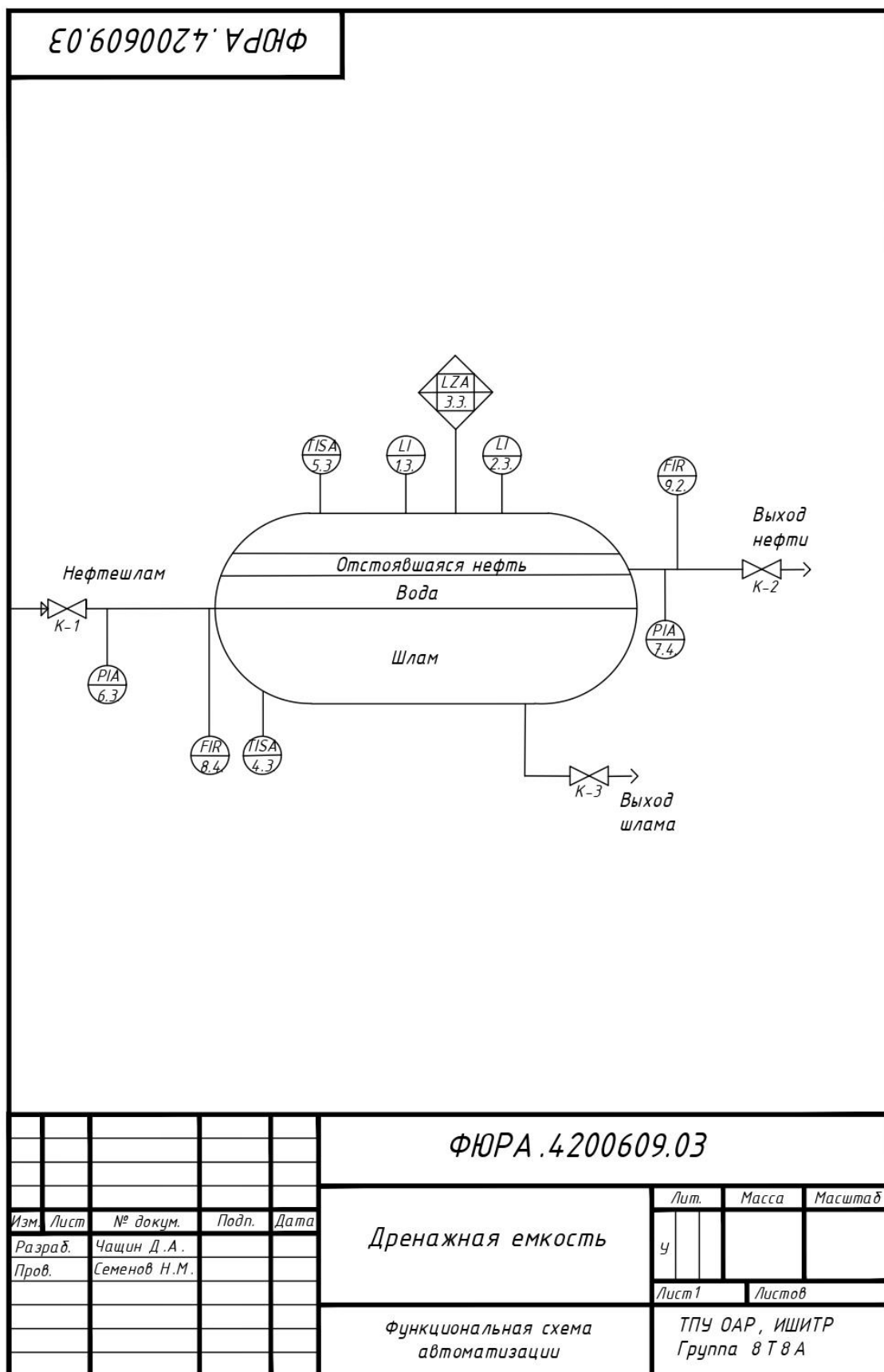
Функциональная схема автоматизации



Приложение В

(обязательное)

Упрощённая функциональная схема автоматизации



Приложение Г

(обязательное)

