

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

<b>Тема работы</b>
<b>Проектирование автоматизированной системы «Электродегидратор»</b>
УДК 004.896:681.586:622.794.22/.25

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Урюпов Николай Валерьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Михайлов В.В.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать 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.
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
<b>УК(У)-10</b>	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
<b>УК(У)-11</b>	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные

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

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

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

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

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (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
3-8Т71	Урюпов Николай Валерьевич

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы «Электродегидратор»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-8/с 16.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></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 горизонтальный.</p> <p>Цель работы: Повышение качества процессов и замена составляющих на отечественное производство.</p> <p>Режим работы: непрерывный</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Описание технологического процесса;          Разработка функциональной схемы автоматизации;          Выбор средств реализации АС;          Разработка схемы соединения внешних проводок;          Разработка алгоритмов управления АС;          Разработка экранных форм АС;</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013;          Схема соединения внешних проводок;          Схема алгоритма сбора данных.</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Верховская Марина Витальевна</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Федоренко Ольга Юрьевна</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>16.02.2022</p>
--	-------------------

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Михайлов В.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т71	Урюпов Николай Валерьевич		

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

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

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 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:	
--	--

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Михайлов В.В.	к.т.н.		16.02.2022

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н.		16.02.2022



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-8Т71		Урюпов Николай Валерьевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

*Проектирование автоматизированной системы «Электродегидратор»*

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

#### Введение

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

*Объект исследования электродегидратор  
Область применения: нефтегазовая отрасль  
Рабочая зона: полевые условия  
Размеры помещения: производственную деятельность рабочий осуществляет в помещении площадью 15-20 м<sup>2</sup>  
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 2-5 ПК  
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: операторном помещении*

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

#### 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

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

1. СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
2. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы
3. ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя
4. ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ сидя
5. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора
6. ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места
7. ТОИ-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере
8. СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
9. Конституция Российской Федерации
10. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации :</b></p> <p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Приведен перечень факторов, оказывающих влияние на персонал во время его работы с оборудованием АСУТП.</p> <p>Вредные факторы:          Электромагнитное излучения          Производственный шум</p> <p>Опасные факторы:          Поражение электрическим током          Высокое давление</p> <p>–</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует в связи с удалённостью объекта          Воздействие на литосферу: утечка нефти продуктов          Воздействие на гидросферу: утечка нефти продуктов          Воздействие на атмосферу: утечка природного газа</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.</b></p>	<p>Возможные ЧС являются пожар и взрыв нефтегазовой продукции          Наиболее типичная ЧС возгорание нефтегазовой продукции</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Урюпов Николай Валерьевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т71	Урюпов Николай Валерьевич

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	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>Изучение информации, представленной в различных публикациях, нормативно-правовых документах, изданиях.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</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>Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение трудоёмкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ (диаграмма Ганта), 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 (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></li> <li>2. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>3. <i>Альтернативы проведения НИИ</i></li> <li>4. <i>График проведения и бюджет НИИ</i></li> <li>5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i></li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т71	Урюпов Николай Валерьевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 96 страниц, 32 рисунка, 37 таблиц, 32 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: электродегидратор, PID-регулятор, АСУТП, экранная форма.

Объектом исследования является электродегидратор на установки комплексной подготовки нефти

Цель работы – является создать автоматизированной системы управления для объекта исследования с использованием программируемого логического контроллера Delta Electronics AS300

В процессе исследования проводилась разработка системы автоматизированного управления электродегидратором нефти, разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации электродегидратора, позволяющие определить состав необходимого оборудования, разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить.

В результате исследования спроектированная САУ электродегидратора нефти имеющие высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям

Степень внедрения: разработанная в ВКР система САУ конкурентоспособна и применима к внедрению на производстве.

Область применения: разработанная система применима в нефтегазовой отрасли.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработанная система конкурентно способная и имеет большую значимость в современной экономике

## Список сокращений

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУ – автоматизированная система управления

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

ВКР – выпускная квалификационная работа

ИМ – исполнительный механизм

ОУ – объект управления

ПК – персональный компьютер

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

УПН – установка подготовки нефти

ЭГ – электродегидратор горизонтальный

## Глоссарий

Установка подготовки нефти – комплекс оборудования, включающий в себя насосы, резервуары-отстойники, сепараторы и т.д., предназначенный для удаления различных примесей из нефти и подготовки ее к транспортировке.

Нефть – природная маслянистая горючая жидкость со специфическим запахом, состоящая в основном из сложной смеси углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений.

Электродегидратор – аппарат для разделения нефтяной и водяной фазы с помощью разрушения нефтяной эмульсии (вода в нефти) в электрическом поле.

Контроллер – устройство, выполняющее управление физическими процессами по записанному в него алгоритму, с использованием информации, получаемой от датчиков и выводимой в исполнительные устройства.

Датчик – средство измерений, преобразовывающее измеряемую величину в электрический сигнал для передачи измерительным или исполнительным

устройствам. Важной особенностью применения датчиков является необходимость их размещения непосредственно в месте отбора информации, что накладывает определенные требования к их конструкции.

Исполнительное устройство (механизм) – устройство, входящее в систему автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Состоит из двух функциональных блоков: исполнительного устройства (если исполнительное устройство механическое, то его часто называют исполнительный механизм) и регулирующего органа, например регулирующего клапана.

SCADA – программный пакет, служащий для обеспечения работы систем сбора, обработки и отображения информации об объекте управления в режиме реального времени.

ПИД-Регулятор – устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимой точности и качества переходного процесса.

HART-протокол – открытый стандарт на метод сетевого обмена, который включает в себя протокол взаимодействия устройств, требования к аппаратуре канала связи. HART применяется для связи контроллера с датчиками и измерительными преобразователями, локальными контроллерами, электромагнитными клапанами.

## Содержание

Введение.....	18
1 Техническое задание.....	19
1.1 Основные задачи и цели.....	19
1.2 Назначение системы.....	19
1.3 Цели создания системы.....	19
1.4 Требования к системе.....	20
1.4.1 Требования к техническому обеспечению.....	20
1.4.2 Требования к метрологическому обеспечению.....	21
1.4.3 Требования к математическому обеспечению.....	22
1.4.4 Требования к информационному обеспечению.....	23
1.4.5 Нормативно-техническая документация.....	24
2 Основная часть.....	24
2.1 Описание технологического процесса.....	24
2.2 Разработка структурной схемы АС.....	27
2.2.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13.....	27
2.3 Выбор контроллерного оборудования ЭГ.....	27
2.4 Выбор измерительных устройств.....	29
2.4.1 Выбор расходомера.....	29
2.4.2 Выбор датчика давления.....	32
2.4.2 Выбор датчика температуры.....	34
2.4.3 Выбор уровнемера.....	36
2.4.4 Выбор датчика – сигнализатора уровня.....	38
2.4.5 Выбор влагомера.....	40
2.4.6 Выбор трансформаторного оборудования.....	41

2.5	Выбор управляющего клапана и электропривода.....	43
2.5.1	Выбор регулирующего клапана .....	43
2.5.2	Выбор электропривода.....	45
2.6	Разработка схемы внешних проводок .....	46
2.7	Разработка алгоритмов.....	47
2.7.1	Алгоритм сбора данных измерений.....	47
2.7.2	Алгоритм регулирования уровня в ЭГ .....	47
2.7.3	Алгоритм управления технологическим параметром .....	48
2.7.4	Алгоритм управления технологическим параметром по статистическим данным.....	51
2.8	Разработка экранных форм .....	58
2.8.1	Дерево экранных форм.....	59
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	61
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....	61
3.2	Потенциальные потребители результатов исследования.....	62
3.3	Анализ конкурентных технических решений.....	63
3.4	Технология QuaD.....	64
3.5	SWOT – анализ.....	65
3.6	Планирование научно-исследовательских работ .....	69
3.6.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	69
3.6.2	Разработка графика проведения научного исследования .....	70
3.6.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	73
3.7	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	74
3.7.1	Расчет материальных затрат.....	74



3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	75
3.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	76
3.7.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	77
3.7.5 Накладные расходы .....	77
3.7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	78
3.7.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	79
4 Социальная ответственность .....	81
4.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	82
4.2 Производственный шум.....	82
4.3 Электромагнитное излучение.....	83
4.4 Электробезопасность.....	84
4.5 Пожарная безопасность.....	86
4.6 Экологическая безопасность .....	87
Заключение .....	89
Список литературы .....	90
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	

## **Введение**

Автоматизация технологических процессов является значимым фактором увеличения эффективности и совершенствование условий труда. Все промышленные объекты, которые были построены или строятся в настоящее время, оснащаются средствами автоматизации. Создание надежной автоматизированной системы для мониторинга и управления технологическим процессом является сложной и ответственной задачей, поскольку от этого напрямую может зависеть безопасность объекта и людей, работающих на нем. Увеличить эффективность работы предприятия можно только за счет оптимизации и модернизации производства, увеличения скорости добычи и передачи информации, необходимой для принятия своевременных и правильных решений, а также снижения производственных потерь и расхода энергии на ведение технологического процесса.

