

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 Автоматизированная система управления электродегидратором на электрообессоливающей установке

УДК 004.896:622.276.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Боровской Артём Романович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна	—		

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
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева 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 освоения ООП

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.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции,

Код компетенции	Наименование компетенции
	средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным

Код компетенции	Наименование компетенции
	циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов

Код компетенции	Наименование компетенции
	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 подготовки
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Боровскому Артёму Романовичу

Тема работы:

Автоматизированная система управления электродегидратором на электрообессоливающей установке	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 47-14/с от 16.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: электродегидратор на электрообессоливающей установке.</p> <p>Цель работы: проектирование автоматизированной системы управления электродегидратором на электрообессоливающей установке</p> <p>Режим работы: непрерывный.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводок; Разработка алгоритмов управления АС; Разработка экранной формы АС; Моделирование работы системы регулирования.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009; Структурная схема; Схема соединения внешних проводок; Схема информационных потоков; Экранная форма; Дерево экранных форм; Алгоритм управления уровнем границы эмульсионного слоя; Алгоритм сбора данных измерений.</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Креница Зоя Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.02.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Сидорова Анастасия Александровна</p>	<p>—</p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8Т8А</p>	<p>Боровской Артём Романович</p>	<p> </p>	<p> </p>

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и подготовки
 Направление подготовки (специальность) 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2022 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна	—		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Боровскому Артёму Романовичу

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. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя - 32962 руб. Оклад инженера - 19200 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Накладные расходы – 16%. Районный коэффициент – 1,3.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение трудоемкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ, составление бюджета НИИ.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.</i>

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	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Боровской Артём Романович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8Т8А		ФИО Боровской Артём Романович	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления электродегидратором на электрообессоливающей установке	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: электродегидратор на электрообессоливающей установке. Область применения: подготовка нефти. Рабочая зона: полевые условия. Климатические условия: 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: 1 электродегидратор, 1 трансформатор, датчики КИПиА. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: электродегидрация нефтяной эмульсии от воды и соли.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022). 2. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда." 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».</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>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.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки,</p>

	виброизолирующая обувь, наушники, очки, защитные ограждения.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону не происходит. Воздействие на литосферу: разлив нефтепродукта на почву. Воздействие на гидросферу: разлив нефтепродукта в водоемы. Воздействие на атмосферу: выброс летучих углеводородов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Разлив нефтепродукта; Пожар; Взрыв; Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Наиболее типичной ЧС является пожар (возгорание).
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Боровской Артём Романович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 117 страниц, 21 рисунок, 37 таблиц, 32 использованных источников, 10 приложений.

Ключевые слова: электрообессоливающая установка, электродегидратор, нефтяная эмульсия, автоматизированное рабочее место, автоматизированная система управления, преобразователь, программируемый логический контроллер, ПД-регулятор, алгоритм сбора данных, модель управления, передаточная функция, мнемосхема.

Объектом исследования является электродегидратор на электрообессоливающей установке.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы управления электродегидратором на электрообессоливающей установке.

В процессе исследования проводились следующие работы: описание технологического процесса обессоливания и обезвоживания нефтяной эмульсии с помощью электродегидратора, разработка структурной схемы, функциональных схем автоматизации, схемы информационных потоков, алгоритма сбора данных измерений, схемы внешних проводок, выбор средств реализации автоматизированной системы, разработка системы автоматического регулирования уровнем границы эмульсионного слоя, разработка мнемосхемы.

В результате исследования была разработана автоматизированная система управления электродегидратором.

Область применения: нефтегазовая отрасль.

В будущем планируется продолжить работу по этой тематике, а именно ее модернизация.

Пояснительная записка была выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2016, графический материал был подготовлен в Microsoft Visio 2016.

Термина и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система: совокупность персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, которая реализует информационную технологию выполнения установленных функций.

интерфейс: совокупность аппаратных и программных средств, необходимых для взаимодействия с программой, устройством, функцией и т.д.

мнемосхема: графическое отображение в упрощенной форме функциональной схемы на экране АРМ.

протокол: формальный набор соглашений, управляющий форматированием и относительной синхронизацией обмена сообщениями между двумя коммуникационными системами.

техническое задание: технический документ, устанавливающий цели, набор требований и ключевые исходные данные, требуемые на этапах разработки проектируемой системы.

объект управления: система, на которую направлены управляющие воздействия с ПЛК.

архитектура АС: набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ТЗ – техническое задание;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СИ – средство измерений;

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (диспетчерское управление и сбор данных);

ЭГ – электродегидратор;

АС – автоматизированная система;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

IP – Ingress Protection Rating (степень защиты корпуса);

СВЧ – сверхвысокочастотное излучение;

И – измерение;

Б – блокировка;

С – сигнализация;

Р – регулирование;

ПД-регулятор – пропорционально-интегральный регулятор.

Содержание

Введение.....	18
1 Техническое задание.....	19
1.1 Основное назначение и цели создания АСУ ТП	19
1.2 Требования к системе в целом.....	20
1.3 Требования к техническому обеспечению	20
1.4 Требования к программному обеспечению.....	21
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	22
1.6 Требования к математическому обеспечению	22
1.7 Требования к информационному обеспечению.....	23
1.8 Требования к лингвистическому обеспечению	25
2 Разработка	26
2.1 Описание технологического процесса.....	26
2.2 Разработка структурной схемы АС.....	28
2.2.1 Полевой уровень	28
2.2.2 Контроллерный уровень.....	29
2.2.3 Верхний уровень	29
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации	29
2.4 Разработка схемы информационных потоков.....	31
2.5 Выбор средств реализации АС	32
2.5.1 Выбор преобразователя температуры	32
2.5.2 Выбор поточного влагомера.....	34
2.5.3 Выбор расходомера	36
2.5.4 Выбор преобразователя давления	39
2.5.5 Выбор преобразователя уровня.....	41
2.5.6 Выбор оборудования для высоковольтного источника питания.....	44
2.5.6.1 Выбор оборудования для измерения силы тока	44
2.5.6.2 Выбор сигнализатора уровня масла.....	46
2.5.7 Выбор программируемого логического контроллера.....	48
2.5.8 Выбор исполнительного устройства.....	50

2.6	Разработка схемы соединений внешних проводок.....	53
2.7	Разработка алгоритма управления автоматизированной системы	54
2.7.1	Алгоритм сбора данных измерений.....	54
2.7.2	Алгоритм управления технологическим параметром.....	55
2.8	Разработка мнемосхемы автоматизированной системы	60
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	62
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	62
3.1.1	Потенциальные потребности результатов исследования	62
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	63
3.1.3	SWOT-анализ	65
3.2	Планирование научно-исследовательских работ	66
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	66
3.2.2	Определение трудоёмкости выполнения работ.....	68
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	72
3.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	73
3.2.4.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	73
3.2.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ... ..	74
3.2.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы	74
3.2.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	76
3.2.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	77
3.2.4.6	Накладные расходы	77
3.2.4.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	78
3.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	78
	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	81
4	Социальная ответственность	83

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
4.2 Производственная безопасность	85
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	86
4.2.1.1 Повышенный уровень шума.....	86
4.2.1.2 Электромагнитное поле промышленной частоты.....	87
4.2.1.3 Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через теле человека.....	87
4.2.1.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	88
4.2.1.5 Повышенный уровень общей вибрации.....	89
4.3 Экологическая безопасность.....	90
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	91
Выводы по разделу социальная ответственность	93
Заключение	95
Список использованных источников	96
Приложение А (обязательное) Структурная схема	100
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации ГОСТ 21.408-2013 (упрощённая).....	102
Приложение В (обязательное) Функциональная схема автоматизации ГОСТ 21.408-2013 (развёрнутая)	104
Приложение Г (обязательное) Функциональная схема автоматизации ГОСТ 21.408-2013 (подвал)	106
Приложение Д (обязательное) Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-5.1-2009	108
Приложение Е (обязательное) Схема информационных потоков	110
Приложение Ж (обязательное) Схема внешних проводок	112
Приложение К (обязательное) Алгоритм сбора данных измерений	114
Приложение Л (обязательное) Основное окно мнемосхемы.....	116
Приложение М (обязательное) Окно уставок мнемосхемы	117

Введение

В настоящее время производство нефтегазовой продукции развивается стремительными темпами. Данное развитие приводит к разработке разнообразных технологических систем, которые в свою очередь позволяют увеличить эффективность работы нефтегазового предприятия, что за собой влечет рост прибыли. Этому можно достигнуть путем введения в предприятие автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Автоматизация уже является неотъемлемой частью нефтегазового производства. Она влечет за собой улучшение условий труда, минимизации человеческого фактора, а также повышает качество продукции и продуктивность нефтегазового производства. Но стоит отметить, что внедрение автоматизированных систем в производство является достаточно трудозатратной работой.

Автоматизация технологических процессов в нефтегазовой отрасли производится за счет таких базовых средств автоматизации как датчики различных технологических параметров, программируемых логических контроллеров, исполнительных устройств, а также устройств ввода/вывода информации.

Одним из основных этапов подготовки товарной нефти является обессоливание и обезвоживание эмульсионной нефти, которое проходит на электрообессоливающих установках при помощи электродегидраторов, соответственно внедрение автоматизированной системы управления электродегидратором в технологический процесс является основной и актуальной задачей для нефтегазовых предприятий.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование автоматизированной системы управления электродегидратором.

1 Техническое задание

1.1 Основное назначение и цели создания АСУ ТП

Автоматизированная система управления электродегидратором необходима для регулирования:

- уровня обезвоженной и обессоленной нефти;
- уровня границы эмульсионного слоя (нефть-нефтяная эмульсии);
- давления в аппарате;
- расхода промывочной воды с коррекцией по расходу нефтяной эмульсии и влагосодержанию.

Она должна осуществлять отключение высоковольтного источника питания при нижеперечисленных аварийных ситуациях:

- нагрев масла в баке высоковольтного источника питания выше 80 °С;
- пониженный уровень масла в баке высоковольтного источника питания;
- увеличение тока какой-либо из фаз высоковольтного источника питания;

А также разрабатываемая система должна осуществлять контроль следующих технологических параметров:

- уровень обезвоженной и обессоленной нефти;
- уровень границы эмульсионного слоя (нефть-нефтяная эмульсия);
- давление в аппарате;
- температура в аппарате;
- обводнённость нефтяной эмульсии на входе в аппарат;
- обводнённость нефти на выходе из аппарата;
- расход нефтяной эмульсии и промывочной воды на входе в аппарат;
- расход обезвоженной и обессоленной нефти на выходе из аппарата;
- параметров высоковольтного источника питания.

Должно быть предусмотрено дистанционное управление положением регулирующих клапанов.

Целями разработки АСУ электродегидратором являются:

- повышение безопасности при ведении технологического процесса;
- повышение качества ведения технологического процесса;
- минимизация влияния человеческого фактора на технологический процесс;
- повышение оперативности управления технологическим процессом за счет передачи в достаточном объеме информации оператору [1].

1.2 Требования к системе в целом

Разрабатываемая система управления электродегидратором должна удовлетворять требованиям стандарта ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированная система управления. Общие требования» с учетом представленных ниже требований [2].

1.3 Требования к техническому обеспечению

Разрабатываемая автоматизированная система управления электродегидратором должна удовлетворять стандартным протоколам международного образца, то есть строиться как открытая иерархическая система.

Комплекс используемых технических средств в разрабатываемой системе, должен являться минимально достаточным для обеспечения описанных функций в пп.1.1 настоящего ТЗ.

Построение комплекса технических средств осуществляется на базе следующих программно-технических комплексов:

- КИП и автоматика (исполнительные устройства, датчики и т.д.);
- подсистемы управления или контроллеры;
- средство архивирования данных;
- сетевое оборудование;

- станция оператора.

Оборудование размещено на открытой области, поэтому оно должно являться устойчивым к влиянию как низких температур, так и высоких температур (от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$) и устойчивым к влажности воздуха не менее 80 % при температуре $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Так как контрольно-измерительные приборы и исполнительные устройства сталкиваются с агрессивной средой, поэтому они должны быть коррозионностойкими, а также они должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Степень защиты датчиков от пыли влаги должна быть не менее IP 56.

1.4 Требования к программному обеспечению

Программные средства разрабатываемой АСУ ТП, а также технические средства должны соответствовать нижеперечисленным требованиям:

- восстанавливаемость;
- независимость;
- удобство эксплуатации;
- модульность;
- функциональная достаточность;
- допустимость к модификации.

В программное обеспечение АСУ ТП должны быть включены:

- системное программное обеспечение;
- базовое прикладное программное обеспечение;
- специальное прикладное программное обеспечение.

Выполнение основных функций системы таких как опрос датчиков, измерение и регистрация технологических параметров и др. обеспечивает базовое программное обеспечение.

Выполнение специальных алгоритмов системы, проведение расчетов и другое обеспечивает специальное прикладное программное обеспечение.

Алгоритмы ПЛК должны быть написаны на промышленных языках программирования согласно стандарту, ГОСТ Р МЭК 61131-3 «Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования» [3].

1.5 Требования к метрологическому обеспечению

Метрологическое обеспечение должно охватывать как все этапы разработки системы, так и весь период ее эксплуатации.

В измерительные каналы системы входит такое оборудование как: преобразователи, датчики, контроллеры, которые в свою очередь прошли государственную поверку на соответствие их нормативно-технической документации.

Начиная с периода внедрения разработанной системы и в дальнейшем в соответствии с графиком поверки, должны проводиться метрологические аттестации СИ и их метрологических характеристик в соответствии со стандартом ГОСТ 8009-84 «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» [4].

1.6 Требования к математическому обеспечению

Разработку математического обеспечения необходимо проводить в соответствии со всеми требованиями, которые предъявляются системам, функционирующим в режиме реального времени.

В процессе разработки математического обеспечения АСУ ТП должны быть реализованы:

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

1.7 Требования к информационному обеспечению

В результате проектирования АСУ ТП электродегидратора должно быть разработано информационное обеспечение, которое включает:

- состав автоматизированной системы;
- структуру автоматизированной системы;
- способы организации данных в автоматизированной системе;
- структуру процесса сбора, обработки, а также передачи данных автоматизированной системе;
- информацию по результату мониторинга;
- информацию по визуальному отображению данных в системе.

Все контролируемые технологические параметры и элементы управления должны иметь индивидуальные теги (идентификаторы). Структура индивидуальных тегов, должна иметь следующий вид: AAA_BBB_CCCC.

AAA – технологический параметр, который должен иметь не более трех символов, принимает нижеперечисленные значения:

- LVL (level) – уровень;
- FLW (flow) – расход;
- CUR (current) – ток;
- TMT (temperature) – температура;
- PRS (pressure) – давление;
- MOS (moisture water) – содержание воды;
- POS (position) – положение.

BBB – код технологического объекта или аппарата, который должен иметь не более трех символов, принимает нижеперечисленные значения:

- TRF (transformer) – трансформатор;
- L1 (line) – первая фаза;
- L2 (line) – вторая фаза;
- L3 (line) – третья фаза;
- EDH (electric dehydrator) – электродегидратор;

- VL1 (valve) – клапан регулирующий расход промывочной воды с коррекцией по расходу нефтяной эмульсии;
- VL2 (valve) – клапан, регулирующий давление в электродегидраторе;
- VL3 (valve) – клапан, регулирующий уровень обезвоженной и обессоленной нефти;
- VL4 (valve) – клапан, регулирующий уровень границы эмульсионного слоя (нефтяная эмульсия и вода);
- PP1 (pipeline) – входной трубопровод для подачи нефтяной эмульсии;
- PP2 (pipeline) – входной трубопровод для подачи промывочной воды;
- PP3 (pipeline) – выходной трубопровод для вывода обезвоженной и обессоленной нефти;
- PP4 (pipeline) – выходной трубопровод для вывода отработанной воды;
- PP5 (pipeline) – выходной трубопровод для сброса давления.