Опросный лист датчика температуры

Общая информация			
Предприятие *: <u>Томский политехнический университет</u>		Дата заполнения: <u>21.12.21</u>	
Контактное лицо *: <u>Чашин Данил Александрович</u>		Тел. / факс *: <u>89996197349</u>	
Адрес *: <u>Томск, ул. Вершинина 39А</u>		E-mail: <u>dac20@tpu.ru</u>	
Опросный лист № <u>1</u>	Позиция по проекту (тэг): <u>1</u>	Количество *: <u>1</u>	
Параметры измеряемой и окружающей среды			
Измеряемая среда: <u>Нефтешлам</u>		Фазовое состояние: ☐ газ ☒ жидкость	
Диапазон измеряемых температур, С*	Мин <u>-50</u>	Макс <u>500</u>	
Давление измеряемой среды, МПа*	<u>0,4</u>		
Скорость потока измеряемой среды, м/с			
Диапазон окружающих температур, °С	Мин <u>-40</u>	Макс <u>+70</u>	
Датчик температуры			
☐ Rosemount (Emerson) *		☒ <u>Метран</u> *	
Первичный преобразователь (ПП), без защитной гильзы			
☐ Требуется *	☐ Не требуется *	☒ Требуется *	☐ Не требуется *
Тип чувствительного элемента (ЧЭ)		Тип чувствительного элемента (ЧЭ)	
☐ Термопара	☐ Термометр сопротивления	☒ Термопара	☐ Термометр сопротивления
Количество чувствительных элементов		Количество чувствительных элементов	
☐ 1 ☐ 2		☒ 1 ☐ 2	
Номинальная статическая характеристика (НСХ) *		Номинальная статическая характеристика (НСХ) *	
☐ К ☐ N ☐ Pt100		☒ К ☐ В ☐ N	☐ 50М ☐ 100М ☐ 50П
☐ J ☐ (другие НСХ)	☐ (другие НСХ)	☐ L ☐ R ☐ S ☐ (другие НСХ)	☐ 100П ☐ Pt100 ☐ (другие НСХ)
Рабочий спай		Рабочий спай	
☐ изолированный		☒ изолированный	
☐ неизолированный		☐ неизолированный	
Класс допуска		Класс допуска	
1	☐ А ☐ В	☐ 1 ☒ 2	☐ А ☐ В ☐ С
Схема соединений		Схема соединений	
2-хпроводная	☐ 2-хпроводная	2-хпроводная	☐ 2-хпроводная
	☐ 3-хпроводная		☐ 3-хпроводная
	☐ 4-хпроводная		☐ 4-хпроводная
Диаметр оболочки ЧЭ		Диаметр защитной арматуры (без защитной гильзы)	
6мм		☐ 20мм ☒ 10мм ☐ 8мм ☐ 6мм ☐ 5мм ☐ 3мм	
Глубина погружения (длина монтажной части)*		Глубина погружения (длина монтажной части)*	
☐ мм		<u>160</u> мм	