Главной целью представленного выпускной квалификационной работы является автоматизация электродегидратора на УПН. Данная тема достаточно актуальна, поскольку сейчас стандартная схема установки подготовки нефти обладает высоким уровнем автоматизации и обеспечивает качественный контроль технологических параметров. Однако часто это не относится к электродегидратору. В данной ВКР предполагается замена на современные приборы уже существующих решений, с учетом применения других видов первичных преобразователей, которые обязаны иметь унифицированные сигналы.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Основные задачи и цели**

Электродегидратор предназначен для разделения водонефтяной эмульсии на две фракции. В составе УПН электродегидратор является следующей ступенью после процесса сепарации (как правило второй ступени).

### **1.2 Назначение системы**

АСУ ТП должна обеспечивать:

1. автоматический контроль и управление в реальном времени технологическим процессом приема и разделения водонефтяной смеси;
2. контроль уровня продукта с его нахождения в заданных нормативных пределах и перевод блока подготовки нефти в безопасный режим при выходе уровня за границы уставок;
3. контроль технологических параметров насосов газожидкостной смеси и газа;
4. безопасность технологического процесса приема, очистки от капельной жидкости, отпуска газ;
5. автоматическое переведение технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуаций (пожар, выход из строя технологического оборудования);
6. повышение качественных показателей продукции.

### **1.3 Цели создания системы**

Целью создания АСУ ТП является:

1. улучшение качества управления технологического процесса и обеспечение его безопасности;

2. увеличение оперативности действий персонала за счет повышения уровня информированности и достоверности данных;
3. увеличение организации управления технологическим процессом.

## **1.4 Требования к системе**

Все требования к создаваемой АСУ должны соответствовать ГОСТ 24.104-85 "Автоматизированные системы управления. Общие требования", а также требованиям раздела 1.4 технического задания.

### **1.4.1 Требования к техническому обеспечению**

Внешние части технических средств, которые могут находиться под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения человека. Технические средства должны быть заземлены.

Весь комплекс АС должен допускать варианты наращивания и модернизации, иметь резерв по входным и выходным каналам не менее 20%.

ПЛК должны обладать модульной архитектурой, которая позволяет компоновать каналы ввода/вывода свободно в зависимости от решаемых задач.

Связь датчиков с ПЛК, находящихся во взрывоопасной среде, должна обеспечиваться искробезопасными цепями.

Все датчики, используемые в АС, должны удовлетворять требованиям взрывобезопасности. Используемая аппаратура должна соединяться только искробезопасными цепями. Применяемые в разрабатываемой системе датчики должны удовлетворять требованиям надежности: не менее 100 тыс. часов наработки на отказ и срок службы не менее 10 лет.

При соприкосновении чувствительных элементов с агрессивной или коррозионной средой, степень их пыле и влагозащиты должна быть не менее IP-56.

Установленное на открытых площадках оборудование должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 50 до плюс 50 °С.

#### **1.4.2 Требования к метрологическому обеспечению**

Для узла измерения давления и расхода водонефтяной эмульсии в трубопроводе использовать расходомеры на базе диафрагм. Основная относительная погрешность измерения расходомера должна составлять не более 1%.

В составе системы должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации.

Первичную и периодическую поверки средств измерений, входящих в состав системы, проводят в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. поверка термометров – по ГОСТ 8.279;
2. поверка преобразователей давления – по МИ 1997;
3. поверка влагомеров – по МИ 2366-2005 “Рекомендация. ГСИ. Влагомеры нефти типа УДВН. Методика поверки”;
4. поверка уровнемеров – по ГОСТ 8.321-2013 “Государственная система обеспечения единства измерений. Уровнемеры промышленного применения. Методика поверки”

Представленные выше требования к метрологическому обеспечению АСУ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.596-2002

“Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения”.

Значения контролируемых параметров (технологического процесса, технологического оборудования) должны быть выражены в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 ТСИ. Единицы величин”.

### **1.4.3 Требования к математическому обеспечению**

Алгоритмы системы должны определяться на стадии проектирования системы и обеспечивать регламентированный режим работы и безаварийную остановку УКПН, а также снижение или исключение возможности ошибочных действий производственного персонала при ведении процесса. Алгоритмы системы должны разрабатываться на основе утвержденного технологического регламента.

Алгоритмы управления системой должны определяться в период ее проектирования, а также обеспечивать стабильную работу и последовательную остановку УКПН, максимальное снижение возможности персонала к совершению ошибочных операций.

Организация математического обеспечения включает в себя: создание алгоритмов функционального назначения (обработка информации контроллерами) и разработка алгоритмов специального назначения.

Математическое обеспечение ПЛК представлено в таблице 1.

Таблица 1. Математическое обеспечение ПЛК

Функции первичной обработки аналоговых сигналов	Управляющие и противоаварийные функции
Расчет текущих значений	Регулирование параметров
Фильтрация	Программно-логическое управление
Сравнение со значением уставок	Противоаварийная защита
Формирование сигналов нарушений	

#### 1.4.4 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

По результатам проектирования должны быть представлены:

1. структура и способы организации данных в АС;
2. порядок обмена информацией между компонентами и составными частями АС;
3. описание процедуры передачи и сбора необходимой информации;

В состав информационного обеспечения должны входить:

1. система электронной документации;
2. структурированная БД системы объектов;
3. формы различных выходных документов, таких как входные листы и ведомости;

Документация, разрабатываемая к информационному обеспечению, должна соответствовать ГОСТ 24.205-80 “Требования к содержанию документов по информационному обеспечению”.

## **1.4.5 Нормативно-техническая документация**

Разработка АСУ ТП выполнена, основываясь на утвержденные технологические схемы в соответствии с действующими руководящими и нормативными документами:

1. МИ 2773-2002 Государственная система обеспечения единства измерений.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание 6, 7;
3. СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации»;
4. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;
5. Федеральный закон от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ;
6. Федеральный закон от 22.07.2008 года N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
7. «Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2012г. №784».

## **2 Основная часть**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Среди основных процессов, которые связаны с добычей нефти и ее транспортированием, важное значение имеет процесс подготовки нефти, поскольку от того, как качественно подготовлена нефть в районе ее добычи, зависят надежность работы как измерительной аппаратуры, так и работа всего магистрального трубопроводного транспорта. Вода в нефти (в виде

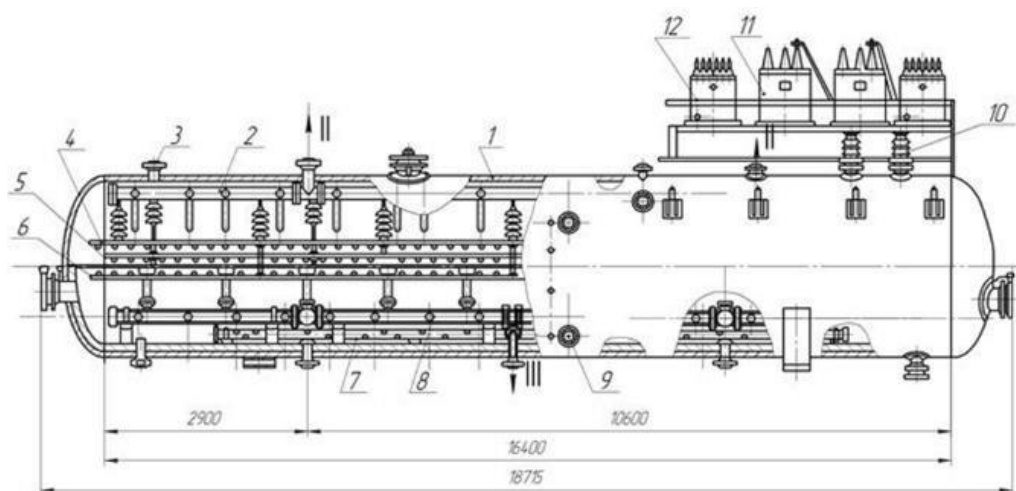


эмульгированных глобул воды и механических частиц) приводит к интенсивной коррозии оборудования, уменьшению пропускной способности трубопроводов. Кроме того, вода в нефти, поступающая на переработку, несомненно, ухудшит качество получаемых из нее продуктов.