СССС – код примечаний (уточнений), который должен иметь не более четырех символов, принимает нижеперечисленные значения:

- HL (high limit) – верхнее предельное значение;
- LL (low limit) – нижнее предельное значение;
- RG (range) – в рамках рабочего диапазона;

Символ _ в теге необходим для отделения одной части тега от другой.

Перечень тегов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень тегов

Тег сигнала	Назначение тега
TMT_TRF_HL	Температура масла в трансформаторе
TMT_EDH_RG	Температура нефтяной смеси в электродегидраторе
CUR_L1_HL	Ток в первой фазе

Продолжение таблицы 1

CUR_L2_HL	Ток во второй фазе
CUR_L3_HL	Ток в третьей фазе
LVL_TRF_LL	Уровень масла в трансформаторе
LVL_EDH_RG1	Уровень обезвоженной и обессоленной нефти в электродегидраторе
LVL_EDH_RG2	Уровень границы эмульсионного слоя (нефтяная эмульсия и вода)
FLW_PP1_RG	Расход нефтяной эмульсии на входе
FLW_PP2_RG	Расход промывочной воды на входе
FLW_PP3_RG	Расход обезвоженной и обессоленной нефти
PRS_EDH_HL	Давление в электродегидраторе
MOS_PP1_RG	Содержание воды в нефтяной эмульсии на входе
MOS_PP3_RG	Содержание воды в обезвоженной и обессоленной нефти на выходе
POS_VL1	Положение регулятора расход промывочной воды с коррекцией по расходу нефтяной эмульсии (клапана)
POS_VL2	Положение регулятора давления (клапана)
POS_VL3	Положение регулятора уровня обезвоженной и обессоленной нефти (клапана)
POS_VL4	Положение регулятора уровень границы эмульсионного слоя (нефтяная эмульсия и вода) (клапана)

1.8 Требования к лингвистическому обеспечению

- информация сопровождающая разработанную систему должна быть выполнена на русском языке;
- используемые промышленные языки программирования должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 61131-3 «Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования».

2 Разработка

2.1 Описание технологического процесса

Электродегидратор является неотъемлемой частью электрообессоливающих установок, так как он выполняет функцию обезвоживания и обессоливания нефтяной эмульсии при помощи электрического поля.

Для проектирования автоматизированной системы был выбран горизонтальный электродегидратор модели ЭГ-200 (рисунок 1).

ЭГ-200 оснащен люк-лазом, решетчатой электродной системой, которая расположена практически по всей длине аппарата и подключена к высоковольтному источнику питания, который в свою очередь подает напряжение на нее. Имеется различные технологические штуцеры: для ввода нефтяной эмульсии и промывочной воды, вывода обезвоженной и обессоленной нефти, сброса воды и газа, а также он имеет штуцеры для установки контрольно-измерительных приборов [5].

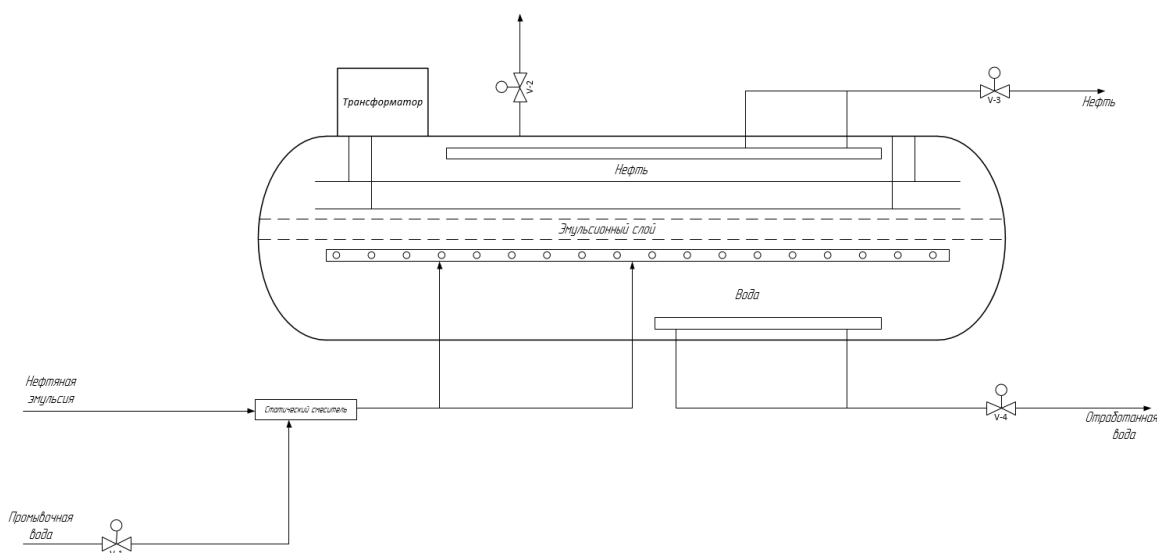


Рисунок 1 – Схема электродегидратора ЭГ-200

Перед тем как начать обезвоживание и обессоливание нагретой в теплообменниках нефтяной эмульсии в нее добавляется специальный реагент – деэмульгатор. Только после этого нагретая нефтяная эмульсия смешивается в статическом смесителе с подаваемой в него промывочной водой. Затем

смешанная нефтяная эмульсия с промывочной водой подается в аппарат через соответствующий штуцер, проходя по коллекторам она поднимается вверх до границы эмульсионного слоя (нефть-нефтяная эмульсия), после чего она попадает в область низкой напряженности электрического поля, которая находится между нижней решеткой электродной системы и верхним уровнем эмульсионного слоя. Под действием электрического поля низкой напряженности происходит поляризация, коалесценция капель воды содержащихся в нефтяной эмульсии, затем они укрупняются и осаждаются.

Но напряженности электрического поля между нижней решёткой электродной системы и верхним уровнем эмульсионного слоя недостаточно для отделения мелких капель воды, поэтому далее нефтяная эмульсия попадает в область высокой напряженности (промышленной частоты) электрического поля между нижней и верхней решеткой электродной системы, где она окончательно обезвоживается.

Под действием электрического поля осаждается не только вода, содержащаяся в нефтяной эмульсии, но и соли.

Отделившийся газ сбрасывается через штуцер сброса газа. Обезвоженная и обессоленная нефть выводится через штуцер вывода нефти, а отделившееся вода сбрасывается через нижний штуцер сброса воды.

Технические параметры электродегидратора ЭГ-200 [5] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические параметры электродегидратора ЭГ-200

Технические параметры		ЭГ-200
Производительность, м ³ /сутки		до 11500
Объем, м ³		200
Размеры	Диаметр, м	3,4
	Длина, м	23,6
Рабочее давление избыточное, Мпа		1,6

Продолжение таблицы 2

Среда	нефть, вода
Температура рабочей среды, °С	до +85
Температура стенок, °С	-40 до +100
Расчетный срок службы, лет	15

2.2 Разработка структурной схемы АС

Согласно пп. 1.3 настоящего ТЗ автоматизированная система управления электродегидратором должна быть построена по принципу открытой трехуровневой иерархии, которая включает в себя полевой уровень (нижний), контроллерный уровень (средний) и верхний уровень. Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств АСУ ТП представлена в приложении А.

2.2.1 Полевой уровень

На полевом (нижнем) уровне располагаются исполнительные устройства, которые отвечают за регулирование технологическими параметрами, а также контрольно-измерительные приборы (первичные датчики, измерительные преобразователи), которые осуществляют сбор, передачу технологических параметров и установлены они исключительно на месте проведения технологического процесса.

В проектируемой автоматизированной системе управления электродегидратором на полевом уровне располагаются следующие контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации:

- преобразователь уровня;
- сигнализатор уровня;
- преобразователь давления;
- преобразователи температуры;
- влагомеры;
- расходомеры;

- датчики контроля технологических параметров трансформатора;
- регулирующие клапаны с электроприводом.

2.2.2 Контроллерный уровень

На контроллерном (среднем) уровне находится программируемый логический контроллер (ПЛК). На этом уровне осуществляется сбор и первичная обработка технологических параметров со средств измерений, расположенных на полевом уровне, формирование регулирующего или управляющего алгоритма, передача данных на следующий (верхний) уровень и выполнение его директив.

2.2.3 Верхний уровень

На верхнем уровне находится автоматизированное рабочее место на базе HMI панели, компьютер с операционной системой Windows, оснащенного SCADA-пакетом, сервер базы данных.

На верхнем уровне осуществляется сбор и обработка информации с контроллерного (среднего) уровня, архивация, формирование баз данных, а также дистанционное управление технологическим процессом и формирования отчетной документации.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации является техническим документом и разрабатывается для отображения значимых технических решений. На ФСА отображается различное технологическое оборудование, объекты, предназначенные для транспортировки сырья, приборы и контуры автоматизации, которые в свою очередь предназначены для контроля и регулирования технологических параметров.

Все приборы автоматизации, исполнительные устройства, а также линии передачи сигналов отображаются согласно ГОСТ 21.208-2013 [6] и ГОСТ 21.408-2013 [7].

Согласно ГОСТ 21.408-2013 имеется два способа выполнения функциональной схемы автоматизации:

- упрощённый;
- развернутый.

Их различие в том, что развернутый способ в отличие от упрощённого предполагает изображения на схеме состав каждого контура автоматизации, а также их месторасположение.

На основе пп.1.1 настоящего ТЗ был разработан объем автоматизации в табличной форме (таблица 3).

Таблица 3 – Объем автоматизации

№	Наименование технологических параметров	Обозначение прибора	Функции АСУ ТП
1	Ток трансформатора L1, L2, L3	IYSA	И, Б, С
2	Температура масла в баке трансформатора	TSA	И, Б, С
3	Уровень масла в баке трансформатора	LSA	И, Б, С
4	Давление в аппарате	PICA	И, Р, С
5	Температура в аппарате	TT	И
6	Уровень нефти в аппарате и уровень эмульсионного слоя	LIC	И, Р
7	Обводнённость нефти на выходе из аппарата	QIT	И
8	Расход нефти на выходе из аппарата	FIT	И
9	Обводнённость нефтяной эмульсии на входе в аппарат	QIT	И
10	Расход нефтяной эмульсии на входе в аппарат	FIT	И
11	Расход пресной воды на входе в аппарат	FFIC	И, Р

В соответствии с заданием были разработаны упрощённая (Приложение Б) и развернутая (Приложение В, Г) функциональные схемы автоматизации, а также по американскому национальному стандарту ANS I/ISA-5.1-2009 [8] (Приложение Д).

2.4 Разработка схемы информационных потоков

В процессе разработки схемы информационных потоков была учтена трехуровневая иерархия разрабатываемой системы, то есть три уровня сбора, обработки и хранения информации:

– Верхний уровень – это уровень куда поступает и хранится архивная информация о контролируемых показателях технологического процесса, а также на нем вырабатываются управляющие сигналы для устройств, находящихся на нижнем уровне. Информация, которая передается на верхний уровень отображается в виде мнемосхем. Формирование отчетности на автоматизированном рабочем месте производится в автоматическом режиме.

– Средний уровень можно назвать буферной базой данных, так как это уровень текущего хранения информации. ПЛК который располагается на среднем уровне принимает сигналы с устройств на нижнем уровне и передает их на верхний уровень, а также он формирует управляющие воздействия на устройства нижнего уровня исходя из команд верхнего уровня.

– Нижний уровень – это уровень, который отвечает за сбор аналоговых, дискретных сигналов и данных о преобразованиях непосредственно с технологического объекта управления, а также исполнительные устройства на этом уровне выполняют управляющие команды, которые поступают с верхнего и среднего уровней.

Разработанная схема информационных потоков представлена в приложении Е.

2.5 Выбор средств реализации АС

2.5.1 Выбор преобразователя температуры

Так как температура является одним из основных технологических параметров, который влияет на качество обезвоживания и обессоливания нефтяной эмульсии, ее необходимо непрерывно контролировать. Для этого необходимо выбрать преобразователь температуры. Выбор проводился по следующим параметрам:

- диапазон преобразуемых температур;
- тип выходного сигнала;
- температура окружающей среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- приведённая погрешность датчика;
- тип взрывозащиты;
- страна производитель;
- цена.

Рассматривается три преобразователя температуры от разных производителей: ОВЕН ДТС-И, Метран-274 и Rosenmount-3144P.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик преобразователей температуры (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительная таблица преобразователей температуры

Технические характеристики	Модель преобразователя температуры		
	ОВЕН ДТС-И	Метран-274	Rosenmount-3144P
Диапазон преобразуемых температур, °С	-50...+180	0...+150	-50...+200
Тип выходного сигнала	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА, HART, FOUNDATION Fieldbus

Продолжение таблицы 4

Температура окружающей среды, °С	-40...+85	-45...+70	-51...+85
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 65	IP 65	IP 68
Приведённая погрешность датчика, %	±1,0; ±0,5	±0,25; ±0,5	±0,34
Тип взрывозащиты	—	Exd, Exia	Exd, Exia
Страна производитель	Российская Федерация	Российская Федерация	США
Цена, руб.	от 1 620	от 7 575	от 28 000

Проанализировав технические характеристики рассматриваемых преобразователей температуры, был выбран Метран-274 (рисунок 2) так как его диапазон преобразуемых температур рабочей среды ближе к рабочей температуре в электродегидраторе, по сравнению со своими аналогами, а также он удовлетворяет все требованиям настоящего ТЗ. Стоит отметить еще один немаловажный факт – Метран-274 является преобразователем температуры отечественного производителя, и цена его является средней среди рассмотренных аналогов.



Рисунок 2 – Преобразователь температуры Метран-274

Выбранный преобразователь температуры состоит из термозонда и измерительного преобразователя с выходным унифицированным токовым

сигналом 4-20 мА. В термозонде в свою очередь имеется чувствительный элемент, который может быть платиновым или медным.

Принцип работы преобразователя температуры Метран-274 заключается в том, что измеренная температура преобразуется с помощью терморезистора, расположенного в термозонде, в изменение омического сопротивления. После чего, возникающее напряжение на термочувствительном элементе, измерительный преобразователь преобразует в выходной унифицированный токовый сигнал 4-20 мА [9].

Стоит отметить, что выбранный преобразователь температуры будет использоваться и для измерения температуры масла в баке высоковольтного источника питания.

2.5.2 Выбор поточного влагомера

Поточный влагомер необходим для определения процентного содержания воды в нефтяной эмульсии при входе в электродегидратор, а также он определяет процентное содержание воды уже в обезвоженной и обессоленной нефти на выходе из электродегидратора.

Выбор проводился по следующим параметрам:

- диапазон преобразуемого влагосодержания;
- тип выходного сигнала;
- температура окружающей среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- диапазон температур контролируемой среды;
- приведённая погрешность датчика;
- тип взрывозащиты;
- страна производитель;
- цена.

Рассматривается три поточных влагомера от разных производителей: FIZER-SW100, ВСН-2-50 и ПВН.615.

Также была составлена сравнительная таблица технических характеристик рассматриваемых поточных влагомеров (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительная таблица поточных влагомеров

Технические характеристики	Модель поточного влагомера		
	ВСН-ПИК	ВСН-2-50	ПВН.615
Диапазон преобразуемого влагосодержания, %	1...100	0...100	0...100
Тип выходного сигнала	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА, RS485
Температура окружающей среды, °С	-50...+50	+5...+40	+5...+40
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 66	IP 66	IP 67
Диапазон температур контролируемой среды, °С	-50...+50	0...+60	+40...+110
Приведённая погрешность датчика, %	±0,8	±1,2	±0,7
Тип взрывозащиты	Exib	Exia	Exib
Страна производитель	Российская Федерация	Российская Федерация	Российская Федерация
Цена, руб.	от 266 200	685 000	от 460 000

Проанализировав технические характеристики рассматриваемых поточных влагомеров, был выбран влагомер ПВН.615 (рисунок 3), так как у поточного влагомера ПВН.615 наименьшая приведенная погрешность, а также он полностью удовлетворяет требованиям настоящего ТЗ. Стоит отметить его достаточно высокую стоимость и то, что диапазон окружающей температуры, при которой его можно использовать составляет от +5 до +40 °С, а это означает, что его необходимо устанавливать в обогреваемом блок-боксе.