<i>Материал оболочки кабеля</i>		<i>Материал защитной арматуры</i>	
321 SST (HCX J) Inconell 600 (HCX K) Microbell B (HCX N)	316/321 SST	☒ 12X18H10T ☐ 10X17H13M2T ☐ 15X25T ☐ XH78T ☐ 10X23H18 ☐ Латунь ☐ XH45Ю ☐ (другие мат-лы)	
<i>Способ крепления первичного преобразователя</i>		<i>Способ крепления первичного преобразователя*</i>	
☐ 1/2" NPT ☐ (другая резьба) ☐ Без резьбы		☒ M20x1.5 ☐ (другая резьба) ☐ Без резьбы	
		☐ Фланец ☐ Вварной	
Rosemount (Emerson)		Метран	
Защитная гильза			
Требуется*: ☐ Трубчатая (max D=9..12мм)		Требуется*: ☐ Сварная (до 25 МПа) ☐ Цельноточеная (до 50 МПа)	
☐ Литая коническая (max D=17..26,5мм) ☐ Литая вварная		☐ Фланцевая (до 16 МПа) ☐ Вварная (до 50 МПа)	
☐ Не требуется*		☒ Не требуется*	
<i>Материал защитной гильзы</i> ☐		<i>Материал защитной гильзы</i> ☐	
<i>Способ установки на объекте*</i>		<i>Способ установки на объекте*</i>	
☐ Резьба ☐ Фланец ☐ Вварной		☐ Резьба ☒ Фланец	
Соединительная головка			
☐ Требуется* ☐ Не требуется*		☒ Требуется* ☐ Не требуется* (удлин. провода мм)	
<i>Материал соединительной головки</i>		<i>Материал соединительной головки</i>	
☐ Алюминиевый сплав ☐ Нержавеющая сталь		☐ Полиамид Технамид® ☐ Пластик АБС ☒ Алюминиевый сплав	
<i>Резьба кабельного ввода</i>		<i>Резьба кабельного ввода</i>	
☐ 1/2" NPT ☐ M20x1.5		M20x1.5	
<i>Степень защиты от воздействия пыли и воды</i>		<i>Степень защиты от воздействия пыли и воды</i>	
☐ IP65 ☐ IP68		☒ IP65 ☐ IP5X	
Измерительный преобразователь			
Требуется для монтажа*: ☐ В соединительную головку ПП		☒ Требуется* (только встроенный в соединительную головку ПП)	
☐ На DIN рейку ☐ На кронштейн ☐ Не требуется*		☐ Не требуется*	
<i>Входной сигнал</i>		<i>Входной сигнал</i>	
☐ К ☐ N ☐ Pt100 ☐ J ☐ (другие HCX)		Определяется типом выбранного первичного преобразователя	
<i>Выходной сигнал*</i>		<i>Выходной сигнал*</i>	
☐ 4-20+HART ☐ Foundation Fieldbus ☐ HART Wireless		☐ 4-20мА ☐ 0-5мА ☒ 4-20+HART	
<i>Наличие индикации</i>		<i>Местная индикация отсутствует</i>	
☐ Требуется ☐ Не требуется			
Взрывозащита			
Требуется*: ☐ Искробезопасная электрическая цепь Exia		Требуется*: ☒ Искробезопасная электрическая цепь Exia	
☐ Взрывонепроницаемая оболочка Exd (указать внешний диаметр кабеля мм)		Взрывонепроницаемая оболочка Exd: ☐ Кабельный ввод для бронированного кабеля – БК	
☐ Не требуется*		☐ Кабельный ввод для трубного монтажа – ТБ	
		☐ Не требуется*	

Предел допускаемой основной погрешности	
Первичного преобразователя (ПП)	± 0.1 (для датчиков серий Метран-270, -270МП, -2700, -280)
Класс допуска указывается в разделе «Первичный преобразователь»	
Измерительного преобразователя (ИП)	
$\pm \text{ }^{\circ}\text{C}$	
Сборки ПП+ИП	
$\pm \text{ }^{\circ}\text{C}$	
Дополнительные требования	

Приложение Д

(обязательное)