Электродегидратор, как правило, используется на начальных этапах подготовки нефти. Его главной задачей является одновременное обезвоживание и обессоливание эмульсии для получения товарной нефти.

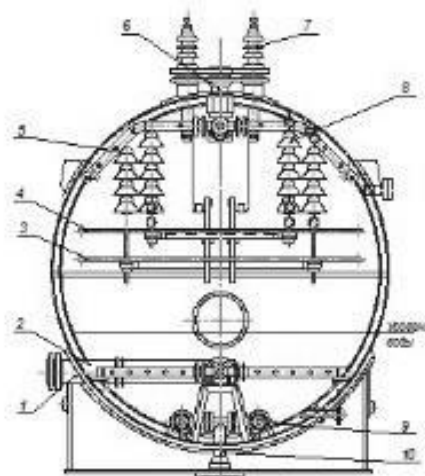
Электродегидраторы делятся на 3 типа: вертикальные, горизонтальные и шаровые. В данной работе будет рассмотрен горизонтальный тип, поскольку производительность сепараторов вертикального типа уступает из-за их формы, а также работа горизонтальных электродегидраторов возможна при более высоких температурах и давлении.

Типовая схема горизонтального электродегидратора представлена на рисунке 1 и рисунке 2.



1-корпус, 2-сборник обессоленной нефти, 3-штуцер для предохранительного клапана, 4, 5, 6-электроды, 7-дренажный коллектор, 8-распределитель сырой нефти, 9-штуцер для межфазного регулятора уровня, 10-изоляторы, 11-трансформаторы, 12-катушки реактивные

Рисунок 1 – Схема устройства электродегидратора



1-штуцер ввода сырья, 2-нижний распределитель сырья, 3-нижний электрод, 4-верхний электрод, 5-верхний сборник обессоленной воды, 6-штуцер вывода обессоленной воды, 7-штуцер проходного изолятора, 8-подвесной изолятор, 9-дренажный коллектор, 10-штуцер вывода соленой воды

Рисунок 2 – Устройство электродегидратора (вид с торца)

Горизонтальный электродегидратор представляет собой цилиндрическую емкость, установленную на опоры, где одна из них подвижная. Внутри емкости имеются электроды, находящиеся в подвешенном состоянии. Вход эмульсии, а также выходы отделенных друг от друга воды и нефти осуществляются через штуцеры. Кроме того, ЭГ оборудуется технологическими штуцерами, люком-лазом, а также штуцерами и муфтами для монтажа приборов КИПиА.

Принцип работы ЭГ выглядит следующим образом. Эмульсия через входной штуцер и распределительное устройство попадает в область электрического поля, которое создается благодаря двум заземленным и двум высокопотенциальным электродам. Эмульсия, двигаясь в этой области, попадает сначала в поле низкого, а затем в поле высокого напряжения, где происходит интенсивное укрупнение оставшихся мельчайших капель воды, их коалесценция и последующее оседание. Чистая нефть выводится через штуцеры в верхней части ЭГ, а отделившаяся вода через штуцер внизу аппарата.

Стоит отметить, что вместе с водой происходит удаление солей, содержащихся в ней изначально. Однако удалить все солевые примеси за одно прохождение эмульсии через ЭГ бывает недостаточно, поэтому необходимо предусмотреть ввод пресной воды в ЭГ и осуществление дегидратации в несколько ступеней (циклов).

## **2.2 Разработка структурной схемы АС**

Объектом управления горизонтальный электродегидратор. В соответствии с ТЗ будет разработана система автоматизированного управления. В электродегидраторе будет осуществляется замер уровня эмульсии, уровень раздела фаз, температура среды и уровень напряжения на электродах, а в трубопроводах – качество продукта (содержание воды), расход водонефтяной эмульсии, расход пресной воды, расход отделившейся воды и расход нефти на выходе из ЭГ. Кроме того, необходим постоянный замер уровня масла в трансформаторе и его температуры. Исполнительными устройствами являются клапаны с электроприводом. Каждый клапан имеет в резерве ручной вентиль и байпасную линию для проведения ремонтных работ и обеспечения непрерывности процесса.

### **2.2.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13**

Функциональная схема автоматизации, выполненная согласно требованиям ГОСТ 21.408-13 приведена в Приложении А. На схеме представлены 4 канала управления (12-15) и 11 каналов измерений (1-11). Контур 1-5 предназначены для измерения параметров трансформатора, в том числе для аварийной сигнализации, в случае превышения параметров максимально допустимых значений.

### **2.3 Выбор контроллерного оборудования ЭГ**

Для реализации проекта рассмотрены следующие контроллеры:

1. Siemens SIMATIC S7-1200;
2. Delta Electronics AS300;
3. ОВЕН ПЛК 200

Был выбран контроллер Delta Electronics AS300. Обладая схожими свойствами с контроллерами Овен ПЛК 200 и SIMATIC S7-1200C, Delta Electronics AS300 имеет меньшую стоимость. Выбранный ПЛК имеют модульную конструкцию и высокую эффективность. Используется для проектирования систем среднего уровня автоматизации.



Рисунок 3 – ПЛК Delta Electronics AS300

Таблица 2. Технические характеристики

Параметр	ОВЕН 200	Delta Electronics AS300	SIMATIC S7-1200C
Диапазон рабочих температур	-20..+70	-20..+60	-20..+60
Интерфейсы	RS 485/422, Ethernet	RS 485, Ethernet	Industrial Ethernet,
Протоколы передачи данных	DCON, Modbus, TCP/RTU	Modbus TCP; Ethernet/IP, 4 TCP/UDP	PROFINET, PROFIBUS
Время выполнения цикла ПЛК	от 3 мс	от 1 мс	От 1 мкс

Кол-во встроенных каналов	DI: 4, DO:4, AO:4, AI:4	DI: 12, DO:12, AO:4, AI:4	DI: 6, DO:4, AO:0, AI:2
Цена	От 48 тыс. руб	От 37 тыс. руб	От 67 тыс. руб

Все типы CPU данной серии ПЛК оснащены аналоговыми входами, набором дискретных входов/выходов, а также встроенным блоком питания датчиков с напряжением 24В.

Выбранный ПЛК может оснащаться следующими дополнительными модулями:

1. Блоки питания
2. Сигнальные модули
3. Коммуникационные модули
4. Функциональные модули
5. Интерфейсные модули

Процессор выбранного ПЛК поддерживает функции ПИД-регулирования, а также предусматривает парольную защиту программы пользователя.

AS300 программируется с помощью программного продукта Delta Electronics нового поколения, который называется ISPSoft. Для разработки программного кода одновременно использовать 4 технологических языка стандарта МЭК-61131.

## **2.4 Выбор измерительных устройств**

### **2.4.1 Выбор расходомера**

Для поддержания рабочих значений расхода эмульсии, нефти и воды необходим расходомер. Подбор расходомера проходил из следующих модели приборов: электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270,

вихреакустический расходомер Метран-300ПР и вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200. Несмотря на то, что ЭМИС-МАГ 270 стоит несколько дороже чем приведенные аналоги, он значительно превосходит их в точности измерений, а также способен работать при значительно большем давлении.

Данный расходомер способен работать с любыми жидкостями, имеющими минимальную электропроводность  $5 \cdot 10^{-4}$  См/м. Датчик обладает высокой надежностью: срок службы – не менее 15 лет, а средняя наработка на отказ – не менее 100000ч.

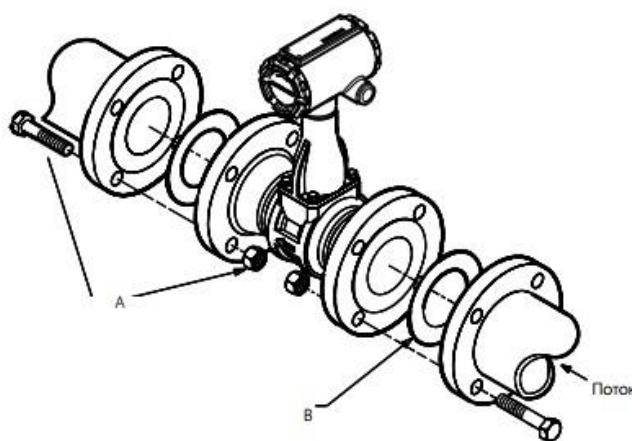


Рисунок 4 – ЭМИС-МАГ 270

Таблица 3. Технические характеристики расходомеров

Технические параметры	ЭМИС-МАГ 270	ЭМИС-ВИХРЬ 200	Метран 300ПР
Степень защиты	IP66	IP67	IP66
Диапазон измерений, м <sup>3</sup> /ч	До 4000	До 810	До 1600
Относительная погрешность	0.5%	1,5%	0.8%
Диапазон рабочих температур	-40..130°С	-40..+460°С	-40..+400 °С

Допустимое давление среды	42 МПа	20 МПа	1,6 МПа
Диапазон температур окр. среды	-40...+70°C	-40...+70°C	-40...+85°C
Условный проход, мм	15...3000	15...300	50...2400
Выходной сигнал	4-20мА, HART	4-20мА ,RS485	4-20 мА/HART
Стоимость	От 70 тыс. руб	От 65 тыс. руб	От 60 тыс. руб



А. Монтажные болты и гайки (поставляются заказчиком)  
 В. Прокладки (поставляются заказчиком)

Рисунок 5 – Монтаж фланцевого расходомера ЭМИС-МАГ 270

Электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270 состоит из сенсора расхода и преобразователя. Сенсор расхода устанавливается непосредственно в трубопровод и представляет собой трубу из нержавеющей стали с приваренными к ней фланцами.