Рисунок 3 – Поточный влагомер ПВН.615

Влагомер состоит из первичного измерительного СВЧ преобразователя и электронного блока. Первичный преобразователь состоит из СВЧ-модуля и платы управления и выдает сигналы, пропорциональные диэлектрической проницаемости эмульсии. Величина сигнала зависит от влагосодержания в измеряемой среде. Электронный блок осуществляет подачу искробезопасных питающих напряжений и токов на первичный преобразователь, а также обработку поступающих с преобразователя сигналов в сигнал, пропорциональный влагосодержанию в нефти. Значение влагосодержания высвечивается в цифровом виде на светодиодном табло и преобразуется в выходной токовый сигнал 4-20 мА, далее передается в ПЛК.

Принцип работы выбранного поточного влагомера ПВН.615 заключается в том, что в СВЧ диапазоне измеряется диэлектрическая проницаемость нефтяной эмульсии [10].

2.5.3 Выбор расходомера

Для учета обезвоженной и обессоленной нефти и регулирования расхода промывочной воды, с коррекцией по расходу нефтяной эмульсии, необходимо выбрать расходомер.

Выбор проводился по следующим параметрам:

- давление измеряемой жидкости;
- тип выходного сигнала;
- температура окружающей среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- диапазон температур контролируемой среды;
- приведённая погрешность датчика;

- тип присоединение к трубопроводу;
- тип взрывозащиты;
- страна производитель;
- цена.

Рассматривается три расходомера от разных производителей: ЭМИС-МАГ 270, РМ-5-Т-И, SITRANC F M MAG 3100.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик рассматриваемых расходомеров (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительная таблица расходомеров

Технические характеристики	Модель расходомера		
	ЭМИС-МАГ 270	РМ-5-Т-И	SITRANC F M MAG 3100
Давление измеряемой жидкости, МПа	до 42 МПа	до 2,5 МПа	до 69 МПа
Тип выходного сигнала	4-20 мА, HART, Modbus RTU	RS 485, RS 232	0-20 мА, 4-20 мА, HART
Температура окружающей среды, °С	-40...+50	-30...+50	-20...+50
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 66/67	IP 65	IP 68
Диапазон температур контролируемой среды, °С	-40...+130	+1...+150	-20...+180
Приведённая погрешность датчика, %	до ±0,5	±0,5	±0,5
Тип присоединение к трубопроводу	фланцевое	фланцевое	фланцевое
Тип взрывозащиты	Exd, Exia	–	Exd

Продолжение таблицы 6

Страна производитель	Российская Федерация	Российская Федерация	Германия
Цена, руб.	от 140 500	от 72 000	от 495 000

По итогу проведенного сравнительного анализа рассматриваемых расходомеров, был выбран расходомер ЭМИС-МАГ 270 (рисунок 4), так как он полностью удовлетворяет требованиям настоящего ТЗ и является расходомером отечественного производства из среднего ценового диапазона.



Рисунок 4 – Расходомер ЭМИС-МАГ 270

Электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270 состоит из первичного преобразователя (сенсора) и вторичного преобразователя со встроенным индикатором.

Первичный преобразователь расхода устанавливается непосредственно в трубопровод, представляет из себя стальной корпус с приваренными к нему фланцами, корпус изнутри покрыт антикоррозионным покрытием. Внутри корпуса установлены катушки индуктивности и электроды.

Для вычисления расхода используется вышеупомянутые катушки и электроды, управление катушками происходит при помощи преобразователя путем подачи на них тока, при прохождении тока через катушки между ними формируется магнитное поле, которое в свою очередь разделяет положительно и отрицательно заряженные частицы жидкости и это приводит к возникновению напряжения между электродами.

Индукцированное напряжение между электродами подается на измерительный преобразователь, где преобразуется в величину скорости движения потока, с помощью измеренной скорости движения потока и диаметра

трубопровода вторичным преобразователем вычисляется величина объемного расхода. Затем вычисленная величина объемного расхода преобразуется в унифицированный выходной токовый сигнал 4-20 мА, далее передается в ПЛК [11].

2.5.4 Выбор преобразователя давления

Поддерживаемое давление в электродегидраторе является одним из основных технологических параметров, который необходимо непрерывно контролировать во избежание аварийных ситуаций. Непрерывный контроль давления в электродегидраторе осуществляется за счет преобразователя давления.

Выбор проводился по следующим параметрам:

- диапазон преобразуемого давления;
- тип выходного сигнала;
- температура окружающей среды;
- диапазон температур контролируемой среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- приведённая погрешность датчика;
- тип взрывозащиты;
- страна производитель;
- цена.

Рассматривается три преобразователя давления от разных производителей: ЭМИС-БАР 173, ЭЛЕМЕР-100 и Yokogawa EJX530A.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик рассматриваемых преобразователей давления (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнительная таблица преобразователей давления

Технические характеристики	Модель преобразователя давления		
	ЭМИС-БАР 173	ЭЛЕМЕР-100	Yokogawa EJX530A
Диапазон преобразуемого давления, МПа	-0,1...3	0,00004...100	-0,1...2
Тип выходного сигнала	4-20 мА, HART	0-20 мА, 4-20 мА, HART, Modbus RTU	4-20 мА +HART
Температура окружающей среды, °С	-60...+85	-40...+70	-51...+85
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 68	IP 65	IP 67
Диапазон температур контролируемой среды, °С	-90...+400	-40...+130	-40...+120
Приведённая погрешность датчика, %	±0,04	±0,15	±0,1
Тип взрывозащиты	Exd, Exia	Exd, Exia	Exd, Exia
Страна производитель	Российская Федерация	Российская Федерация	Япония
Цена, руб.	52 500	35 100	86 231

Проанализировав технические характеристики рассматриваемых преобразователей давления, был выбран ЭМИС-БАР 173 (рисунок 5), так как он полностью удовлетворяет требованиям настоящего ТЗ, имеет наименьшую приведённую погрешность, по сравнению с рассматриваемыми аналогами, и является преобразователем отечественного производства. Так как использоваться преобразователь давления будет во взрывоопасной зоне, то стоит отметить такое преимущество над аналогами как возможность настройки

основных параметров с помощью кнопок ввода без нарушения герметичность корпуса.



Рисунок 5 – Преобразователь давления ЭМИС-БАР 173

Преобразователь давления состоит из датчика давления (сенсора) и преобразователя. Преобразователь давления с ЖК дисплеем прикреплен к датчику с помощью резьбового соединения.

Преобразователь давления ЭМИС-БАР 173 работает на основе пьезорезистивного метода измерения избыточного давления. Пьезорезистивный метод в свою очередь основывается на измерении разности напряжений на резисторах мостовой схемы интегрального чувствительного элемента, выполненного из кремния при механическом воздействии на него.

Непосредственно сам чувствительный элемент прикреплён к кремниевой подложке, а она уже прикреплена к измерительной мембране. В следствии изменения давления контролируемой среды изменяется также геометрия сопротивлений измерительного моста (мост Уитстона) и соответственно на его выходах изменяется разность потенциалов. Затем в преобразователе происходит двойное аналого-цифровое-цифроаналоговое преобразование сигнала, усиление, фильтрация и на выходе преобразователя формируется и передается в ПЛК выходной аналоговый сигнал 4-20 мА, с наложенным на него протоколом HART, который пропорционален изменению давления контролируемой среды [12].

2.5.5 Выбор преобразователя уровня

В электродегидраторе необходимо непрерывно регулировать уровень обезвоженной и обессоленной нефти, уровень границы эмульсионного слоя

(нефть-нефтяная эмульсия). Непрерывное измерение этих уровней в электродегидраторе осуществляется за счет преобразователя уровня.

Выбор проводился по следующим параметрам:

- диапазон преобразуемого уровня;
- тип выходного сигнала;
- температура окружающей среды;
- диапазон температур контролируемой среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- приведённая погрешность датчика;
- тип взрывозащиты;
- страна производитель;
- цена.

Рассматривается три преобразователя уровня от разных производителей: ОВЕН ПДУ И, Rozemount 5300 и ЭЛЕМЕР-УПП-11.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик рассматриваемых преобразователей уровня (таблица 8).

Таблица 8 – Сравнительная таблица преобразователей уровня

Технические характеристики	Модель преобразователя уровня		
	ОВЕН ПДУ И	Rozemount 5300	ЭЛЕМЕР-УПП-11
Диапазон преобразуемого уровня, мм	0...4000	0,1...50000	85...6000
Тип выходного сигнала	4-20 мА	4-20 мА, HART, Foundation Fieldbus, Modbus	4-20 мА, HART
Температура окружающей среды, °С	-40...+85	-55...+80	-55...+70

Продолжение таблицы 8

Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 67	IP 67	IP 66
Диапазон температур контролируемой среды, °С	-60...+125	-40...+150	-30...+85
Приведённая погрешность датчика, %	±0,2	±0,03	±0,05
Тип взрывозащиты	Exd	Exd, Exia	Exd, Exia
Страна производитель	Российская Федерация	США	Российская Федерация
Цена, руб.	111 990	140 300	125 000

Проанализировав технические характеристики рассматриваемых преобразователей уровня, был выбран Rozemount 5300 (рисунок 6), так как он полностью удовлетворяет требованиям настоящего ТЗ и имеет наименьшую приведённую погрешность, при измерении среди рассматриваемых аналогов, а также стоит отметить, что выбранный преобразователь уровня измеряет общий уровень и уровень границы эмульсионного слоя.



Рисунок 6 – Волноводный радарный преобразователь уровня Rozemount 5300

Rozemount 5300 в своем принципе действия (рисунок 7) использует технологию импульсного излучения, то есть микроволновый импульс распространяется вниз по зонду и когда достигает среды с коэффициентом диэлектрической проницаемости, отличным от коэффициента диэлектрической проницаемости газового пространства над жидкостью, тогда этот импульс частично отражается и распространяется в обратном направлении к источнику излучения микроволнового импульса, таким образом измеряется интервал

времени, между излученным импульсом и принятым эхо сигналом, который пропорционален уровню жидкости в резервуаре [13].



Рисунок 7 – Принцип действия Rozemount 5300

2.5.6 Выбор оборудования для высоковольтного источника питания

Высоковольтный источник питания является одной из важнейших частей электродегидратора, так как он подает высокое напряжение промышленной частоты на решетчатую электродную систему, и тем самым напрямую влияет на качество обезвоженной и обессоленной нефти. Поэтому, согласно пп.1.1 настоящего ТЗ, при работе электродегидратора необходимо контролировать силу тока в каждой из трех фаз, уровень масла в баке трансформатора и ее температуру.

2.5.6.1 Выбор оборудования для измерения силы тока

Амперметр необходим для измерения и индикации силы тока по месту. Был выбран цифровой амперметр АМ-DG33 от отечественной компании ЕКФ (рисунок 8).



Рисунок 8 – Цифровой амперметр АМ-DG33

Технические характеристики АМ-DG33 [14] представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики АМ-DG33

Технические характеристики	ЕКФ АМ-DG33
Диапазон измерений тока, А	1-9999
Класс точности	1
Способ монтажа	на DIN рейку
Страна производитель	Российская Федерация
Цена, руб.	6 472

Для преобразования измеренной силы тока в унифицированный токовый сигнал 4-20мА и передачи его в ПЛК используется измерительный преобразователь НПСИ-500-МС от отечественной компании КонтрАвт (рисунок 9).



Рисунок 9 – Измерительный преобразователь НПСИ-500-МС

НПСИ-500-МС используется для измерения следующих параметров трёхфазной сети: напряжение, силы тока, разности фаз, мощности. А также стоит отметить, что в НПСИ-500-МС предусмотрен индикатор сигнализации при пересечении пороговых значений. Конфигурирования выполняется с помощью специального ПО установленного на ПК и подключении преобразователя по одному из интерфейсов: RS485 или USB [15].

Технические характеристики НПСИ-500-МС представлены в таблице 10.
Таблица 10 – Технические характеристики НПСИ-500-МС

Технические характеристики	НПСИ-500-МС
Диапазон измерений тока, А	1-9999
Точность преобразования, %	0,5
Температура окружающей среды, °С	-40...+70

Продолжение таблицы 10

Способ монтажа	на DIN рейку
Тип выходного сигнала	4-20 мА
Страна производитель	Российская Федерация
Цена, руб.	10 620

2.5.6.2 Выбор сигнализатора уровня масла

Одним из контролируемых и сигнализируемых технологических параметров высоковольтного источника питания является уровень масла в баке, который осуществляется за счет сигнализатора уровня.

Выбор проводился по следующим параметрам:

- диапазон контролируемого уровня;
- тип выходного сигнала;
- температура окружающей среды;
- диапазон температур контролируемой среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- тип взрывозащиты;
- страна производитель;
- цена.

Рассматривается два сигнализатора уровня от разных производителей: ОВЕН ПДУ 3.1 и ЭЛЕМЕР-СПГ.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик рассматриваемых сигнализаторов уровня (таблица 11).

Таблица 11 – Сравнительная таблица сигнализаторов уровня

Технические характеристики	Модель преобразователя уровня	
	ОВЕН ПДУ 3.1	ЭЛЕМЕР-СПГ
Диапазон измеряемого уровня, мм	от 100... 2500	от 100... 6000
Тип выходного сигнала	Дискретный	Дискретный, NAMUR

Продолжение таблицы 11

Температура окружающей среды, °С	-40...+95	-40...+70
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 68	IP 67
Диапазон температур контролируемой среды, °С	-40...+105	-40...+100
Тип взрывозащиты	Exia	Exd, Exia
Страна производитель	Российская Федерация	Российская Федерация
Цена, руб.	4 014	11 510

Проанализировав технические характеристики рассматриваемых сигнализаторов уровня, был выбран ОВЕН ПДУ 3.1 (рисунок 10), так как он полностью удовлетворяет требованиям настоящего ТЗ, степень влаго и пылезащиты выше, чем у рассматриваемого аналога, а также его стоимость в два раза меньше по сравнению с ЭЛЕМЕР-СПГ.



Рисунок 10 – Сигнализатор уровня ОВЕН ПДУ 3.1

Сигнализатор уровня ОВЕН ПДУ 3.1 состоит из штока с контактом (герконом) внутри и поплавка с постоянным магнитом. В зависимости от того, на каком уровне находится поплавок, с постоянным магнитом, на том уровне и замыкается контакт [16], на рисунке 11 можно увидеть описанный принцип работы сигнализатора уровня.

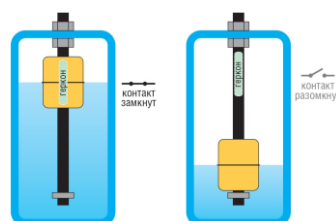


Рисунок 11 – Устройство и принцип работы сигнализатор уровня ОВЕН ПДУ

2.5.7 Выбор программируемого логического контроллера

Одной из самых главных составляющих разрабатываемой автоматизированной системы управления электродегидратором является программируемый логический контроллер.

В качестве ПЛК были рассмотрены такие контроллеры как Siemens S7-300, ЭЛСИ-ТМК, ОВЕН ПЛК 210.

Выбор ПЛК проводился по следующим техническим характеристикам:

- количество аналоговых каналов ввода/вывода (AI/AO);
- количество дискретных каналов ввода/вывода (DI/DO);
- интерфейс передачи данных;
- протокол передачи данных;
- поддерживаемые языки программирования;
- среда программирования;
- температура окружающей среды;
- степень влаго и пылезащиты (IP);
- средняя наработка на отказ;
- страна производитель;
- цена.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик, рассматриваемых ПЛК (таблица 12).