Опросный лист датчика давления

Общая информация			
Предприятие *: <u>ТПУ</u>		Дата заполнения: <u>21.12.2021</u>	
Контактное лицо *: <u>Чашин Д.А.</u>		Тел. / факс *: <u>89996197349</u>	
Адрес *: <u>Вершинина 39А</u>		E-mail: <u>dac20@tpu.ru</u>	
Опросный лист № <u>2</u>	Позиция по проекту (тэг): <u>2</u>	Количество *: <u>2</u>	
Параметры процесса			
Измеряемый параметр *	☐ Избыточное давление ☐ Разрежение ☒ Абсолютное давление ☐ Гидростатическое давление ☐ Перепад давления		
Измеряемая среда	<u>Нефтьшлам</u>		
Диапазон измерения (шкала прибора) *	от <u>0.1</u> до <u>60 МПа</u>		
Требуемая основная приведенная погрешность измерения	<u>0,2</u>		
Температура окружающей среды	от <u>-50</u> до <u>+85</u> °C		
Температура измеряемой среды	от <u>-40</u> до <u>125</u> °C		
Рабочее избыточное давление (для датчиков перепада и гидростатического давления) *	☐		
Требования к датчику			
Выходной сигнал *	☒ 4-20 мА + HART ☐ 0-5 мА		☐ обратный ☐ квадратный корень (только для датчиков разности давлений)
Соединение с технологическим процессом *	Резьбовое подключение		
	☒ M20x1,5		☐ ниппель с накидной гайкой материал ниппеля:
	☐ K 1/2" ☐ K 1/4"	☒ 1/2"-14 NPT ☒ 1/4"-18 NPT	☒ наружная резьба ☒ внутренняя резьба
	Фланцевое соединение, ГОСТ 12815-80, исполнение 2		
	☒ DN 50 ☐ DN 80		☐ PN 6 (только для DN 50) ☐ PN 40
☐ другое (сборка с разделительной мембраной 1199) Описание соединения:			
Электрическое подключение	☐ электрический разъем (вилка 2РМГ14, розетка 2РМ14) ☒ электрический разъем (вилка 2РМГ22, розетка 2РМ22) ☐ штепсельный разъем DIN		
	Кабельный ввод		
	☐ никелированная латунь ☒ нержавеющая сталь ☐ полиамид		☐ небронированный кабель ☐ бронированный кабель
Требования к исполнению датчика			
Исполнение по взрывозащите	☐ взрывонепр. оболочка (Ex d) ☒ искробезопасная цепь (Ex ia)		☐ комбинированное (Ex ia и Ex d) ☐ общепромышленное
Дополнительные опции			
☒ встроенный ЖК-индикатор ☐ кнопки для конфигурирования		☐ клапанный блок	☐ в сборе с клапанным блоком серия
☐ кронштейн для крепления датчика на трубе ø50 мм ☐ кронштейн для установки датчика на плоской поверхности			количество вентилей
☒ гарантия 5 лет			☐ кронштейн для крепления клапанного блока на трубе ø50 мм
☐ дополнительная маркировочная табличка на проволоке			
Примечания:			

Приложение Е

(обязательное)

Опросный лист датчика расхода

Общая информация					
Предприятие *: <u>Томский политехнический университет</u>				Дата заполнения: <u>05.06.2022</u>	
Контактное лицо *: <u>Чашин Данил Александрович</u>				Тел. / факс *: <u>89996197349</u>	
Адрес *: <u>Вершинина 39А</u>				E-mail: <u>dac20@tpu.ru</u>	
Опросный лист № <u>3</u>		Позиция по проекту: <u>3</u>		Количество *: <u>2</u>	
Информация об измеряемой среде					
Измеряемая среда *: <u>нефть</u>				Фазовое состояние *: ☐ газ ☒ жидкость ☐ пар	
Информация о процессе					
Измеряемый расход *	Мин <u>0,1</u>	Ном <u> </u>	Макс <u>15</u>	☒ м3/ч (в рабочих условиях) ☐ кг/ч ☐ м3/ч (приведенный к стандартным условиям) <u> </u> прочие единицы	
Давление избыточное *	Мин <u>0,1</u>	Ном <u> </u>	Макс <u>20</u>	☐ кгс/см2 ☐ МПа ☐ кПа	
Температура среды *	Мин <u>-40</u>	ном <u> </u>	Макс <u>65</u>	° С	
Плотность *	Мин <u>0,73</u>	Ном <u> </u>	Макс <u>1,04</u>	кг/м3	
Вязкость *	Мин <u>40</u>	Ном <u> </u>	Макс <u>60</u>	☒ мм2/с ☐ сСт	
Информация о трубопроводе в месте установки расходомера					
Внутренний диаметр трубопровода *: <u>20</u> мм		Толщина стенки: <u>3,5</u> мм		Материал (марка стали): <u>20</u>	
Ориентация трубопровода *: ☐ вверх ☐ вниз		☒ горизонтальный; ☐ вертикальный (направление потока: <u> </u>)			
Длины прямых участков трубопровода в месте установки: до расходомера <u>0,5</u> м; после расходомера <u>0,5</u> м					
Местные сопротивления до расходомера (<u>одиночное</u> колено, группа колен в одной плоскости /разных плоскостях, задвижка <u>полнопроходная/неполнопроходная</u> , сужение/расширение трубопровода) <u> </u>					
Требования к исполнению расходомера					
На выходе расходомера требуется получать расход в *: ☒ м3/ч (в рабочих условиях) ☐ кг/ч <u> </u> прочие единицы				☒ м3/ч (приведенный к стандартным условиям)	
Основная относительная погрешность измерения расхода не более				<u>0,5</u> %	
Температура окружающей среды: от <u>-40</u> до <u>65</u> ° С					
Исполнение по взрывозащите:		☐ без взрывозащиты ☒ взрывонепр. оболочка ☐ искробезопасная цепь			
Эксплуатация расходомера: <u> </u>		☒ отдельно технологический ☐ в составе узла учета (тип: ☐ коммерческий ☐ технологический)			
Желаемый монтаж преобразователя и первичного сенсора:		☐ интегральный ☒ удаленный (импульсные линии)			