На трубе устанавливаются две катушки возбуждения (КВ) и два изолированных электрода. Электроды и КВ герметично защищены кожухом. К защитному кожуху крепится стойка, на которой расположена плата с клеммами для подключения к преобразователю. В корпусе самого преобразователя находятся электронный блок, клеммы выходных сигналов, питания и заземления.

Принцип действия датчик основан на явлении возникновения электрического тока в проводнике, движущемся в магнитном поле. Магнитное поле, создаваемое катушками, воздействует на проводник (поток среды в трубопроводе) под углом 90, в результате чего в нем образуется разность потенциалов. Разность измеряется преобразователем при помощи электродов. Далее сигнал поступает на усилитель и обрабатывается блоком преобразователя для формирования выходного сигнала.

#### **2.4.2 Выбор датчика давления**

Измеритель давления выбирается из следующих вариантов приборов: Метран-150CG, Rosemount 3051CG и СДВ-SMART 1420. В результате была выбрана серия датчиков давления Метран-150CG. Датчики давления Метран-150CG предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин: избыточного давления, абсолютного давления, разности давлений и т.д.



Рисунок 6 – Датчик давления Метран-150CG



Таблица 4. Технические характеристики датчиков давления

Технические параметры	Метран-150CG	Rosemount 3051CG	СДВ-SMART 1420
Диапазоны измерения	0..10 МПа	0,025..13790 кПа	2,5 кПа...16 МПа
Выходной сигнал	4-20 мА, HART, 0-5 мА	4-20 мА, HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART	4-20 мА, HART
Диапазон температур раб. среды	-40..+150°С	-40..+150°С	0...+120°С
Погрешность измерений	0.075%	0,04%	0,25%
Степень защиты	IP 66	IP 68	IP 54
Стоимость	От 35 тыс. руб	От 80 тыс. руб	От 25 тыс. руб

Одним из преимуществ данной серии является возможность установки “нуля” и непрерывная самодиагностика датчика. Средний срок службы датчика составляет 12 лет, средняя наработка на отказ составляет 150000 ч.

Управление параметрами датчика возможно с помощью HART коммуникатора или удаленно с помощью программы HART-Master, HART-модема и компьютера или программных средств АСУТП.

Датчик Метран 150CG относится к датчикам давления емкостного типа. Воздействие давления вызывает изменение положения измерительной мембраны. Изменение положения мембраны приводит к появлению разности емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора,

расположенным по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП, преобразуется электронным преобразователем в соответствующий выходной сигнал.

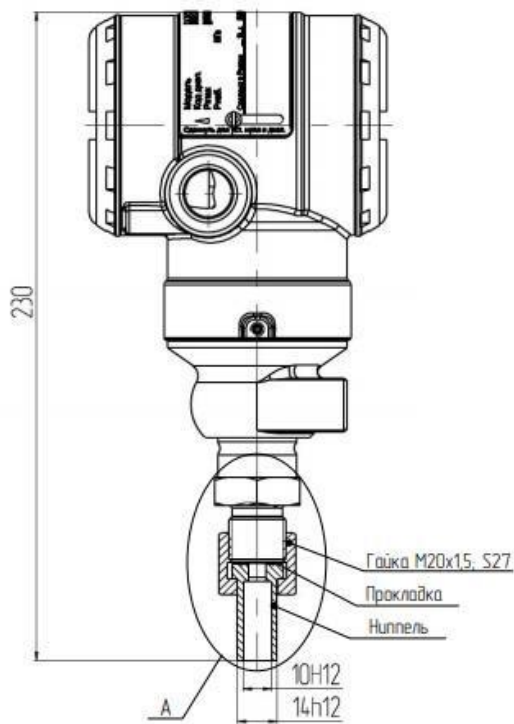


Рисунок 7 – Датчики мод.150CG

#### 2.4.2 Выбор датчика температуры

Для нормального протекания процессов в ЭГ необходимо непрерывно контролировать температуру. Анализ датчиков температуры происходил среди таких образцов как:

В качестве датчика температуры был выбран Метран-286. В качестве первичного преобразователя в Метран-286 используются платиновые чувствительные элементы типа Pt100.

Средний срок службы для данного датчика составляет не менее 10 лет.



Рисунок 8 – Метран-286

Таблица 5. Технические характеристики датчиков температуры

Технические параметры	Метран-286	Метран-276	WKA TR10
Диапазоны измерения	-50..500	-50..+150	-200...+600
Выходной сигнал	4-20 мА, HART	4-20 мА	4-20 мА
Диапазон температур окр. среды	-40..+70	-60..+80	-60...+80°C
Погрешность измерений	0,15%	0,25%	0,25 %
Степень защиты	IP 65	IP 65	IP 68
Стоимость	От 25 тыс. руб	От 10 тыс. руб	От 11 тыс. руб

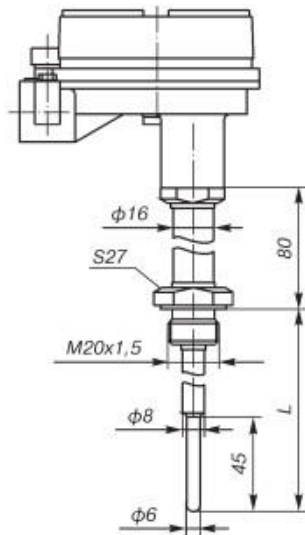


Рисунок 9 – Габаритные и присоединительные размеры Метран-286

### 2.4.3 Выбор уровнемера

Поддержание требуемого уровня в ЭГ, а также правильное положение уровня раздела фаз является одним из важнейших параметров в автоматизации процессов дегидратации.

Выбор уровнемера проходил из следующих вариантов приборов: Rosemount 3300, ОВЕН ПДУ-И.1500 и Rosemount 5300.

Уровеньмер Rosemount 3300 разработан для надежного и эффективного измерения уровня в широком диапазоне применений. Волноводная технология с улучшенными характеристиками обработки сигнала и более высокой чувствительностью позволяет датчикам серии 3300 одновременно измерять уровень и уровень границы раздела сред. Двухпроводное подключение обеспечивает простоту и экономичность установки.



Рисунок 10 – Уровнемер Rosemount 3300

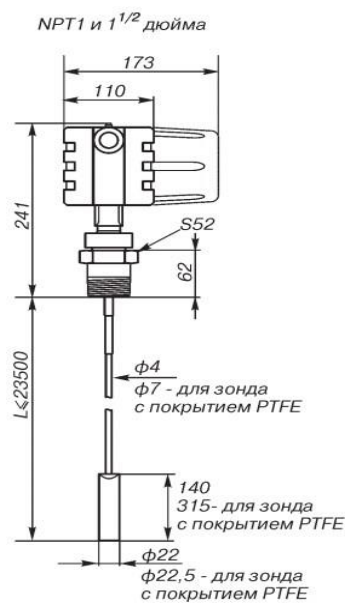


Рисунок 11 – Габаритный чертеж Rosemount 3300 с одинарным гибким зондом

Таблица 6. Технические характеристики уровнемеров

Технические параметры	Rosemount 3300	VEGACAL 62	Rosemount 5300
Диапазон измерений, м	0,1..23,5	0..6	0,1..50
Выходной сигнал, мА	4..20мА, HART	4..20мА, HART, Modbus	4..20мА, HART
Рабочие температуры	-50..+150	-60..+75	-196..200
Степень защиты	IP66	IP67	IP66

Погрешность измерений	0.1%	0.03%	0,03%
Степень защиты	IP 66	IP 67	IP 67
Температура окр. среды	-40..+85	-40..+80	-40..+85
Стоимость	От 90 тыс. руб	От 140 тыс. руб	От 110 тыс. руб

Уровнемеры серии Rosemount 3300 являются волновыми радарными уровнемерами, принцип работы которых основаны на технологии рефлектометрии. Микроволновые наносекундные радарные импульсы малой мощности направляются вниз по зонду, погруженному в технологическую среду. Когда радарный импульс достигает среды с другим коэффициентом диэлектрической проницаемости, часть энергии импульса отражается в обратном направлении. Разница во времени между моментом передачи радарного импульса и моментом приема эхосигнала пропорциональна расстоянию, согласно которому рассчитывается уровень жидкости или уровень границы раздела двух сред.