Таблица 12 – Сравнительная таблица ПЛК

Технические характеристики	Модель ПЛК		
	Siemens S7-300	ЭЛСИ-ТМК	ОВЕН ПЛК 210
Количество аналоговых каналов ввода/вывода (AI/AO)	24/16	24/16	4/0

Продолжение таблицы 12

Количество дискретных каналов ввода/вывода (DI/DO)	0/0	0/0	12/12
Интерфейс передачи данных	Ethernet, RS232, RS485, USB	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-232, RS-485, Ethernet
Протокол передачи данных	PROFINET IO, PROFIBUS DP	Ethernet TCP/IP, Etherbus, Modbus RTU, Modbus TCP/IP	Modbus-TCP, OPC UA, MQTT, SNMP
Среда программирования	Tia Portal	CoDeSys v3.5	CoDeSys v3.5
Температура окружающей среды, °C	0...60	-5...60	-40...55
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 20	IP 20	IP 20
Средняя наработка на отказ, час	350 000	90 000	60 000
Страна производитель	Германия	Российская Федерация	Российская Федерация
Цена, руб.	378 000	350 000	64 620

По итогу проведения сравнительного анализа, программируемых логических контроллеров, был выбран ПЛК ЭЛСИ-ТМК (рисунок 12), так как он является модульным, что дает возможность при необходимости расширить систему автоматизации, а также имеет среднюю цену среди рассматриваемых аналогов и является контроллером отечественного производства. Но стоит

отметить, что его средняя наработка на отказ значительно меньше, чем у рассматриваемого аналога Siemens S7-300.



Рисунок 12 – ПЛК ЭЛСИ-ТМК

ПЛК ЭЛСИ-ТМК, благодаря модульности, подходит для построения АСУ ТП малого и среднего масштаба, а его функционал не уступает зарубежным аналогам.

Среди его особенностей стоит отметить, что он поддерживает «горячую» замену модулей, то есть без остановки всей системы, имеет резервное питание и систему самодиагностики и самокалибровки.

Программируется ЭЛСИ-ТМК на всех пяти языках программирования, предусмотренных в ГОСТ Р МЭК 61131-3, в программном продукте CoDeSys v3.5 [17].

2.5.8 Выбор исполнительного устройства

В разрабатываемой автоматизированной системе управления необходимо непрерывно регулировать уровень обезвоженной и обессоленной нефти, уровень границы эмульсионного слоя (нефть-нефтяная эмульсия) и давление газа.

Регулирование осуществляется за счет исполнительного устройства.

Исполнительным устройством называется устройство, которое реализует управляющее воздействие непосредственно на объект управления путем перемещения регулирующего органа. Исполнительное устройство состоит из управляющего механизма (электропривод, пневмопривод, гидропривод) и регулирующего органа (здвижка, клапан, кран).

Выбор исполнительного устройства проводился по следующим параметрам:

- пропускная способность регулирующего клапана;
- материал корпуса;
- тип присоединения к трубопроводу;
- диапазон температур окружающей среды;
- диапазоном температур рабочей среды;
- рабочее давление;
- диаметр условного прохода;
- страна производитель;
- цена;

Рассматривается два регулирующих клапана с электроприводами от производителя Авангард: 25с947п и 25ч945нж.

Была составлена сравнительная таблица технических характеристик рассматриваемых регулирующих клапанов (таблица 13).

Таблица 13 – Сравнительная таблица регулирующих клапанов

Технические характеристики	Модель регулирующего клапана	
	25с947п	25ч945нж
Пропускная способность регулирующего клапана	до 1000	до 1000
Тип рабочей среды	вода, воздух, пар, газ, нефть	вода, воздух, пар, газ, нефть
Материал корпуса	сталь 25Л	чугун СЧ20
Тип присоединения к трубопроводу	фланцевый	фланцевый
Диапазон температур окружающей среды, °С	-40...+50	-15...+50

Продолжение таблицы 13

Диапазоном температур рабочей среды, °С	-40...+150	-15...+300
Рабочее давление, МПа	1,6	1,6
Диаметр условного прохода (DN)	до DN 300	до DN 300
Страна производитель	Российская Федерация	Российская Федерация
Цена, руб.	615 475	542 890

Проанализировав сравнительную таблицу 13, был выбран регулирующий клапан 25с947п (рисунок 13), он превосходит рассматриваемый аналог только в том, что может использоваться в более суровых температурных условиях, но стоимость его выше, по сравнению с рассматриваемым аналогом.



Рисунок 13 – Регулирующий клапан 25с947п

Принцип работы выбранного регулирующего клапана заключается в следующем: электропривод, на который поступает управляющий сигнал, перемещает плунжер относительно седла, и тем самым изменяет пропускную способность клапана [18].

Клапан 25с947п укомплектован электрическим исполнительным механизмом Regada MT (рисунок 14).



Рисунок 14 – Электропривод Regada MT

Данный тип электропривода имеет токовый датчик степени открытия, указатель положения, а также имеется возможность ручного управления [18].

Технические характеристики и условия эксплуатации электропривода Regada MT представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики и условия эксплуатации Regada MT

Технические характеристики	Электропривод Regada MT
Рабочий ход штока, мм.	50
Время закрытия, сек.	60
Напряжение питания	3x380 В, частотой 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт	180
Диапазон температур окружающей среды, °С	-25...+55
Степень влаго и пылезащиты (IP)	IP 55

2.6 Разработка схемы соединений внешних проводок

Разработанная схема внешних проводок отображена в приложении Ж. На схеме показано подключение нижеперечисленных приборов:

- Измерительный преобразователь параметров трёхфазной цепи НПСИ-500-МС;
- Преобразователь температуры Метран-274;
- Сигнализатор уровня ОВЕН ПДУ 3.1;
- Преобразователь давления ЭМИС-БАР 173;
- Волноводный уровнемер Rosemount 5300;
- Поточный влагомер ПВН.615;

- Расходомер ЭМИС-МАГ 270.

Все приборы подключаются к шкафу КИПиА с помощью контрольного экранированного кабеля КВВГЭнг (рисунок 15).



Рисунок 15 – КВВГЭнг

Этот кабель предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В частоты до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В. Прокладывается он как в помещениях, тоннелях, различных каналах так и в условия агрессивной среды, но при отсутствии разного рода механических воздействий на него [19].

Экранирование необходимо для защиты передаваемых сигналов от помех и шумов.

2.7 Разработка алгоритма управления автоматизированной системы

Разработка определенных алгоритмов управления напрямую зависит от требований и задач в разных АСУ ТП. В ВКР были разработаны нижеперечисленные алгоритмы:

- алгоритм сбора данных измерений;
- алгоритм управления технологическим параметром.

2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений

Каналом сбора данных измерений был выбран канал измерения уровня границы эмульсионного слоя. Разработанная блок-схема алгоритма сбора данных измерений представлена в приложении К.

Принцип работы данного алгоритма заключается в циклическом опросе волноводного уровнемера через определенные промежутки времени.

Сначала программа сравнивает показания волноводного уровнемера с верхней границей предельного уровня границы эмульсионного слоя, если измеренный уровень не превышает границу, то тогда программа переходит к сравнению измеренного уровня с нижней границей предельного уровня. В случае если показания волноводного уровнемера выше или ниже допустимых границ, то тогда на верхний уровень передается сигнал о нарушении предельных границ уровня границы эмульсионного слоя.

2.7.2 Алгоритм управления технологическим параметром

Одним из основных регулируемых технологических параметров в электродегидраторе является уровень границы эмульсионного слоя. Регулирование осуществляется с помощью регулирующего клапана (V-4), который установлен на выходном трубопроводе (см. Приложение Б).

На первом этапе разработки системы автоматического регулирования уровня границы эмульсионного слоя была разработана структурная схема системы (рисунок 16), она включает в себя такие элементы как: задающее устройство, ПЛК на основе ПД-регулятора, преобразователь частоты, исполнительное устройство, которое в свою очередь состоит из электропривода и регулирующего клапана, волноводный уровнемер и объект управления, которым является непосредственно сам электродегидратор.

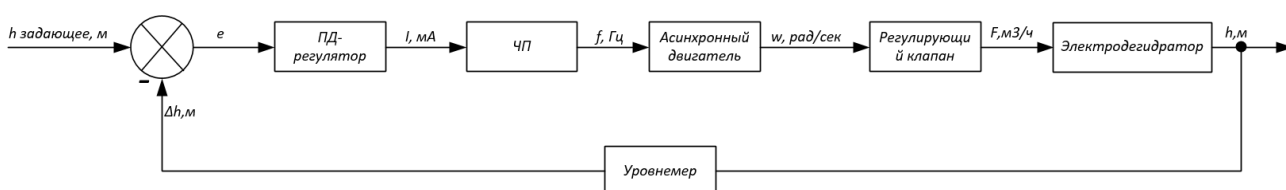


Рисунок 16 – Структурная схема системы автоматического регулирования уровня границы эмульсионного слоя

Принцип работы замкнутого контура регулирования заключается в следующем: уровень границы эмульсионного слоя измеряется волноводным уровнемером, сигнал с которого поступает на ПЛК и сравнивается с заданным значением. Затем вычисляется разность между измеренным значением и

заданным, то есть ошибка регулирования. Вычисленный сигнал ошибки регулирования поступает на ПД-регулятор, а с ПД-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 границы эмульсионного слоя.

Прежде чем приступить к моделированию системы автоматического регулирования уровня границы эмульсионного слоя в программном продукте Matlab/Simulink 2022a, необходимо определить передаточные функции каждого из элементов системы и рассчитать их коэффициенты.

Для расчета коэффициентов передаточных функций системы автоматического регулирования была составлена таблица с необходимыми параметрами (таблица 15).

Таблица 15 – Параметры для расчета передаточных функций

Наименование параметра	Значение
$\omega, \text{рад/сек}$	200
$f_{\max}, \text{Гц}$	50
$J, \text{Н}\cdot\text{м}$	180
$M_k, \text{Н}\cdot\text{м}$	50
$I_{\max}, \text{мА}$	20
$i_{\text{ред}}$	72

Передаточная функция асинхронного двигателя имеет вид апериодического звена первого порядка [20]:

$$W_{\text{дв}} = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} \cdot s + 1} = \frac{4}{3.6s + 1}, \quad (1)$$

где $k_{\text{дв}}$ – коэффициент усиления асинхронного двигателя, рассчитывается по формуле (2);

$T_{\text{дв}}$ – электромеханическая постоянная времени асинхронного двигателя, рассчитывается по формуле (3).

$$k_{\partial\epsilon} = \frac{\omega}{f_{\max}}, \quad (2)$$

где ω – скорость вращения, рад/сек;

f_{\max} – максимальная частота управляющего сигнала, Гц;

$$T_{\partial\epsilon} = \frac{\omega J}{M_k}, \quad (3)$$

где J – момент инерции вращающихся частей, $H \cdot м$;

M_k – момент силы, $H \cdot м$.

Редуктор представлен безынерционным звеном [21]:

$$W_{ред} = \frac{1}{i_{ред}} = 0.014, \quad (4)$$

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

Передаточная функция преобразователя частоты имеет вид апериодического звена первого порядка [21]:

$$W_{чп} = \frac{k_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1} = \frac{2.5}{1.2s + 1}, \quad (5)$$

где $k_{чп}$ – коэффициент усиления преобразователя частоты рассчитывается по формуле (6);

$T_{чп}$ – постоянная времени преобразователя частоты рассчитывается по формуле (7).

$$k_{чп} = \frac{f_{\max}}{I_{\max}}, \quad (6)$$

где I_{\max} – максимальный управляющий токовый сигнал, мА.

$$T_{чп} = \frac{T_{\partial\epsilon}}{3}. \quad (7)$$

Объект управления (электродегидратор) может быть описан апериодическим звеном первого порядка [22]:

$$W_{oy} = \frac{k_{oy}}{T_{oy}s + 1} = \frac{2.8}{25.5s + 1}, \quad (8)$$

где k_{oy} – коэффициент усиления резервуара с жидкостью рассчитывается по формуле (9);

T_{oy} – постоянная времени резервуара с жидкостью рассчитывается по формуле (10).

$$k_{oy} = \frac{2\sqrt{h_0}}{\alpha}, \quad (9)$$

где h_0 – стабилизированный уровень жидкости в резервуаре, м;

α – степень открытия регулирующего клапана;

$$T_{oy} = \frac{2S\sqrt{h_0}}{\alpha}, \quad (10)$$

где S – площадь сечения резервуара, м².

Регулирующий клапан описывается интегрирующим звеном [22]:

$$W_{ред} = \frac{1}{s}. \quad (11)$$

Для ограничения процента открытия клапана используется блок Saturation.

Уровнемер описывается безынерционным звеном с коэффициентом передачи равным единице [22].

Разработанная модель системы автоматического регулирования представлена на рисунке 17.

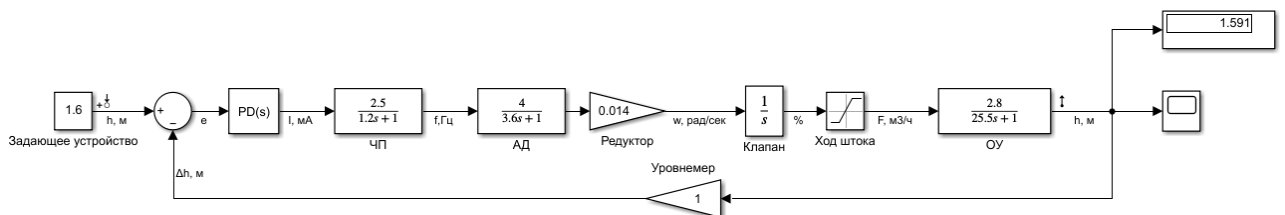


Рисунок 17 – Модель САУ уровня границы эмульсионного слоя Matlab/Simulink

ПД-регулятор был настроен с помощью встроенной функции автоматической настройки. Коэффициенты ПД-регулятора отображены на рисунке 18.

Controller parameters

Source:

Proportional (P):

Derivative (D):

Filter coefficient (N): Use filtered derivative

Рисунок 18 – Коэффициенты ПД-регулятора

А также был построен график переходного процесса САР уровня границы эмульсионного слоя, который отображен на рисунке 19.

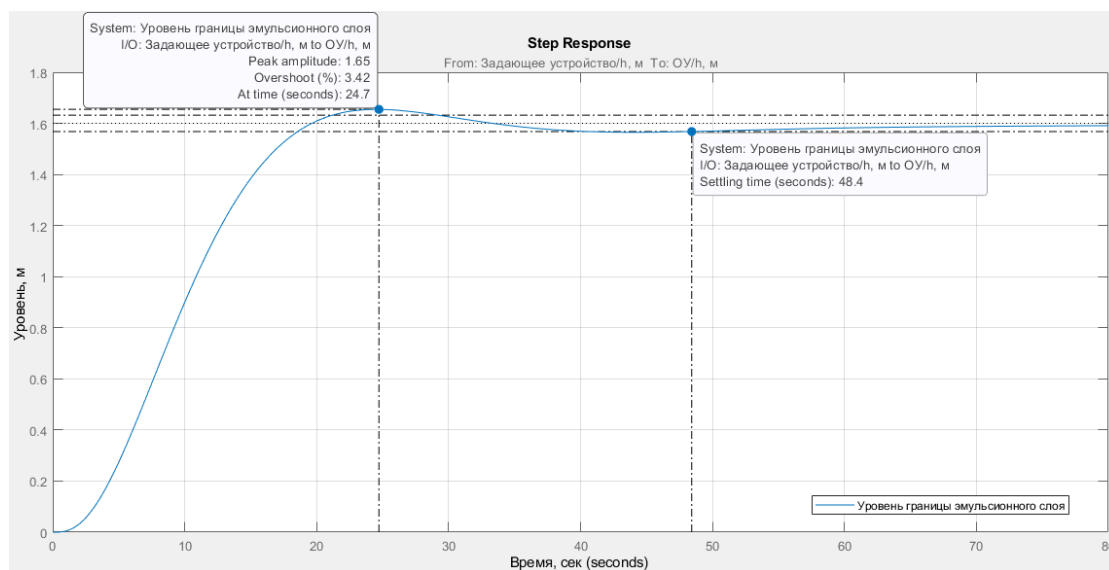


Рисунок 19 – График переходного процесса САР уровня границы эмульсионного слоя

По построенному графику переходного процесса было определено время переходного процесса и перерегулирование (таблица 16).