Приложение Ж

(обязательное)

Опросный лист датчика уровня

Информация о заказчике			
Предприятие *: <u>ТПУ</u>		Промышленность: <u>Нефтегазовая</u>	
Адрес: <u>Вершинина 39А</u>		Тел. / факс *: <u>89996197349</u>	e-mail: <u>dac20@tpu.ru</u>
Контактное лицо: * <u>Чашин Данил Александрович</u>		Должность: <u>Студент</u>	

Требуемое измерение *	Требования к уровнемеру
☒ Уровень ☐ Раздел фаз ☐ Объем ☐ (другое)	Погрешность: <u><4 мм</u> ☐ Встроенный дисплей Тип взрывозащиты *: <u>взрывозащищенное</u> Выходной сигнал: <u>4-20 мА +HART</u> Материал корпуса: <u>Алюминий</u> Кабельный ввод: <u>1/2-14 NPT</u>

Предпочтительный тип уровнемера			
☐ Бесконтактный радарный	☐ Волноводный радарный	☒ Ультразвуковой	Количество:
Позиция (Тэг) : <u>4</u>			

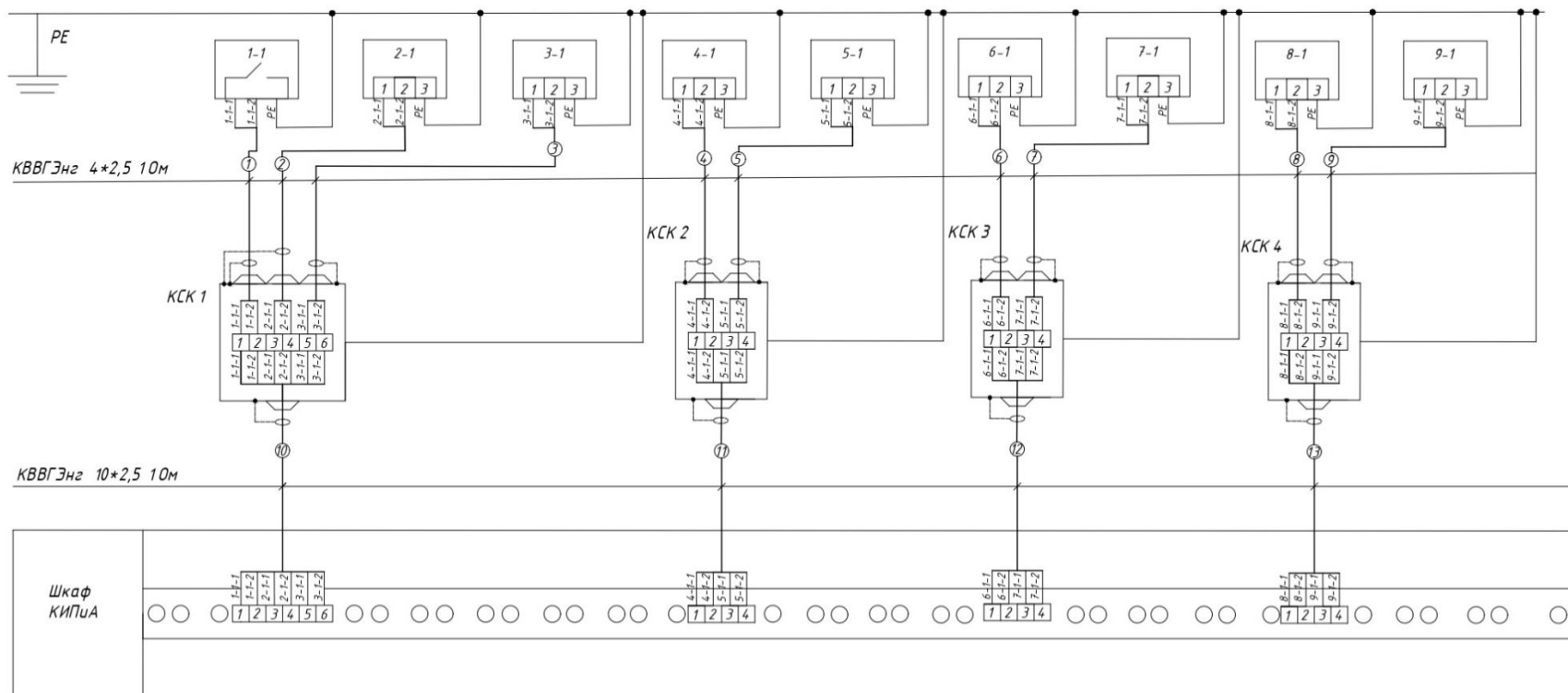
Информация о процессе				
Наименование процесса *: <u>Уровень содержимого</u>				
Измеряемая среда *: <u>Нефтьшлам</u>		Агрессивность среды: 		
Диэлектрическая проницаемость:	☐ 1,6 - 2	☐ 2 - 3	☐ 3 - 10	☒ >10
Температура процесса *: Мин. <u>-40</u> Норм. Макс. <u>80</u> °C				
Температура окружающей среды: Мин. <u>-40</u> Норм. Макс. <u>80</u> °C				
Давление процесса *: Мин. <u>0,2</u> Норм. Макс. <u>2</u> атм				
Плотность среды: <u>730-1800</u> кг/м³		Вязкость: <u>40-150</u> ☒ мм²/с ☐ сСт ☐ при температуре: <u>25</u> °C		
Какие из следующих характеристик имеет измеряемая среда? (отметить все, что имеет место)				