#### **2.4.4 Выбор датчика – сигнализатора уровня**

Для поддержания безопасной работы трансформатора необходимо постоянно отслеживать уровень масла, чтобы он не упал на предельно низкий уровень. Для сигнализации уровня масла будем использовать датчик реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ.



Рисунок 12 – датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ.

Датчики-реле уровня жидкости двухпозиционный РИЗУР ДРУ-1ПМ, предназначен для контроля верхнего или нижнего уровня различных жидкостей: от дистиллированной воды, до агрессивных жидкостей и взвесей.

- Рабочее давление от 0,054 до 0,2 МПа.
- Погрешность срабатывания не более 12,5 мм относительно номинального уровня срабатывания.

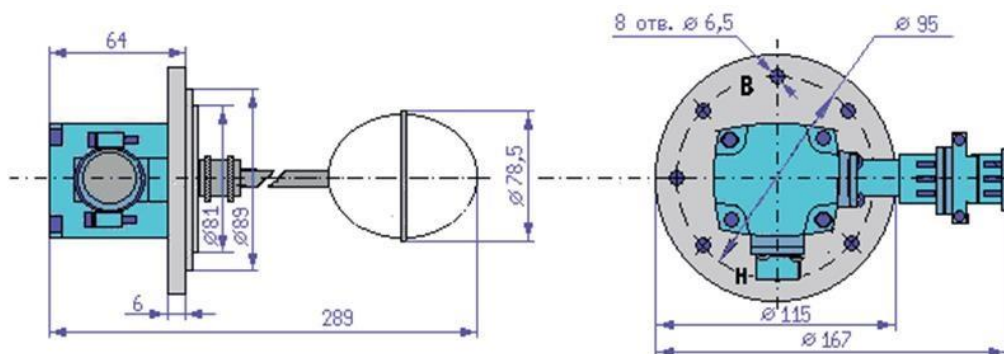


Рисунок 13 – Габаритные и установочные размеры

Процесс переключения запускается качанием датчика, когда он отклоняется от горизонтального положения в любом направлении, как это представлено на рисунке 14.

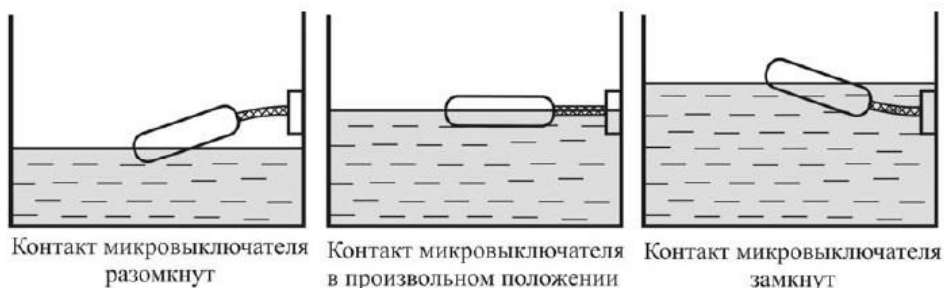


Рисунок 14 – Принцип работы поплавкового сигнализатора

## 2.4.5 Выбор влагомера

Снижение содержания воды до требуемых пределов является главной целью установки ЭГ, поэтому выбор точного надежного влагомера крайне важен.

Выбор влагомера осуществлялся из следующих вариантов: МВН-1, ВСН-2 и ПВН.615. В результате сравнения данных влагомеров был выбран ВСН 2. Стоит отметить, что представленные в таблице влагомеры не соответствуют требованиям, указанным в п 1.4.1, а именно срок службы и наработке на отказ. Выбранный влагомер ВСН-2-50-60 имеет срок службы 6 лет и среднюю наработку на отказ 15000 ч.

Автоматический поточный микроволновый влагомер товарной нефти ВСН-2 предназначен для установки как на узлах коммерческого учета нефти, так и для контроля влагосодержания на объектах подготовки транспорта нефти и газового конденсата.

Таблица 7. Технические характеристики влагомеров

Технические характеристики	ВСН-2-50-60	МВН-1	УДВН 1-ПМ
Диапазон изм. объемной доли воды, %	0..60	0..10	0..30
Предел абс. погрешности, %	0,8 %	0,01 %	0,1 %
Выходной сигнал	4-20mA	4-20mA, RS-485, , RS-232	4-20mA, RS-485
Температура окр. среды	-10..+40	0..+60	+5..+50
Потребляемая мощность (блок обработки), Вт	25	15	20



Стоимость	От 178 тыс. руб	От 1 млн. руб	От 700 тыс. руб
-----------	-----------------	---------------	--------------------



Рисунок 15 – Первичный измерительный преобразователь влагомера ВСН 2-50



Рисунок 16 – Блок обработки влагомера ВСН 2-50

Принцип действия данного влагомера основан на способе измерения полного комплексного сопротивления первичного преобразователя с протекающей через него водонефтяной смесью.

#### **2.4.6 Выбор трансформаторного оборудования**

Не менее важной частью системы автоматизации ЭГ является трансформатор, от надежной работы которого зависит качество получаемой обезвоженной нефти.

Для мониторинга основных параметров работы трансформатора был выбран прибор мониторинга температуры трансформатора ТМТ2-30.

Прибор предназначен для использования с трансформаторами с жидким диэлектриком (трансформаторным маслом, и т.п.) с целью оперативного контроля и моделирования температурных параметров трансформатора, управления системой охлаждения, определения остаточного термического ресурса изоляции, сигнализации о превышении температурой заданных уставок, управления заливкой масла контролем утечки масла.



Рисунок 17 – Прибор температурного мониторинга ТМТ 2-30

К основным функциям данного прибора относятся измерение и индикация температуры масла трансформатора, контроль и индикация тока и коэффициента нагрузки, индикация температуры обмотки, и т.д.

Таблица 8. Технические характеристики ТМТ 2-30

Напряжение питания, В	120-340
Температура окр. среды	-20..+50
Степень защиты	IP40
Диапазон изм-ых температур,	-50..+150
Выходной сигнал	4-20мА
Интерфейс	RS-485
Погрешность вычисления температуры	Не более 3

## 2.5 Выбор управляющего клапана и электропривода

### 2.5.1 Выбор регулирующего клапана

Выбор надежного регулирующего клапана очень важен, поскольку от его работы зависит поддержание большинства технологических величин в норме.

Для выбора соответствующего клапана необходимо определиться с его пропускной способностью. Пропускная способность рассчитаем по методу согласно РТМ 108.711.02-79:

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * Q_{\max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\max}$  – значение максимального расхода в м<sup>3</sup>/ч,  $\rho$  – плотность среды в кг/м<sup>3</sup>,  $\Delta P$  – перепад давления МПа.

Примем  $Q_{\max}$  равной производительности ЭГ-200, т.е 200 м<sup>3</sup>/ч, плотность среды 900 кг/м<sup>3</sup>, перепад давления 0,5

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * 200 * \sqrt{\frac{900}{0,5}} = 84 \quad (2)$$

С учетом 10% запаса  $K_{\mu \max}=93$ . Клапан с данной пропускной способностью подойдет для воды и нефти.

В результате в качестве основного ИМ был выбран клапан стальной односедельный 25нж947нж ДУ-80 фланцевый с ЭИМ.

Данный клапан применяется для непрерывного регулирования параметров рабочей среды (давление, температура) путём изменения пропускной способности (расхода) в системах автоматического управления технологическими процессами в химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Стоит отметить, что клапан будет непрерывно подвергаться воздействию коррозионной среды, поэтому в качестве материала для корпуса и уплотнений должна быть использована нержавеющая сталь.