Таблица 16 – Показатели качества САР уровня границы эмульсионного слоя

Время переходного процесса (t_p), сек	48.4
Перерегулирование (σ), %	3.42

Проанализировав полученный график переходного процесса и показатели качества был сделан вывод о том, что разработанная система работоспособна и устойчива.

Кроме этого стоит проверить работоспособность системы с возмущающим воздействием, которым является дебит нефтяной эмульсии. Модель системы с возмущающим воздействием представлена на рисунке 20.

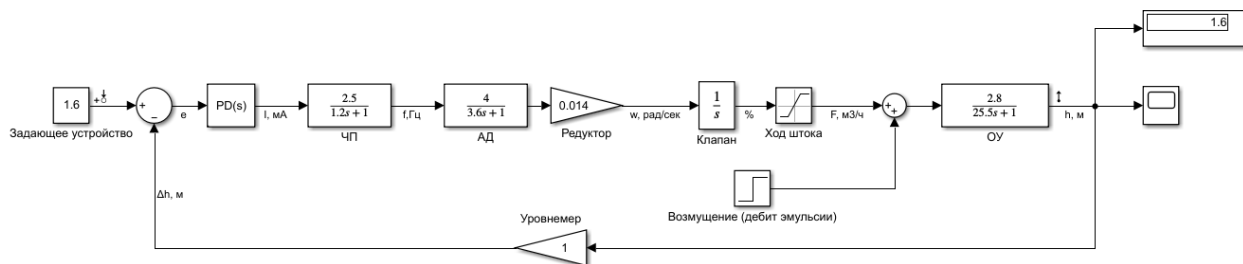


Рисунок 20 – Модель САР уровня границы эмульсионного слоя с возмущающим воздействием в Matlab/Simulink

На рисунке 21 представлен график переходного процесса системы с возмущающим воздействием.

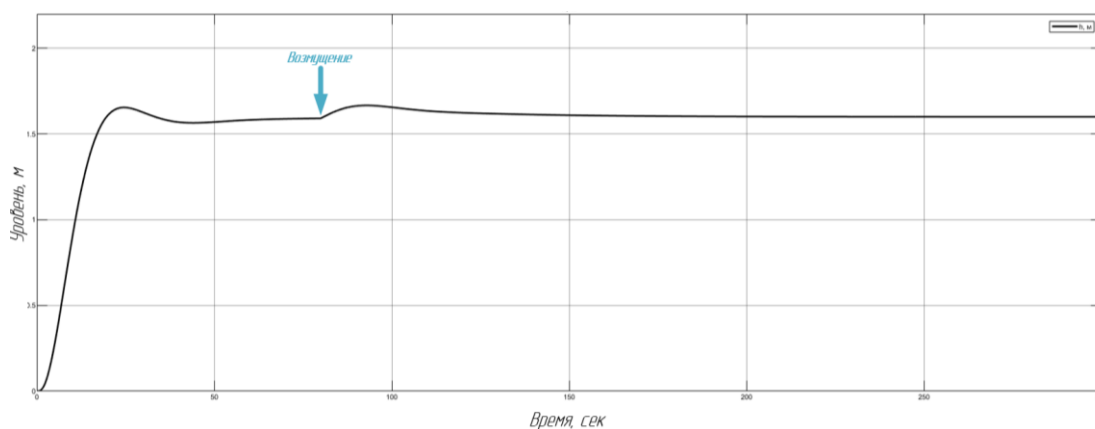


Рисунок 21 – График переходного процесса САР уровня границы эмульсионного слоя с возмущающим воздействием

На рисунке 21 можно увидеть, что разработанная система справляется с возмущающим воздействием, следовательно, система является работоспособной.

2.8 Разработка мнемосхемы автоматизированной системы

Для разработки мнемосхемы была использована отечественная SCADA-система SIMPLE-SCADA.

SIMPLE-SCADA – программный пакет, который предназначен для разработки мнемосхем и обеспечения работы в реальном времени систем сбора, а также она позволяет обрабатывать, отображать и архивировать полученные данные технологического процесса.

Разработанная мнемосхема автоматизированной системы управления электродегидратором имеет два окна:

- Основное окно, с помощью которого производится мониторинг технологических параметров в реальном времени, пуск и останов высоковольтного источника питания, отображение предупредительных и аварийных сообщений, формируются отчеты;

- Окно уставок, на котором предусмотрен функционал для ручного задания уставок технологического процесса и отображение предупредительных и аварийных сообщений.

Основное окно разработанной мнемосхемы представлено в приложении Л, а окно уставок в приложении М.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время такое понятие как коммерческая ценность разработки является одним из важнейших факторов, определяющим насколько перспективно и ценно будет научное исследование на первых этапах жизненного цикла научного исследования. Именно коммерческая ценность выступает необходимым условием при поиске финансирования для проведения различных испытаний и внедрения разработки в производство. Необходимо учесть, что коммерческий потенциал исследования будет зависеть от того, насколько технические параметры данной разработки лучше аналогичных конкурентных разработок, а также понимание таких вопросов как: минимально необходимое время для выхода на рынок, какова цена продукта, в каких сегментах рынка он будет наиболее востребован.

Главной целью создания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание разработки, проекта, соответствующего требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения и являющегося конкурентоспособным на рынке в текущее время.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребности результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия, специализирующиеся на разработке АСУ ТП и внедрении их в производство. Разработанная в ВКР система управления электродегидратором рассчитана преимущественно на средние и крупные предприятия.

В таблице 17 приводятся основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами

обозначены компании: «А» - ООО «Элком+», «Б» - ООО «ИндаСофт», «В» - АО «ЭлеСи».

Таблица 17 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер компании	Крупные	В	Б	В

Исходя из анализа карты сегментирования, можно сделать вывод о том, что разработка SCADA-системы и выполнение строительно-монтажных работ являются наиболее предпочтительным объектом для разработок среди крупных и средних компаний.

3.1.2 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.

Компании «ЭлеСи» и «Элком+» являются лидерами в отрасли автоматизации по Томской области.

Компания «ЭлеСи» строит системы диспетчерского контроля, используя контроллеры своего производства, а также SCADA Infinity (своего производства). Цена за разработки компании невысока, но оборудование во многом уступает зарубежным аналогам.

Компания ООО Элком+ является одной из компаний, занимающейся разработкой АСУ для таких предприятий как ПАО «Газпром» и ПАО НК «Роснефть». Компания также осуществляет предпроектное обследование и разработку проектной и рабочей документации. Располагается в городе Томск.

В таблице 18 отражена оценочная карта для сравнения разработок конкурентов.

Таблица 18 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разработка АСУ ПП	Элком+	ЭлеСи	Разработка АСУ ПП	Элком+	ЭлеСи
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Удобство в эксплуатации	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
Безопасность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Улучшение производительности	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Возможность модификации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Ремонтопригодность	0,09	5	4	5	0,45	0,36	0,45
Точность измерения	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
Помехоустойчивость	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
После проектное сопровождение	0,11	3	5	5	0,33	0,55	0,55
Цена	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
Срок эксплуатации	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
Итого	1	47	47	44	4,29	4,21	4,05

Анализ конкурентных технических решений рассчитываем по формуле (12):

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (12)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из оценочной карты можно заметить, что текущий проект является конкурентоспособным.

Стоит заметить, что его положительными сторонами являются улучшение производительности, ремонтпригодность, цена. С другой стороны, при дальнейшей модернизации проекта необходимо уделить большее внимание таким критериям, как возможность модификации, помехоустойчивость, после проектное сопровождение, предполагаемый срок эксплуатации и безопасность.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ разрабатываемого проекта, необходимый для исследования внешней и внутренней среды проекта. По результатам его проведения у организации появляется представление о перспективах развития и возможных угрозах. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Более низкая стоимость. С3. Актуальность разработки. С4. Не требуется уникальное оборудование.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынок. Сл4. «Новичок» на рынке разработчиков АСУ ТП.</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1С3 – актуальность и экономичность разработанной системы свидетельствует о большом потенциале проекта. В2С2 – использование существующего ПО предполагает меньшую стоимость системы. В3С2 – поиск более дешевых датчиков и исполнительных механизмов.</p>	<p>В1Сл4 – трудность в нахождении клиентов и необходимость укрепления позиций на рынке. В2Сл1Сл2 – в связи с тем, что отсутствует работающий прототип, заранее не известна его совместимость с существующем ПО.</p>

Продолжение таблицы 19

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему. У4. Срыв поставок оборудования.</p>	<p>У1С2 – несмотря на то, что спрос на новые технологии невысок, низкая стоимость проекта сможет решить данную проблему. У3С1С2С3 – заказчикам сложно будет перейти на новую систему, однако разработанный проект имеет ряд преимуществ: актуальность, более низкая цена, экономичность. У4С4 – сотрудничество с ненадежными поставщиками оборудования.</p>	<p>У1Сл1Сл4 – клиентов могут отпугнуть отсутствие прототипа и внедрение новых технологий. У3Сл2Сл3 – возможные срывы сроков работы. У4Сл4 – отсутствие опыта в выборе поставщиков.</p>
---	---	--

– Чтобы уменьшить влияние Сл1, разрабатываемая система детально прорабатывается и подвергается ряду проверок на качество работы в среде MATLAB.

– Большой срок поставок оборудования можно обсудить с поставщиком, при заключении договоров поставки. Если не будет найден компромисс, то возможно обратиться к российским аналогам.

– Медленный процесс вывода на рынок неизбежен, поскольку установка системы займет продолжительное время, однако, если заключать договор на этапе начала строительства, а не в процессе её эксплуатации, то это во многом упрощает процесс внедрения системы.

– Чтобы убедить потребителей в надёжности системы она проходит проверки качества в системе MATLAB. При необходимости возможен расчёт надёжности для конкретного предприятия.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 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 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
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
Разработка АСУ	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Разработка структурной схемы АС и схемы информационных потоков	Инженер
	8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер
	9	Выбор средств реализации АС	Инженер
	10	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	11	Разработка алгоритма автоматического управления	Инженер
	12	Разработка SCADA	Инженер
Оформление отчета по	13	Составление пояснительной записки	Инженер

Как можно заметить из таблицы 20, большинство работы было проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь консультанта и руководителя.

3.2.2 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:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{мин\ i} + 2t_{макс\ i}}{5}, \quad (13)$$

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

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

$t_{макс\ i}$ – 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 (14). Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (14)$$

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 (15):

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{кал}, \quad (15)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (16)$$

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

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

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

Получили, что $k_{кал} = 1,221$.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлены до целого числа. Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 21.

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{Pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, 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 АС и схемы информационных потоков	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка функциональных схем автоматизированной системы ГОСТ и ANSI/ISA	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	6	-

Продолжение таблицы 21

Выбор средств реализации автоматизированной системы	6	-	12	-	8,4	-	8,4	-	10	-
Разработка схемы внешних проводок	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка алгоритма автоматического управления	6	-	9	-	7,2	-	7,2	-	9	-
Разработка SCADA	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

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научных работ представлен в форме диаграммы Гранта, которая представлена в таблице 22.

Таблица 22 – 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				
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Р, И	10	■													
3	Выбор направления исследований	Р, И	11	■													
4	Постановка целей и задач работы	Р, И	12		■												
5	Календарное планирование работ по теме	Р, И	10		■												
6	Описание технологического процесса	И	2			■											
7	Разработка структурной схемы АС и схемы информационных потоков	И	4				■										
8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы ГОСТ и ANSI/ISA	И	8					■									
9	Выбор средств реализации автоматизированной системы	И	9						■								
10	Разработка схемы внешних проводок	И	4							■							
11	Разработка алгоритма автоматического управления	И	9								■						
12	Разработка SCADA	И	15										■				

3.2.4.2 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 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Microsoft Visio 2016 Pro	1	5 614	5 614
2	Microsoft Office	1	40 538	40 538
3	MATLAB 2022b	1	5 435	5 435
4	Simple SCADA	1	8 000	8 000
Итого:				59 587

3.2.4.3 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:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (18)$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{он} + T_p, \quad (19)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (20)$$

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 25.

Таблица 25 – 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:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (21)$$

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 26.

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m , руб.	$Z_{\text{дон}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, 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.

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{дон}} = k_{\text{дон}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (22)$$

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

В таблице 27 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 27 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$, руб	$k_{\text{дон}}$	$Z_{\text{дон}}$, 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.

3.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (23)$$

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 28.

Таблица 28 – 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.

Накладные расходы

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

Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (24)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 16% и получим накладные расходы в размере 31602.88 руб.

3.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 29.

Таблица 29 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	79500
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	59587
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	288560,9

В ходе формирования бюджета затрат на НТИ вышло, что затраты составляют: 288 561 руб.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (25)$$

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 электродегидратора в компании «ЭлеСи» равняется 300000 руб., а в компании «Элком+» – 340000 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{«ЭлеСи»}$	$I_{финр}^{«Элком+»}$
Студент с руководителем	288561 руб.	310000 руб.	0,84	0,88	1
«ЭлеСи»	300000руб.				
«Элком+»	340000 руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с преподавателем	«ЭлеСи»	«Элком+»
Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	3	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	5	3	3
Безопасность	0,05	5	4	4
Надежность	0,15	4	3	4
Ремонтопригодность	0,15	4	5	3
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{студент}$	$I_{«ЭлеСи»}$	$I_{«Элком+»}$
4,4	3,95	4,1

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}}. \quad (26)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов

$I_{исп.студент}$	$I_{исп."ЭлеСи"}$	$I_{исп."Элком+"}$
5,23	4,48	4,1

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.студент}}. \quad (27)$$

В таблице 34 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработанный вариант	«ЭлеСи»	«Элком+»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,76	0,87	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,95	4,1
Интегральный показатель эффективности	5,78	4,54	4,1
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,85	0,78

Исходя из полученных данных таблицы 34, 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 электродегидратором:

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. Выявлено два конкурента: АО «ЭлеСи» и ООО Элком+. Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам по возможности модификации, помехоустойчивости, после проектом сопровождении, предполагаемому сроку эксплуатации и безопасности, однако выигрывает за счет улучшенной производительности, ремонтпригодности и цены.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: отсутствие спроса на новые технологии; развитая конкуренция; сложность перехода на новую систему; срыв поставок оборудования. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 3.1.3.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работы было сделано самостоятельно, однако потребовалась помощь руководителя на начальном и конечном этапе. Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка трех календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальную проработку проекта.

5. В процессе расчёта бюджета НТИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и студента схожи – это связано с тем, что у преподавателя при большем окладе, меньшее число рабочих дней. Также в

общем бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 288561 руб.

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

4 Социальная ответственность

Одной из задач автоматизации является не только функционирование технологического процесса с наименьшим участием человека, но и сохранение производительности труда и эффективности процессов путем улучшения рабочих условий персонала и минимизации воздействия производственных мощностей на окружающую природную среду.

С одной стороны, безопасность жизнедеятельности на производстве позволяет обеспечить защиту трудящегося, благодаря соблюдению норм и правил, устанавливающих оптимальные значения температуры, влажности, вибрации и других параметров, с другой – экологический инжиниринг, который посредством организационных и правовых действий старается уменьшить число вредоносных факторов, влияющих на природу. Соблюдение техники безопасности при работе с установками поможет уберечь сотрудника от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на рабочем месте. Особенно, если технологический процесс происходит с участием взрывоопасных жидкостей и газов, которые могут повлиять на возникновение пожаров, взрывов, загазованности.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является электродегидратор на электрообессоливающей установке. Данная установка применяется для обезвоживания и обессоливания сырой нефти.

Целью данной работы является разработка эффективной автоматизированной системы управления электродегидрации сырой нефти.

Рабочей зоной являются полевые условия.

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 электродегидратор, 1 трансформатор, датчики КИПиА.