☐ Насыщена пузырьками газа (аэрирована)		☐ Может обволакивать смачиваемые детали		
☒ Многофазная жидкость		☐ Пары могут обволакивать не смачиваемые поверхности		
☐ Возможна кристаллизация / ☐ налипание		☐ Имеется твердый осадок		

Только многофазные применения *	
Верхний продукт *: <u>нефть</u> Диэлектрическая проницаемость верхнего продукта: <u>1,8</u> (точное значение!) Толщина слоя верхнего продукта: от <u>1</u> мм / до <u>600</u> мм	Нижний продукт *: <u>шлам</u> Диэлектрическая проницаемость нижнего продукта: <u>8,5</u> (точное значение!)

Тип установки/монтажа	
☒ на резервуар * ☐ на камере * ☐ в успокоительной трубе * ☐ открытое пространство *	
Геометрические размеры успокоительной трубы указывать в разделе «Важное примечание»	
Возможные ограничения для монтажа уровнемера?	
☒ Нет ограничений ☐ Монтаж только сверху ☐ Монтаж только сбоку	

Приложение 3
(обязательное)
Схема внешних проводок

Наименование параметра	Уровень			Температура		Давление		Расход	
Место отбора импульса	Дренажная ёмкость	Дренажная ёмкость	Дренажная ёмкость	Дренажная ёмкость	Дренажная ёмкость	Трубопровод (на входе)	Трубопровод (на выходе)	Дренажная ёмкость (на входе)	Дренажная ёмкость (на выходе)
Тип датчика	Rosemount 3302	Vegason 62	ТИТАН-127С-22	ЗЗНТР2-ВР	Метран 280	АРЗ 3420-х	АРЗ 3420-х	Метран 370	Метран 370
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1