Таблица 9. Технические характеристики клапана 25нж947нж

Напряжение питания, В	120-340
Температура окр. среды	-50..+50
Температура рабочей среды	- 60°С до + 450 °С
Рабочее давление	до 4 МПа;
Рабочий ход плунжера, мм	0-32
Рабочая среда	вода, воздух, пар, аммиак, газ,
	жидкие нефтепродукты и углеводороды
Срок службы	Не менее 10 лет
Наработка на отказ	10000 часов
Условная пропускная способность, куб.м/ч	До 100



Рисунок 18 – Внешний вид клапана 25нж947нж

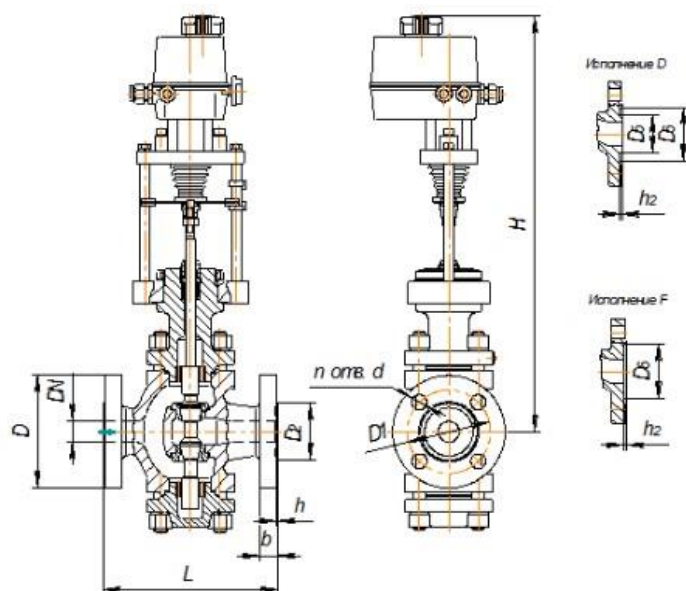


Рисунок 19 – Габаритный чертеж клапана

### 2.5.2 Выбор электропривода

В качестве электропривода был выбран электропривод прямоходный ST 0, который может поставляться в комплекте с выбранным в п. 2.6.3.1 регулирующим клапаном.

Прямоходный электропривод REGADA ST 0.1 применяется для перемещения различных регулирующих органов и может работать в комплекте с электронными и электрическими регуляторами.



Рисунок 20 – Внешний вид электропривода ST0.1

Таблица 10. Технические характеристики электропривода

Напряжение питания, В	230
Температура окр. среды	-25..+55°C
Степень защиты	IP67
Скорость управления	5-32 мм/мин
Рабочий ход	До 40 мм
Время закрытия	40..60 сек
Управление	3-х позиционное, 0-10В, 4-20мА

Все приборы и клемные коробки из-за соображений безопасности должны быть заземлены.

## 2.6 Разработка схемы внешних проводов

Схема соединений и подключений внешних проводов, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.408-2013, приведена в Приложении Б.

На схеме представлены подключения всех датчиков, входящих в АСУ. Кабели соединений должны быть негорючими, а также иметь экранирование, что позволит защитить каналы измерений в случае возникновения пожароопасной ситуации и влияния э/м полей. На рисунке 21 представлено строение выбранного кабеля.

В качестве кабеля выбран КВВГЭ нг. Кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика.



Рисунок 21 – Строение кабеля КВВГЭ нг

В состав данного кабеля входят жилы, изготовленные из меди. В качестве изоляции, внутренней оболочки и внешней оболочки используются ПВХ из пониженной пожароопасной, а также экран в виде алюминиевой фольги.

Все приборы и клемные коробки из-за соображений безопасности должны быть заземлены. Схема внешних проводок приведена в Приложении Б

## **2.7 Разработка алгоритмов**

В автоматизированной системе на различных уровнях управления используются различные алгоритмы:

1. алгоритмы пуска (запуска)/ остановки технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA).
2. ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК);

В данной ВКР разработаны следующие алгоритмы АС:

1. алгоритм пуска/остановки технологического процесса.
2. алгоритм сбора данных измерений (канал измерения температуры трансформаторного масла);

Перечисленные выше алгоритмы выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 19.002.

### **2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения был выбран канал измерения температуры среды в ЭГ. Алгоритм предусматривает проверку достоверности получаемого сигнала, а также действия при выходе значения за пределы уставок.

### **2.7.2 Алгоритм регулирования уровня в ЭГ**

. В результате сравнения показаний датчиков с установленными для данного процесса уставками формируются управляющие воздействия на ИМ.

Выполнение алгоритма обеспечивает поддержание технологических параметров в безопасном диапазоне значений.

### 2.7.3 Алгоритм управления технологическим параметром

В качестве регулируемого параметра технологического процесса выступает расход пресной воды на входе в ЭГ. Контур регулирования представлен на рисунке 22.



Рисунок 22 – Типовой контур регулирования

В качестве алгоритма регулирования будем применять алгоритм ПИД-регулирования. Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор применяется в АСУ для формирования управляющего сигнала.

Алгоритм работы представленной схемы выглядит следующим образом. На вход ПИД-регулятора поступает сигнал, определяющий заданное (нормированное) значение расхода, а также сигнал непосредственно с расходомера. На основании разности этих сигналов, ПИД вырабатывает управляющее воздействие в виде токового сигнала 4-20 мА, поступающего на вход частотного преобразователя.

ЧП, используя переменное напряжение сети и информацию с ПЛК, выдает силовой сигнал на электропривод. Изменяя частоту поступающего на электропривод напряжения, ЧП контролирует скорость его вращения. В свою очередь именно электропривод оказывает непосредственное механическое воздействие на рабочий орган клапана, определяя тем самым расход в трубопроводе.



Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения расхода и ИМ (клапаном). Длина участка определяется правилами монтажа соответствующего датчика и ИМ.

Для составления модели в программном пакете MATLAB необходимо записать математическую модель каждого из объектов системы управления.

Таблица 11. Уравнения математической модели

Название объекта	Уравнение
ПИД-регулятор	$K_{\text{п}} + K_{\text{д}} * \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} + K_{\text{и}} * \int U_{\text{вх}} dt$
Частотный преобразователь	$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 \cdot U_3$
Электропривод	$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f$
Клапан	$\frac{dF}{dt} = K_4 \omega$
Трубопровод	$W_{\text{тр}}(s) = \frac{F_{\text{кл}}}{F} = \frac{1}{T_4 \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s}$

Примем максимальный расход пресной воды равным 40 м<sup>3</sup>/ч.

ЧП, электропривод, клапан и трубопровод описываются апериодическими звеньями первого порядка. Найдем неизвестные коэффициенты.

$$T_1 = 0.1 \text{ с} ,$$

где  $T_1$  – постоянная времени для ЧП;

$$k_1 = \frac{f}{I} = \frac{50}{16} = 3,125 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}} ,$$

где  $k_1$  – коэффициент передачи ЧП,  $I$  – управляющий токовый сигнал,  $f$  – частота управляющего сигнала, изменяющаяся от 0 до 50 Гц;

$$T_2 = 0,20 \text{ с} ,$$

где  $T_2$  – постоянная времени для электропривода;

$$k_2 = \frac{\omega}{f} = \frac{200}{50} = 4 \frac{\text{Рад/с}}{\text{Гц}},$$

где  $k_2$  – коэффициент передачи электропривода,  $\omega$  – скорость вращения асинхронного двигателя, входящего в состав электропривода;  $f$  – частота подаваемого на двигатель напряжения;

Для более плавного регулирования клапаном необходим понижающий редуктор. Учтем, что время для полного открытия/закрытия задвижки составляет 40 сек.

$$k_p = \frac{2 * pi}{w * t} = \frac{6,28}{200 * 40} = 0,000785,$$

где  $k_p$  – коэффициент редуктора;

$$k_3 = \frac{F}{w * k_p} = \frac{0,011}{0,157} = 0,07 \frac{\text{м}^3/\text{с}}{\text{рад}},$$

где  $k_3$  – коэффициент передачи клапана,  $F$  – расход среды, приходящей на клапан в  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$$T_4 = \frac{2 \cdot l \cdot S_{\text{п.п}} \cdot c^2}{Q_{\text{кЛ}}} = \frac{2l}{Q} \cdot \frac{Q^2 \cdot S_{\text{п.п}}}{S_{\text{п.п}}^2} \cdot \frac{\rho}{2\Delta p g} = \frac{LQ\rho}{\Delta P \cdot S_{\text{п.п}} \cdot g} = \frac{6 \cdot 1000 \cdot 0,011}{0,4 \cdot 101971 \cdot 0,049 \cdot 9,81} = 0,003,$$

где  $T$  – постоянная времени для участка трубопровода,  $l$  – длина трубопровода,  $S_{\text{п.п}}$  – площадь поперечного сечения трубы,  $P_{\text{кЛ}}$  – давление после ИМ равное 0,4 МПа

Поскольку длина трубопровода составляет не более 2-3 м транспортное запаздывание не учитывается.