Конечным пользователем разрабатываемой АСУ ТП электродегидратора будут операторы технологических установок.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В трудовом кодексе РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее. Оператор исходя из трудового кодекса имеет право на сокращенную продолжительность рабочего времени, для работников в возрасте от шестнадцати до восемнадцати лет - не более 35 часов в неделю. При непрерывном функционировании установки имеется ночная смена с 22 до 6 часов. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю [23].

Согласно Федеральному закону от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» условия труда оператора технологических установок относится ко второму классу (допустимые условия труда).

Согласно ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». При создании рабочего места оператора следует учитывать:

- 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.

Также стоит принимать во внимание, что рабочее место должно иметь достаточное пространство для осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования [24]. Все требуемые органы управления и индикаторы автоматизированного рабочего места должны быть группированы и полностью расположены в зоне досягаемости рабочего.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» рабочий стол

может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы. Так как, основная работа оператора заключается в управлении процессом с помощью SCADA-системы, поэтому экран монитора следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости. Часто используемые источники информации должны быть расположены под углами 30° , а редко используемые – 60° [25].

4.2 Производственная безопасность

Управление электродегидратором осуществляется операторам технологических установок с автоматизированного рабочего места. Перечень опасных и вредных факторов, присутствующих при работе оператора технологических установок согласно ГОСТ 12.0.003-2015 представлен в таблице 35 [26].

Таблица 35 – Возможные опасные и вредные факторы в операторской АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-215)	Нормативные документы
1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
2. Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
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»

Продолжение таблицы 35

4. Электромагнитное поле промышленной частоты (50-60 Гц)	СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»
5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

4.2.1.1 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума при работе установки причисляют к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Возникает он за счет движения жидкости через трубопроводы, при открытии или закрытии задвижек, но главным источником шума является электродвигатель регулирующего клапана. Существует ряд негативных последствий шума, например, он неблагоприятно действуют на организм человека, вызывает головную боль, под его влиянием развивается раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, а при чрезвычайно интенсивном действии понижаются возбудительные процессы в коре головного мозга.

Интенсивный шум (более 80 дБ) при длительном воздействии может привести к полной или частичной потере слуха. Допустимые значения звукового давления согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Допустимые уровни звукового давления

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

Для уменьшения воздействия повышенного уровня шума на организм оператора технологических установок следует:

- использовать звуко и шумоизоляционные материалы;
- рационально планировать производственное помещение, снижая уровень шума (экранирование рабочего места);
- своевременно смазывать движущие части механизмов.

А в качестве индивидуальных средств защиты можно использовать наушники [27].

4.2.1.2 Электромагнитное поле промышленной частоты

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» [28].

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.

4.2.1.3 Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через теле человека

Питание многих элементов установки, происходит от сетевого напряжения 220 В, некоторые модули питаются от 12 В или 24 В, поэтому

существует вероятность поражения человека данным напряжением. Несоблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» может привести к смертельному исходу [29]. Поражение зачастую происходит из-за контакта человека с оголенными проводами или частями цепей, в которых остался заряд, например, при работе с электроприводами регулирующих клапанов используется преобразователь частоты, в котором имеются конденсаторы, сохраняющие напряжение даже после отключения системы.

Действие электрического тока на организм человека может быть тепловым (ожоги), механическим (разрыв тканей, растрескивание костей), химическим (электролиз), и биологическим (нарушение функций нервной системы и управляемых ею процессов в живом организме). Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА [29].

Чтобы избежать воздействия тока на организм следует:

- использовать изоляцию надлежащего качества, в некоторых случаях – двойную;
- использовать диэлектрические перчатки и прорезиненную обувь;
- проводить плановые проверки и ремонт электропроводки и электрооборудования;
- всё электрическое оборудование и составляющие электроустановок должны быть заземлены.

4.2.1.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения.

Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, так же, как и ошибки, допущенные

при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок.

В помещении операторной в качестве искусственного освещения используются светильники с люминесцентными лампами. Нормы освещенности приведены в СП 52.13330.2016, освещенность рабочего места оператора ТУ должна составлять (300 – 500) Лк. при общем освещении [30].

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.

4.2.1.5 Повышенный уровень общей вибрации

Анализ показателей норм вибрации определяется в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21.

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 электродегидратором 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 [27] электродегидратора представлены в таблице 37. Таблица 37 – 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 скорректированный уровень 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 Экологическая безопасность

Атмосфера. Источником загрязнения являются легкие фракции углеводородов, которые могут испаряться в окружающую среду при недостаточной герметичности частей установки. Основной метод 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.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе эксплуатации электродегидратора возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций: разлив нефтепродукта, пожар, взрыв, природные катастрофы (наводнение, цунами, ураганы), а также геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории).

Наиболее вероятным ЧС может являться пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [31].

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» был определен класс возможного пожара: пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е).

Источником возникновения пожара может послужить:

- короткое замыкание электрической цепи приборов;

- переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- нагрев резервуаров в летний период.

Согласно требованиям, СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [32] пожарная безопасность должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефти;
- предотвращения образования на территории где находится электродегидратор горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего электродегидратор, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и возгораний.

Управлять пожарной сигнализацией можно с операторской или в ручном режиме по месту. При возникновении пожара система пожаротушения срабатывает автоматически.

В случае возникновения пожара на электродегидраторе необходимо:

1. Покинуть место пожара;
2. Прекратить подачу электроэнергии;
3. Прекратить подачу нефтяной смеси в электродегидратор;
4. Руководствоваться инструкциями по противопожарной безопасности, разработанными на эксплуатирующем предприятии.

Основными огнетушащими веществами являются пенные составы, имеющие меньшую с нефтепродуктами плотность, покрывающие поверхность горячей жидкости и блокирующие поступление кислорода в среду горения.

Выводы по разделу социальная ответственность

Как стало ясно по данному разделу, обеспечение безопасности на производстве является очень сложным и ответственным процессом, особенно это касается предприятий 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 (электродегидратор и межпромысловый трубопровод), оказывающий значительное негативное

воздействие на окружающую среду относится ко II категории.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована автоматизированная система управления электродегидратором на электрообессоливающей установке. Был разработан следующий графический материал: функциональные схемы автоматизации согласно ГОСТ 21.208-2013 «Обозначения условные приборов и средств автоматизации», ГОСТ 21.408-2013 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» и американскому национальному стандарту ANS I/ISA-5.1-2009, структурная схема автоматизированной системы, схема информационных потоков, схема соединений внешних проводок.

Для обеспечения функционала разрабатываемой автоматизированной системы были выбраны контрольно-измерительные приборы, программируемый логический контроллер и исполнительные устройства.

Было разработано алгоритмическое обеспечение технологического процесса, а именно блок-схема алгоритма сбора данных измерений и алгоритм управления уровнем эмульсионного слоя в электродегидраторе на основе ПД-регулятора.

Разработана мнемосхема, которая предназначена для мониторинга и управления технологическим процессом в реальном времени, оператором с автоматизированного рабочего места.

Спроектированная автоматизированная система удовлетворяет текущим требованиям настоящего ТЗ, а также имеет потенциал для модернизации и расширения.

Список использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 156 с.
2. ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200008639> (Дата обращения: 27.04.2022).
3. ГОСТ Р МЭК 61131-3 «Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200135008> (Дата обращения: 27.04.2022).
4. ГОСТ 8009-84 «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200004505> (Дата обращения: 28.04.2022).
5. Нефтегазовое оборудование. Технический каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://saulit.ru/catalog2014/6.pdf> (Дата обращения: 29.04.2022).
6. ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108003> (Дата обращения: 1.05.2022).
7. ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108005> (Дата обращения: 01.05.2022).
8. ANSI/ISA-5.1-2009 «Instrumentation Symbols and Identification» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf (Дата

обращения: 01.05.2022).

9. Каталог продукции фирмы «Метран». Аналоговые преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uralprompribor.ru/catalog/danchiki-temperaturi/preobrazovatel-temperature-tsmu-metran27408exd100m20005n100100-s420mabkt5u11gp/> (Дата обращения: 02.05.2022).

10. Влагомер нефти поточный ПВН-615.001. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vlagomery-nefti.ru/downloads/pvn-1.pdf> (Дата обращения: 02.05.2022).

11. Каталог продукции фирмы «Эмис». Электромагнитные счетчики, расходомеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://emis-kip.ru/ru/prod/elektromagnitnyj_rashodomer/ (Дата обращения: 03.05.2022).

12. Каталог продукции фирмы «Эмис». Датчики избыточного давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://emis-kip.ru/ru/prod/datchiki-izbytochnogo-davleniya/> (Дата обращения: 03.05.2022).

13. Руководство по эксплуатации: Уровнемер 5300. Волноводный радарный уровнемер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metr-k.ru/files/products/rosemount/5300/Rosemount_5300_00809-0107-4530_EA.pdf (Дата обращения: 03.05.2022).

14. Каталог продукции фирмы «ЕКФ». Амперметр АМ-DG33 цифровой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/3862013> (Дата обращения: 08.05.2022).

15. Каталог продукции фирмы «КонтАвт». Измерительные преобразователи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://insat.ru/prices/info.php?pid=88409> (Дата обращения: 12.05.2022).

16. Каталог продукции фирмы «ОВЕН». Датчики уровня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/datchiki_urovnya_poplavkovie_pdu (Дата обращения: 14.05.2022).

17. Каталог продукции фирмы «ЭлеСи». ПЛК ЭЛСИ-ТМК

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elesy.ru/products/products/plc/elsy-tmk/properties.aspx> (Дата обращения: 14.05.2022).

18. Каталог продукции фирмы «Авангард». Регулирующие клапаны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://saz-avangard.ru/catalog/klapany-reg/odnosedelnyy-chugunnyy-eim/25s947p/d300/> (Дата обращения: 14.05.2022).

19. Каталог продукции. Кабели контрольные. КВВГЭнг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kemerovo.cable.ru/cable/group-kvvgeng_a_ls.php#tab_description (Дата обращения: 16.05.2022).

20. Передаточная функция асинхронного двигателя при управлении по каналу напряжения обмотки статора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poznayka.org/s3053t2.html> (Дата обращения: 17.05.2022).

21. Дядик В. Ф., Байдали С. А., Криницын Н. С., Теория автоматического управления. Учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2011. – 196 с.

22. Основные понятия и определения теории автоматического управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncfu.ru/export/uploads/imported-from-dle/op/doclinks2017> (Дата обращения: 17.05.2022).

23. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (Дата обращения: 24.05.2022).

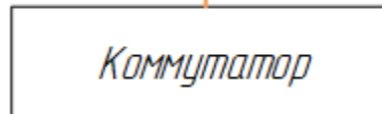
24. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012834> (Дата обращения: 24.05.2022).

25. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> (Дата обращения: 24.05.2022).

26. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (Дата обращения: 24.05.2022).
27. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (Дата обращения: 24.05.2022).
28. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573230583> (Дата обращения: 25.05.2022).
29. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (Дата обращения: 25.05.2022).
30. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (Дата обращения: 25.05.2022).
31. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (Дата обращения: 26.05.2022).
32. СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108948> (Дата обращения: 26.05.2022).

Приложение А (обязательное) Структурная схема

Верхний уровень



Контроллерный уровень



Полевой уровень

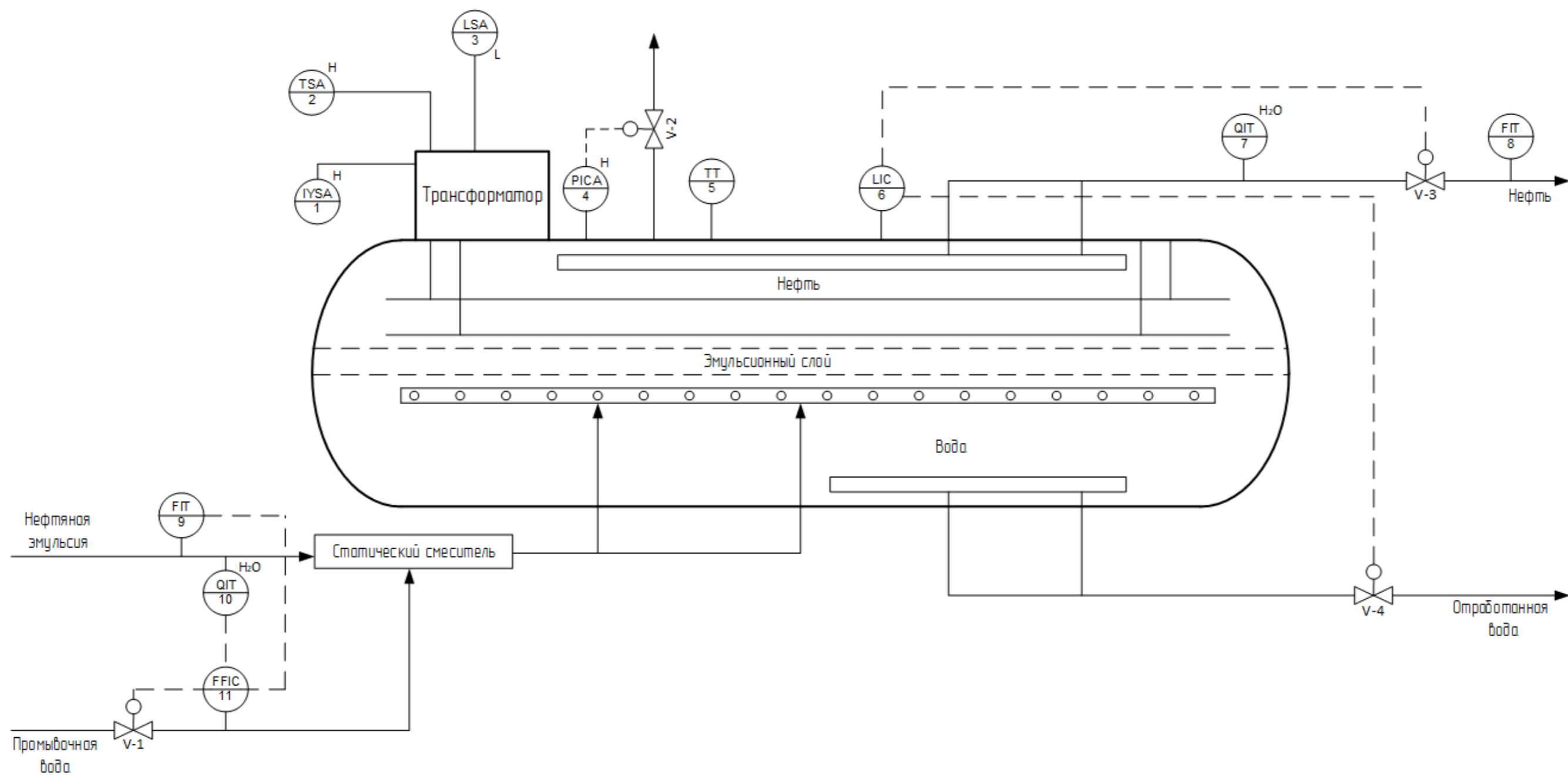


— 4-20 мА
— Ethernet

Согласовано	
Взам. инв. №	
Листы и дата	
Инд. № подл.	