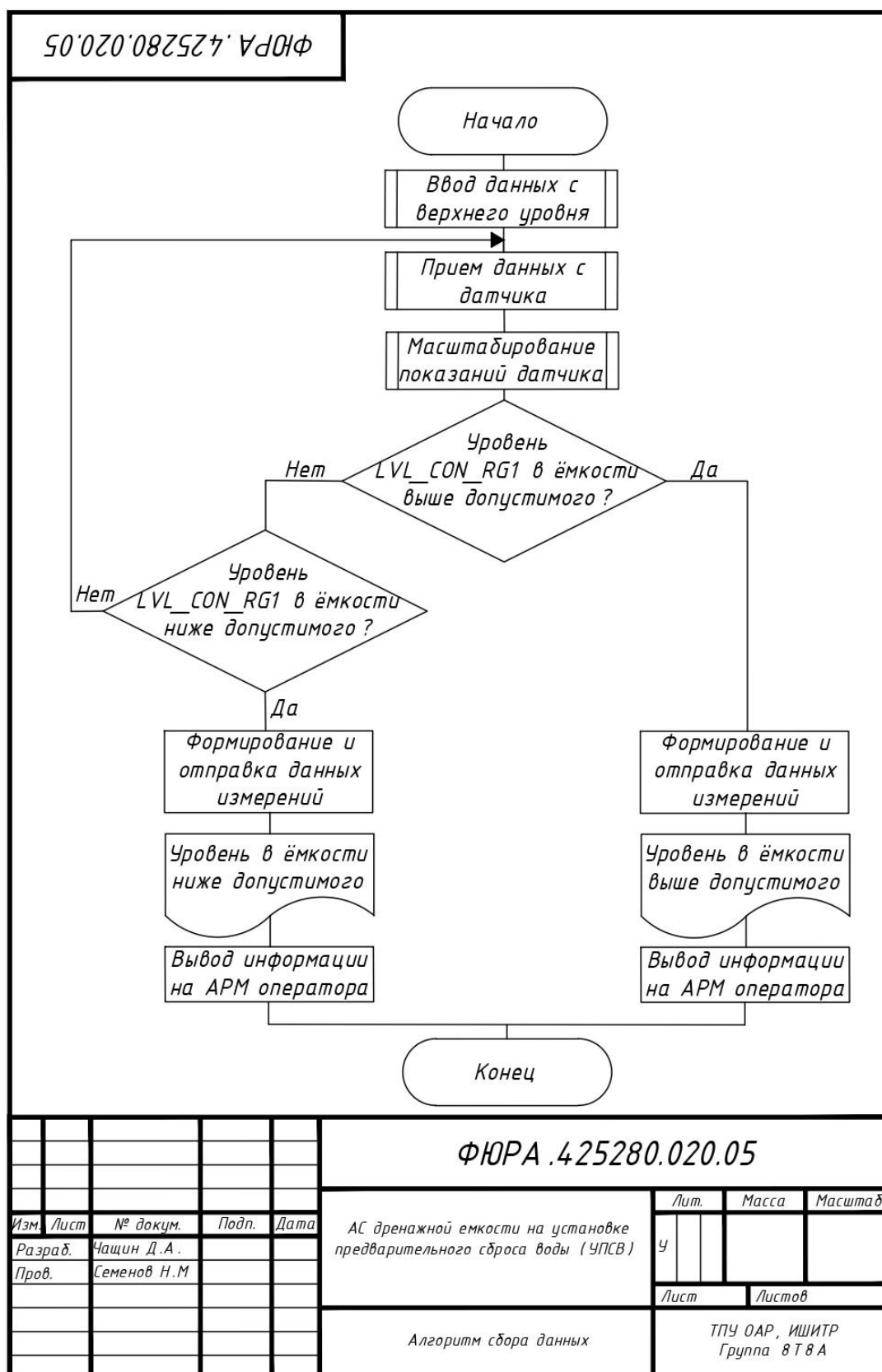
				ФЮРА.425280.020.004		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Автоматизация дренажной ёмкости на УПСВ	
Разраб.	Чашин Д.А.	Пров.	Семенов Н.М.			
					Лит.	
					Масса	
					Масштаб	
					Лист	
					Листов	
					ИШИТР, ОАР гр. 8 Т 8 А	

ФЮРА.425280.020.004

Автоматизация дренажной ёмкости на УПСВ

Схема внешних проводов

Приложение И
(необязательное)
Алгоритм сбора данных



Приложение К

(обязательное)

Мнемосхема