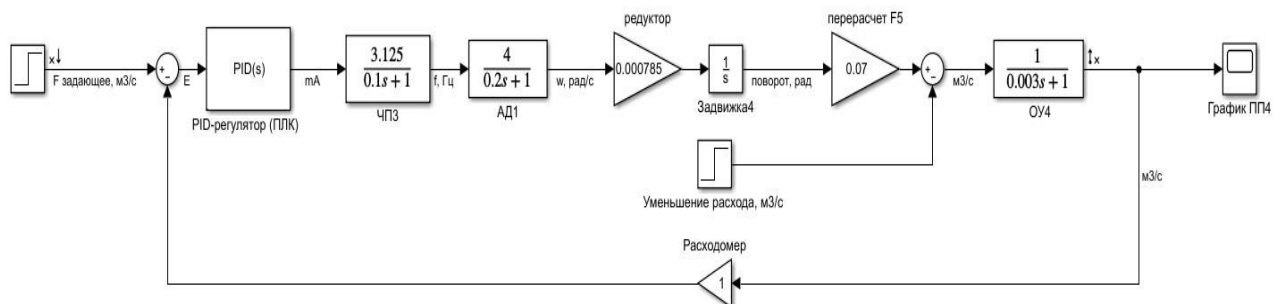


Рисунок 23 – Модель САР расхода

На рисунке 24 представлен переходный процесс изменения расхода ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) в трубопроводе. В качестве задающего воздействия был задан расход  $0.011 \text{ м}^3/\text{с}$ . В модели использовался ПД-регулятор  $\text{м}^3/\text{с}$ .

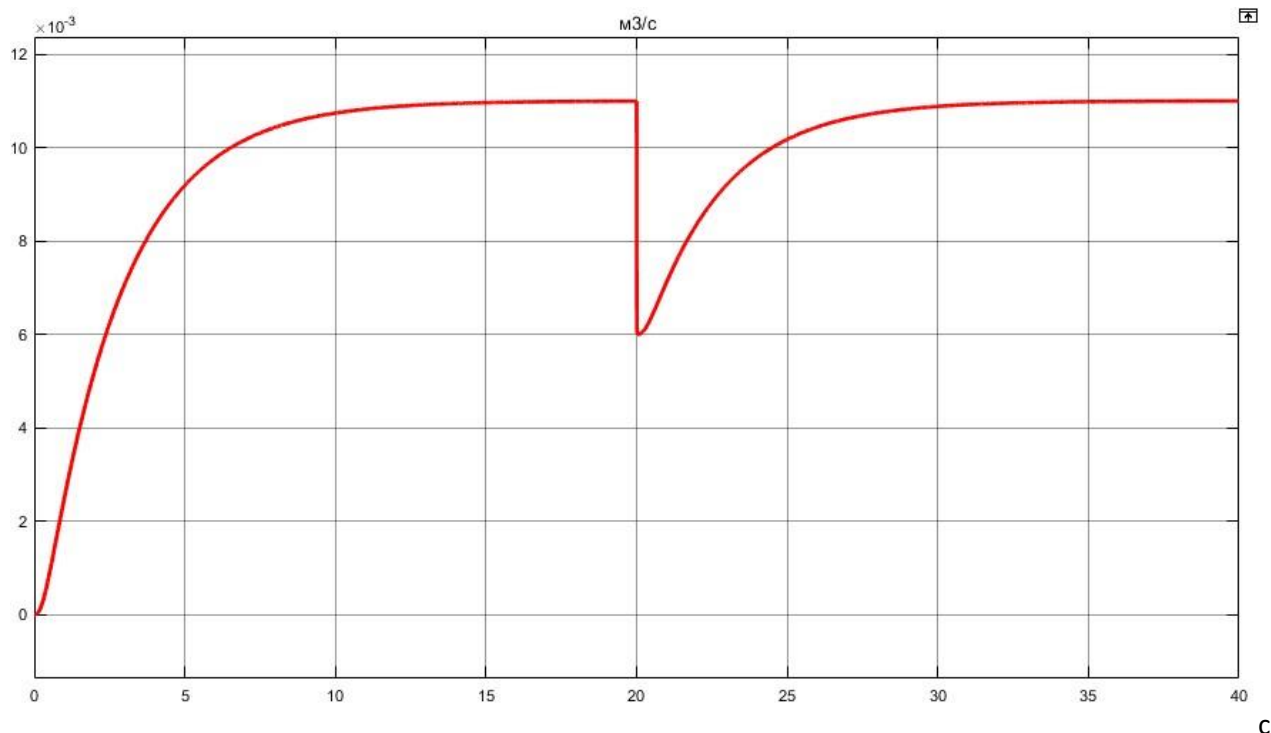


Рисунок 24 – График переходного процесса

На 15 секунде измерения в системе происходит падения расхода на  $0.005 \text{ м}^3/\text{с}$ . Система справляется за  $t=10$  сек с возмущением. Коэффициенты пидрегулятора:  $K_p=346$ ;  $K_d=1$ .

Перерегулирование при данных настройках отсутствует, а время переходного процесса составляет порядка 8 секунд.

#### **2.7.4 Алгоритм управления технологическим параметром по статистическим данным**

В качестве регулируемого параметра процесса была выбрана концентрация примесей солей в эмульсии. Нахождение данной величины в требуемых пределах является такой же важной функцией электродегидратора как и отделение нефти от воды.

В качестве объекта исследования был выбран ЭГ-200-10, основные параметры которого представлены в таблице 12.

Таблица 12. Технические параметры ЭГ-200-10

Рабочее давление, МПа	1
Вместимость емкости, м <sup>3</sup>	200
Рабочая температура, °С	До 100
Пропускная способность по товарной нефти, т/сут	5000-11500
Мощность электротрансформаторов, кВ	150

Входными параметрами для создания модели будут  $Q_{вх}$  – концентрация солей, мг/л;  $F_{пр. в.}$  – расход пресной воды, м<sup>3</sup>/ч. Выходным параметром будет  $Q_{вых}$  – концентрация солей, мг/л.

В качестве исходных данных для нахождения вышеперечисленных величин были использованы режимные листы НГДУ “Сургутнефть”. Данные представлены в таблице 13.

Таблица 13. Режимный лист

№	$Q_{вх}$	$F_{пр.в}$	$Q_{вых}$
1	29,5	22,8	7,1
2	29,9	22,1	7,6
3	30,2	24,8	6,3
4	33,4	21,1	8,5
5	35,2	19,7	9,6
6	34,6	20,2	9,2
7	36,5	20,3	9,1
8	35,4	19,4	9,8
9	34,9	18,8	10,2
10	33,7	20,5	8,6
11	33,6	19,2	10,1
12	35,1	19,6	9,6

13	35,9	17,8	11,2
14	36,2	17,5	11,6
15	36,4	18,1	10,9
16	36,8	17,7	11,3
17	37,5	17,6	11,6
18	37,6	17,8	11,3
19	37,1	17,3	11,9
20	36,5	17,1	12,3
21	35,4	16,5	12,7
22	35,9	16,4	12,9
23	36,1	17,1	11,9
24	36,5	17,9	10,9
25	34,5	19,5	9,7
26	34,2	19,3	9,8
27	34,9	18,5	10,7
28	33,5	17,9	11,3
29	32,6	19,8	9,5
30	32,8	19,5	9,8
31	32,4	18,9	10,2
32	32,9	19,1	10,1
33	31,5	21,6	8,3
34	31,4	20,4	8,6
35	30,6	22,7	7,1
36	30,7	22,6	7,3
37	30,9	21,8	7,9
38	29,6	24,6	6,8
39	29,4	24,9	6,2
40	32,6	20,1	9,4

Основываясь данных режимного листа можно найти математическую зависимость концентрации соли на выходе ( $z$ ) от начального ее содержания ( $x$ ) и расхода пресной воды ( $y$ ). С помощью программного пакета Simulink получаем график  $z(x, y)$ . В качестве линеаризованной модели было выбрана полиномиальная зависимость второго порядка.