ФЮРА.425280.01					
Автоматизированная система управления электродегидратором					
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал		Бородавской А.Р.			30.05.22
Проверил		Сидорова А.А.			30.05.22
ГИП		ГИП			30.05.22
Н.контр.		нормоконтроль			30.05.22
Утвердил		утвердил			30.05.22
Структурная схема АС				Стадия	Лист
				У	1
				Листов	10
ТПУ ИШИТР Группа ВТВА					

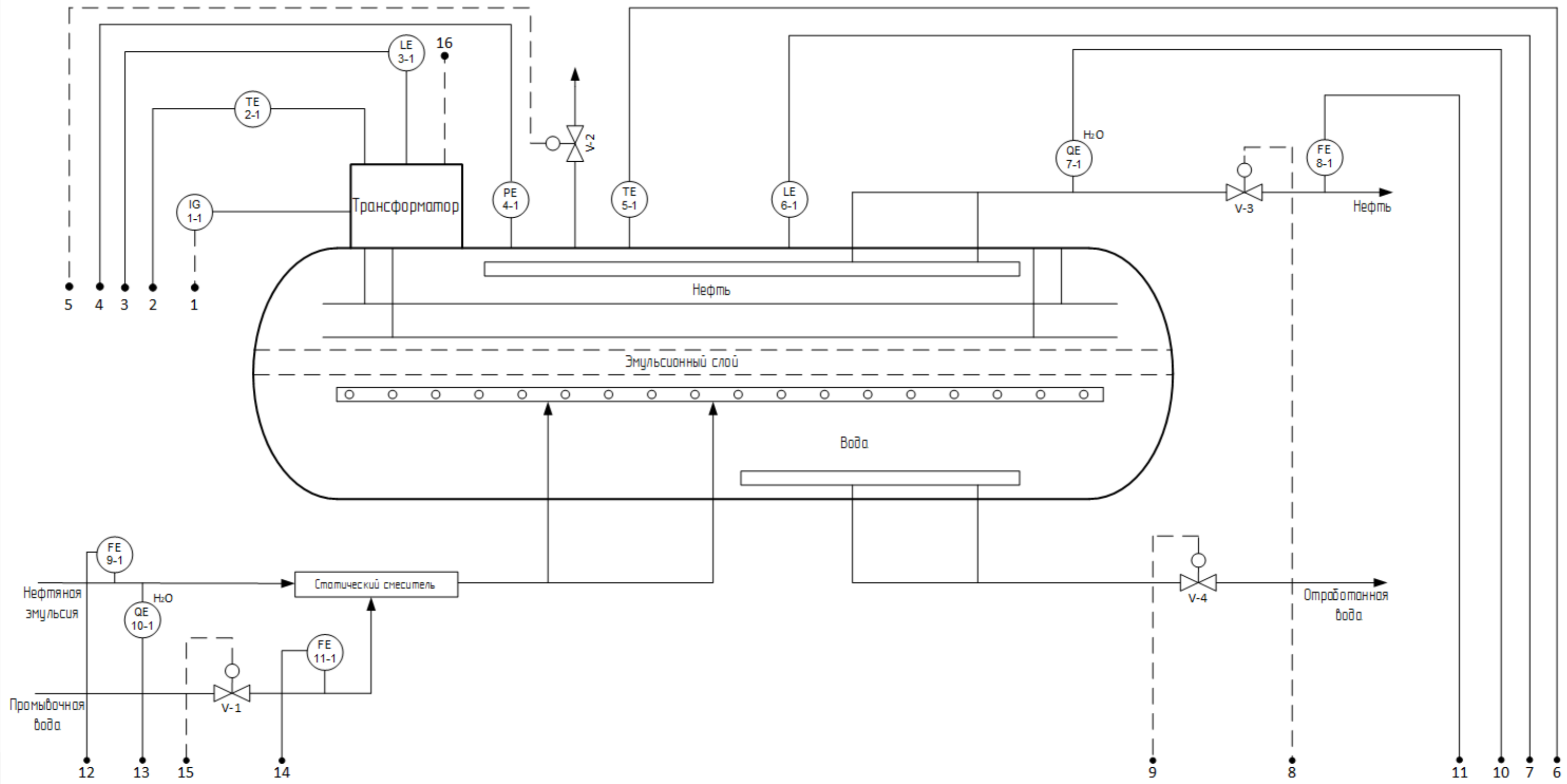
**Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации
ГОСТ 21.408-2013 (упрощённая)**



Взам. инв. №	
Лист и дата	
Инв. № подл.	

						ФЮРА.425280.02			
						Автоматизированная система управления электродегидратором			
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Функциональная схема автоматизации (ГОСТ 21408-2013)	Страница	Лист	Листов
Разработал					30.05.22		4	2	10
Проверил					30.05.22				
ГИП		ГИП			30.05.22				
Норм. контр.		норм. контроль			30.05.22				
Утвердил		утвердил			30.05.22				
							ТПУ ИШИТР Группа ВТ8А		

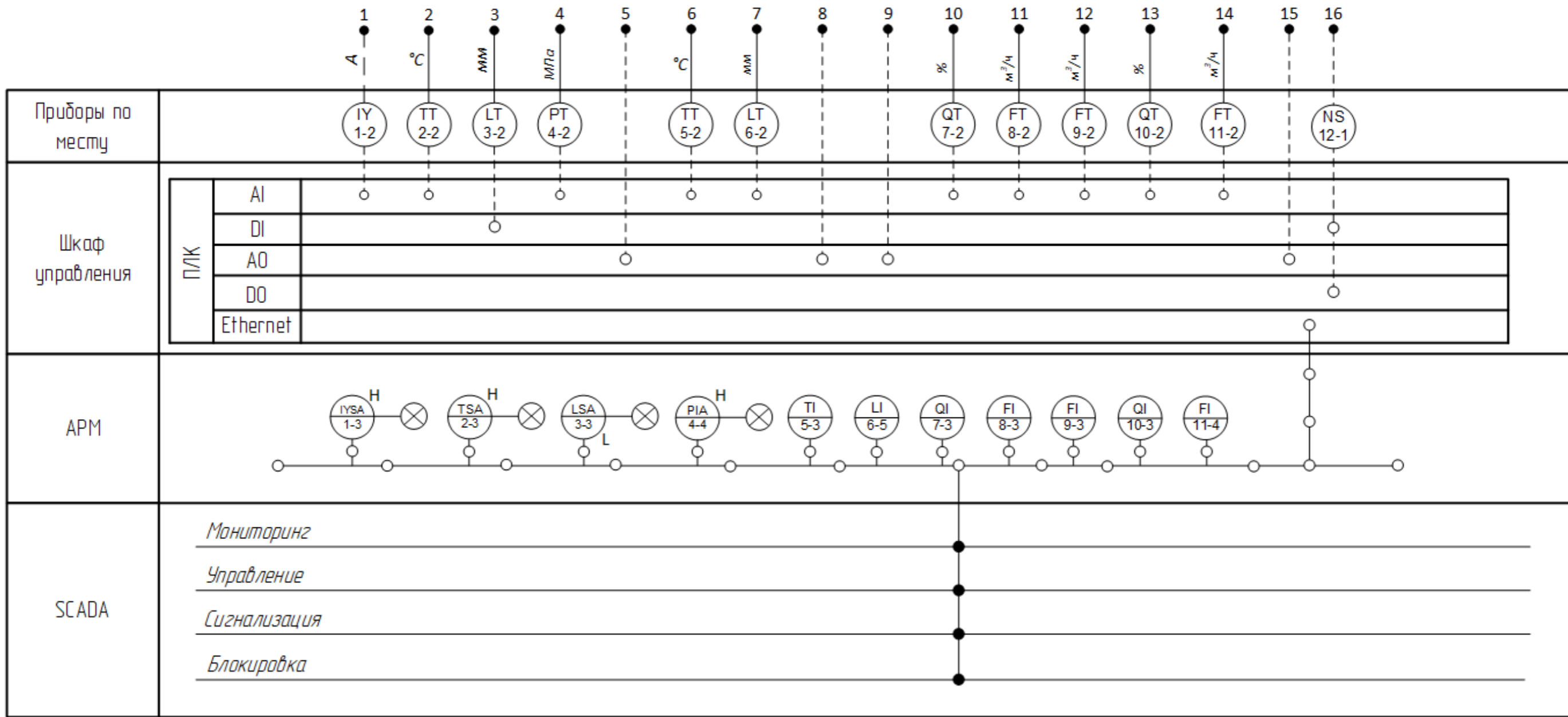
**Приложение В (обязательное) Функциональная схема автоматизации
ГОСТ 21.408-2013 (развёрнутая)**



Взам. инв. №	
Лист. и дата	
Инд. № подл.	

ФЮРА.425280.03							
<i>Автоматизированная система управления электродегидратором</i>							
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		
Разработал		Боравской А.Р.			30.05.22		
Проверил		Сидорова А.А.			30.05.22		
ГИП		ГИП			30.05.22		
Нконтр.		нормоконтроль			30.05.22		
Утвердил		утвердил			30.05.22		
Функциональная схема автоматизации (ГОСТ 21408-2013)					Стадия	Лист	Листов
					У	3	10
ТПУ ИШИТР Группа ВТВА							

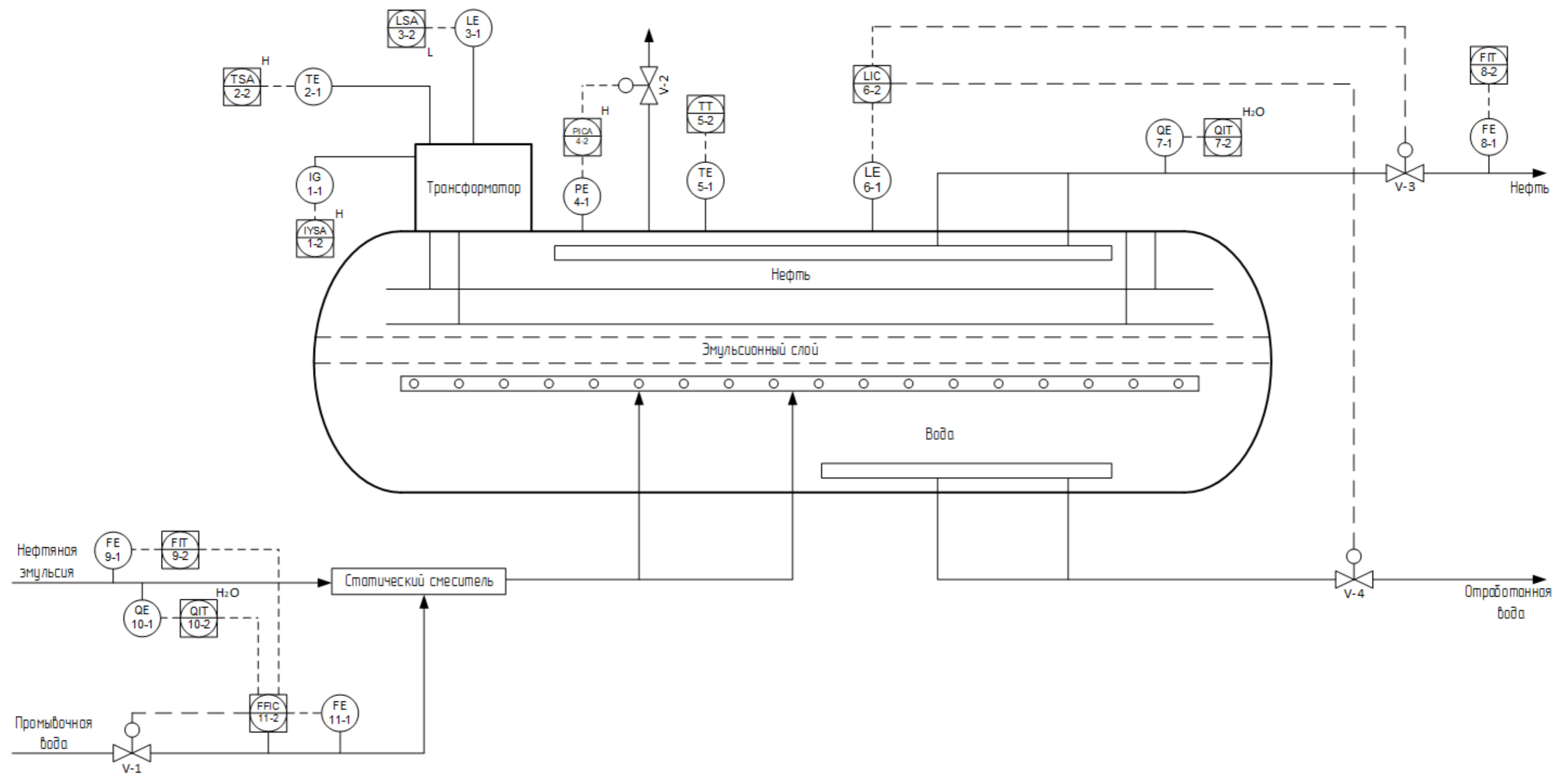
**Приложение Г (обязательное) Функциональная схема автоматизации
ГОСТ 21.408-2013 (подвал)**



Взам. инв. №	
Лист и дата	
Инв. № подл.	

ФЮРА.425280.04						
<i>Автоматизированная система управления электродегидратром</i>						
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	
Разработал		Боравской А.Р.			30.05.22	
Проверил		Сидорова А.А.			30.05.22	
ГИП		ГИП			30.05.22	
Нкантр.		нормоконтроль			30.05.22	
Утвердил		утвердил			30.05.22	
Функциональная схема автоматизации (ГОСТ 21408-2013)				Страница	Лист	Листов
				У	4	10
ТПУ ИШИТР Группа ВТ8А						

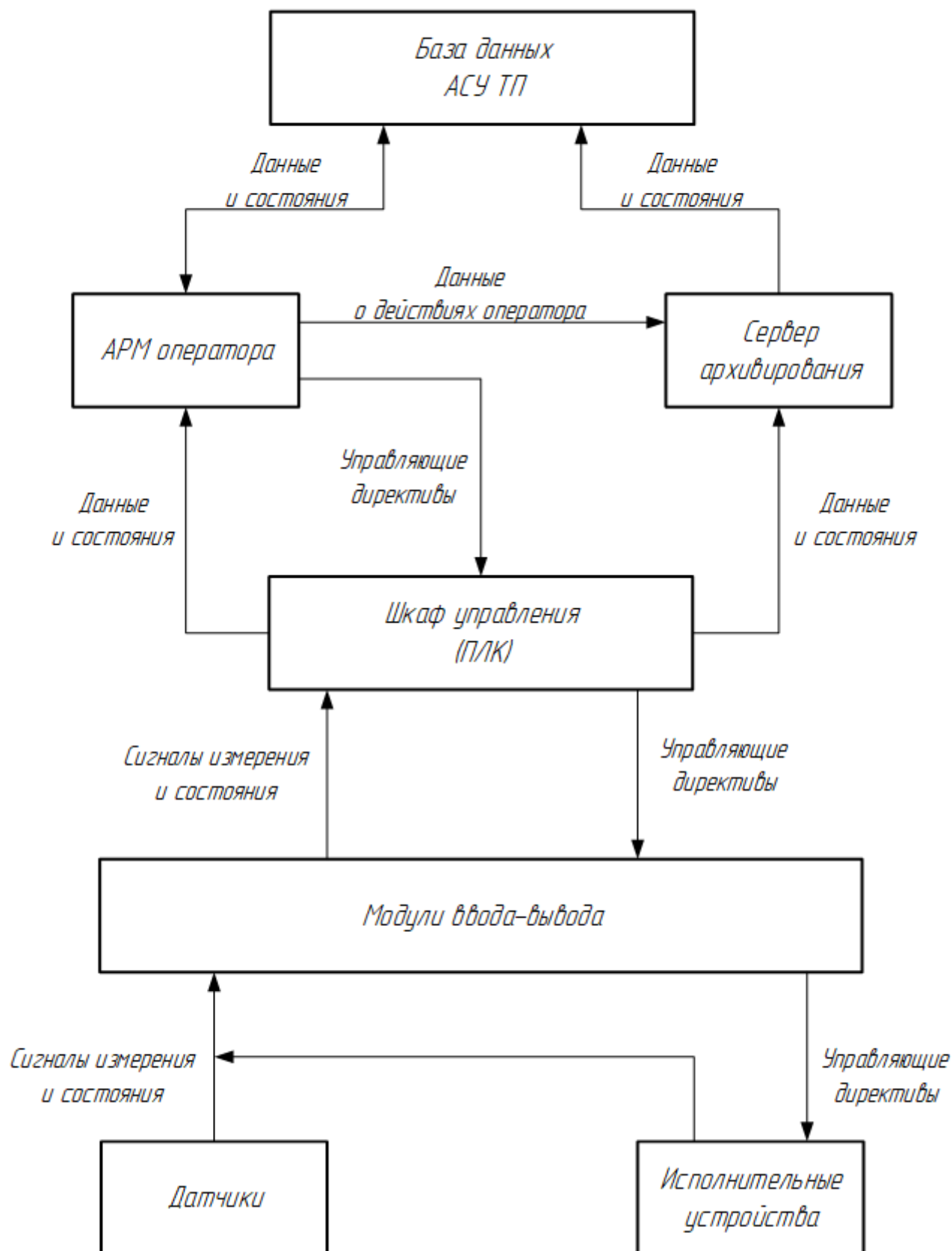
**Приложение Д (обязательное) Функциональная схема автоматизации по
ANSI/ISA-5.1-2009**



Взам. инв. №
Лист и дата
Инд. № подл.

ФЮРА.425280.05					
Автоматизированная система управления электродегидратором					
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал		Боровской А.Р.			3105.22
Проверил		Сидорова А.А.			3105.22
ГИП		ГИП			3105.22
Нконтр.		нормоконтроль			3105.22
Утвердил		утвердил			3105.22
Функциональная схема автоматизации (ANSI/ISA-S5.1-2009)					Страница
					Лист
					Листов
					4
					5
					10
ТПУ ИШИТР Группа ВТВА					

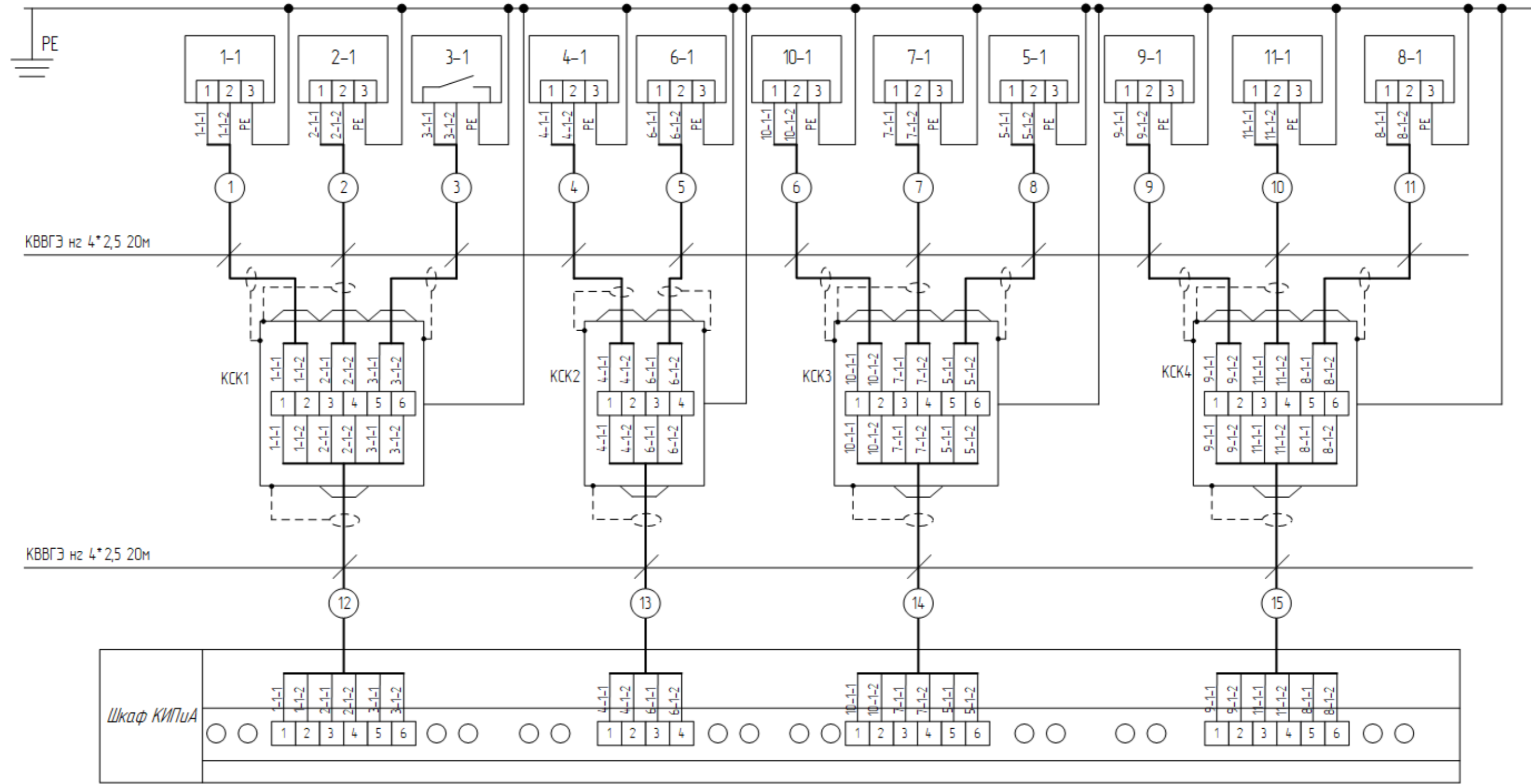
Приложение Е (обязательное) Схема информационных потоков



Взам инв. №						
Лист и дата						
Инв. № подл.	ФЮРА.425280.06					
	<i>Автоматизированная система управления электродегидратором</i>					
	<i>Схема информационных потоков</i>					
				Стадия	Лист	Листов
				4	6	10
ГИП	ГИП			30.05.22		
Нконтр.	нормоконтроль			30.05.22		
Утвердил	утвердил			30.05.22		
ТПУ ИШИТР Группа 8Т8А						

Приложение Ж (обязательное) Схема внешних проводок

Наименование параметра	Ток	Температура	Уровень	Давление	Уровень	Обводненность		Температура	Расход		
Место отбора импульса	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Электродегид.	Электродегид.	Трубопровод (нефт. эмул.)	Трубопровод (нефть)	Электродегид.	Трубопровод (нефт. эмул.)	Трубопровод (прямьд. вода)	Трубопровод (нефть)
Тип датчика	НПСИ-500-МС	Метран-274	ОВЕН ПДУ 3.1	ЭМИС-БАР 173	Rosemount 5300	ПВН615	ПВН615	Метран-274	ЭМИС-МАГ 270	ЭМИС-МАГ 270	ЭМИС-МАГ 270
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	6-1	10-1	7-1	5-1	9-1	11-1	8-1



Взам. инв. №
Лист. и дата
Инд. № подл.

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал				Боровской А.Р.	30.05.22
Проверил				Сидорова А.А.	30.05.22
ГИП				ГИП	30.05.22
Нконтр.				нормоконтроль	30.05.22
Утвердил				утвердил	30.05.22

ФЮРА.425280.07

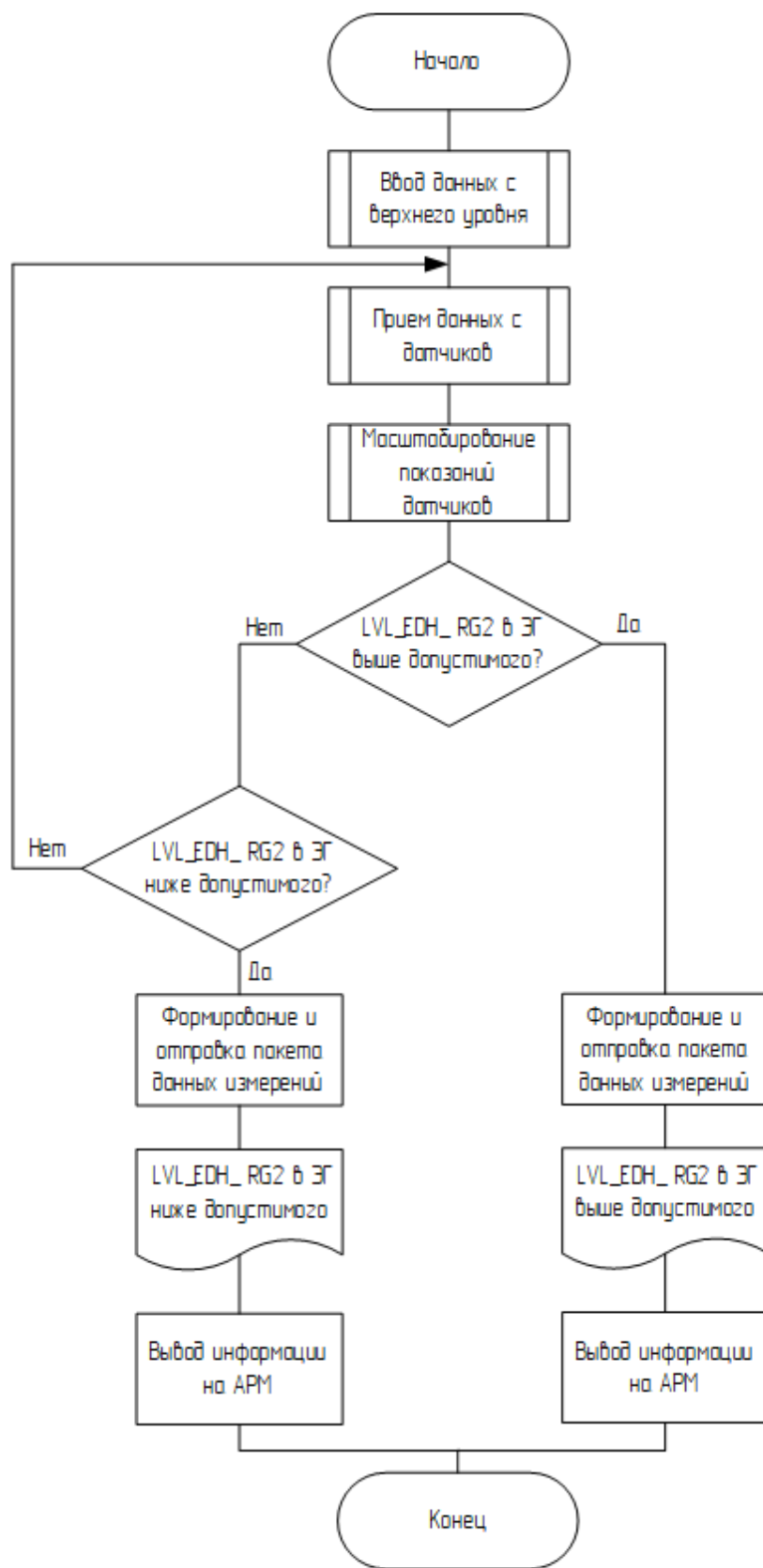
Автоматизированная система управления электродегидратором

Схема внешних проводов

Стадия	Лист	Листов
У	7	10

ТПУ ИШИТР Группа ВТ8А

Приложение К (обязательное) Алгоритм сбора данных измерений



Взам. инв. №

Листы и дата

Инд. № лист.

ФЮРА.425280.08

Автоматизированная система управления
электродегидратором

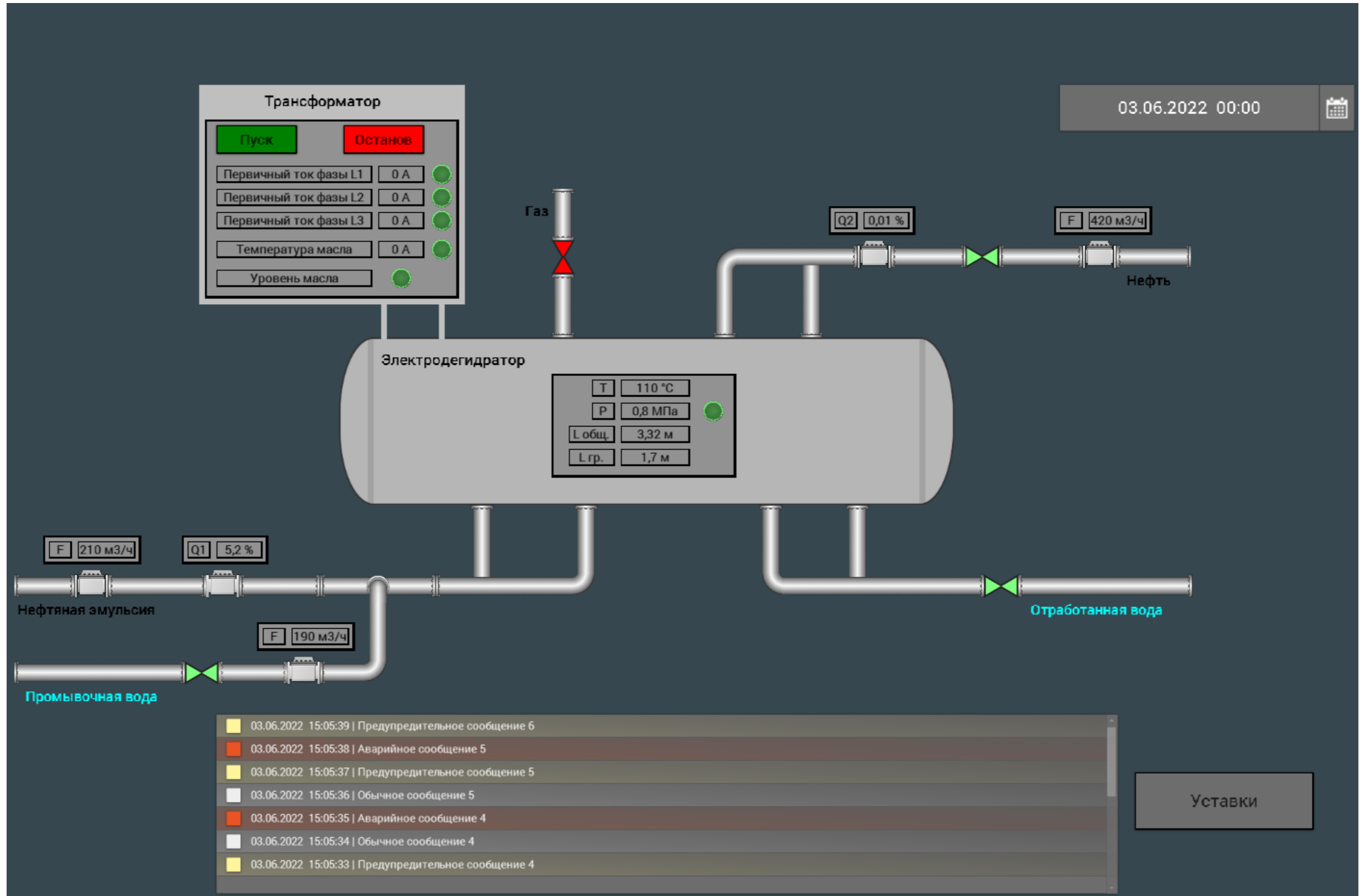
Алгоритм сбора данных

Стадия	Лист	Листов
У	8	10


ТПУ ИШИТР Группа ВТ8А

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал				Боровской А.Р.	30.05.22
Проверил				Сидорова А.А.	30.05.22
ГИП				ГИП	30.05.22
Нконтр.				нормоконтроль	30.05.22
Утвердил				утвердил	30.05.22

Приложение Л (обязательное) Основное окно мнемосхемы



Приложение М (обязательное) Окно уставок мнемосхемы

03.06.2022 00:00 

Уставки трансформатора

Первичный ток фазы L1	0 А
Первичный ток фазы L2	0 А
Первичный ток фазы L3	0 А
Температура масла	80 °С
Уровень масла	0,6 м

Уставки электродегидратора

P	0,8 МПа
L общ.	3,32 м
L гр.	1,75 м
F	195 м3/ч

Основное окно

- 03.06.2022 15:05:39 | Предупредительное сообщение 6
- 03.06.2022 15:05:38 | Аварийное сообщение 5
- 03.06.2022 15:05:37 | Предупредительное сообщение 5
- 03.06.2022 15:05:36 | Обычное сообщение 5
- 03.06.2022 15:05:35 | Аварийное сообщение 4
- 03.06.2022 15:05:34 | Обычное сообщение 4
- 03.06.2022 15:05:33 | Предупредительное сообщение 4