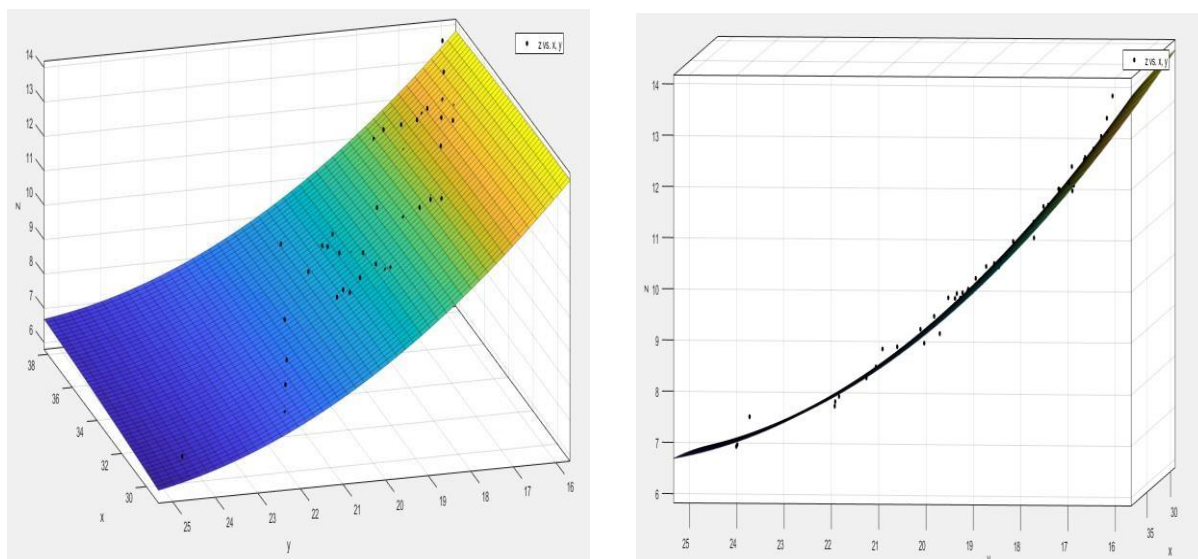


Рисунок 25 – График зависимости  $z(x, y)$

С помощью пакета Curve Fitting Toolbox была получена функция исследуемого параметра:

```
Linear model Poly22:
f(x,y) = p00 + p10*x + p01*y + p20*x^2 + p11*x*y + p02*y^2
Coefficients (with 95% confidence bounds):
p00 = 51.39 (-10.96, 113.7)
p10 = -0.004027 (-2.442, 2.434)
p01 = -3.402 (-5.724, -1.08)
p20 = -0.001813 (-0.0266, 0.02297)
p11 = 0.006982 (-0.03531, 0.04927)
p02 = 0.05846 (0.03429, 0.08264)
```

Рисунок 26 – Параметры функции  $z(x, y)$

$$f(Q_{\text{вх}}, F_{\text{пр.в}}) = 51,39 - 0,004027 * Q_{\text{вх}} - 3,402 * F_{\text{пр.в}} - 0,001813 * Q_{\text{вх}}^2 + 0,006982 * Q_{\text{вх}} * F_{\text{пр.в}} + 0,05846 * F_{\text{пр.в}}^2 \quad (3)$$

Чтобы убедиться в корректности полученного приближения, произведем оценку адекватности модели путем нахождения критерия Фишера.

Находим среднюю дисперсию табличных данных по формуле:

$$A = \frac{\sum_1^n (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1} = \frac{\sum_1^{60} (Y_i - \bar{Y})^2}{59} = 3,587, \quad (4)$$

где  $Y_i$  – значение  $i$ -ой точки,  $\bar{Y} = \frac{\sum_1^n Y_i}{N}$  – среднее значение,  $N$  – количество измеренных точек.

По формуле (3) вычисляем значение функции  $f(Q_{вх}, F_{пр.в})$  во всех точках.

Вычисляем остаточную дисперсию:

$$B = \frac{\sum_i^n (A_i - f_i)^2}{N-(k+1)} = \frac{\sum_1^{60} (A_i - f_i)^2}{57} = 0,025, \quad (5)$$

где  $k=2$ , так как выбрано приближение второго порядка.

Находим дисперсию адекватности:

Определяем критерий Фишера:

$$F = \frac{A}{B} = \frac{3,587}{0,025} = 143,48$$

$F_{табл}=1,547$ . Поскольку найденный  $F$  значительно больше чем  $F_{табл}$ , то можно сделать вывод о том, что модель адекватна и ее можно использовать для различных исследований и расчетов.

Процесс регулирования концентрации солей подразумевает управление расходом пресной воды, которое будет происходить за счет регулирующего клапана, получающего сигналы от ПЛК. Для этого необходимо определиться с выбором клапана, а также зависимостью между его рабочим ходом (ходом штока) и пропускной способностью.

Для расчета необходимых параметров и выбора регулирующей арматуры необходимо воспользоваться РТМ 108.711.02-79 “Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики”.

Для определения максимальной пропускной способности воспользуемся формулой:

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * Q_{\max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}, \quad (6)$$

где  $Q_{max}$  – значение максимального расхода в м<sup>3</sup>/ч,  $\rho$  – плотность среды в кг/м<sup>3</sup>,  
 $\Delta P$  – перепад давления МПа.

Примем  $Q_{max} = 25$ ,  $\rho = 900$  и  $\Delta P = 0,5$ .

$$K_{\mu max} = 10^{-2} * 25 * \sqrt{\frac{900}{0,5}} = 11,16$$

Исходя из полученного значения максимальной пропускной способности выбирается коэффициент объемного расхода жидкости, проходящей через клапан с запасом от 10 до 30%. Примем  $K_{vs} = 12,5$ .

Найдем зависимость расхода от величины хода плунжера, имеющего линейную пропускную характеристику.

$$Q = \frac{\Phi * K_{vs}}{10^{-2} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}} = \frac{(0,0183 + 0,9817 * h) * 12,5}{10^{-2} * \sqrt{\frac{900}{0,5}}}$$

где  $\Phi = 0,0183 + 0,9817 * h$  для линейной расходной характеристики,

$$K_{\mu max} = K_{vs} * \Phi.$$

На рисунке 27 представлена зависимость пропускаемого клапаном объема среды от процента открытия штока.

Открытие штока, %	Пропускаемый объем, м3/ч
0,1	3,431530284
0,2	6,323891646
0,3	9,216253009
0,4	12,10861437
0,5	15,00097574
0,6	17,8933371
0,7	20,78569846
0,8	23,67805982
0,9	26,57042119
1	29,46278255

Рисунок 27 – Тарировочная таблица



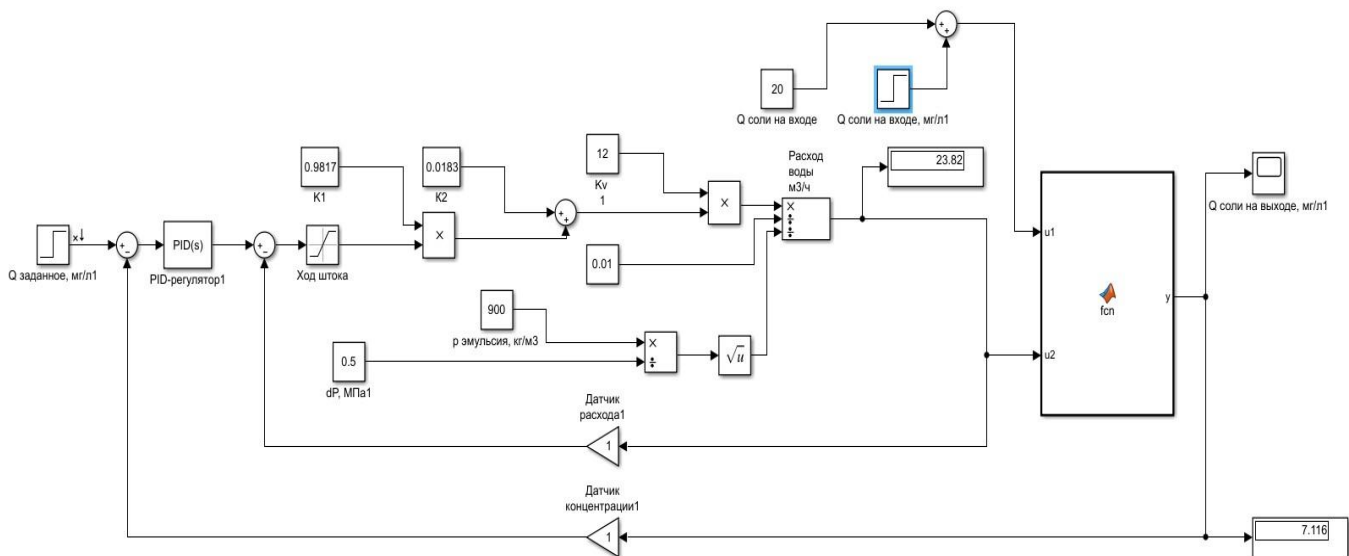


Рисунок 28 – Модель управления концентрацией в Simulink

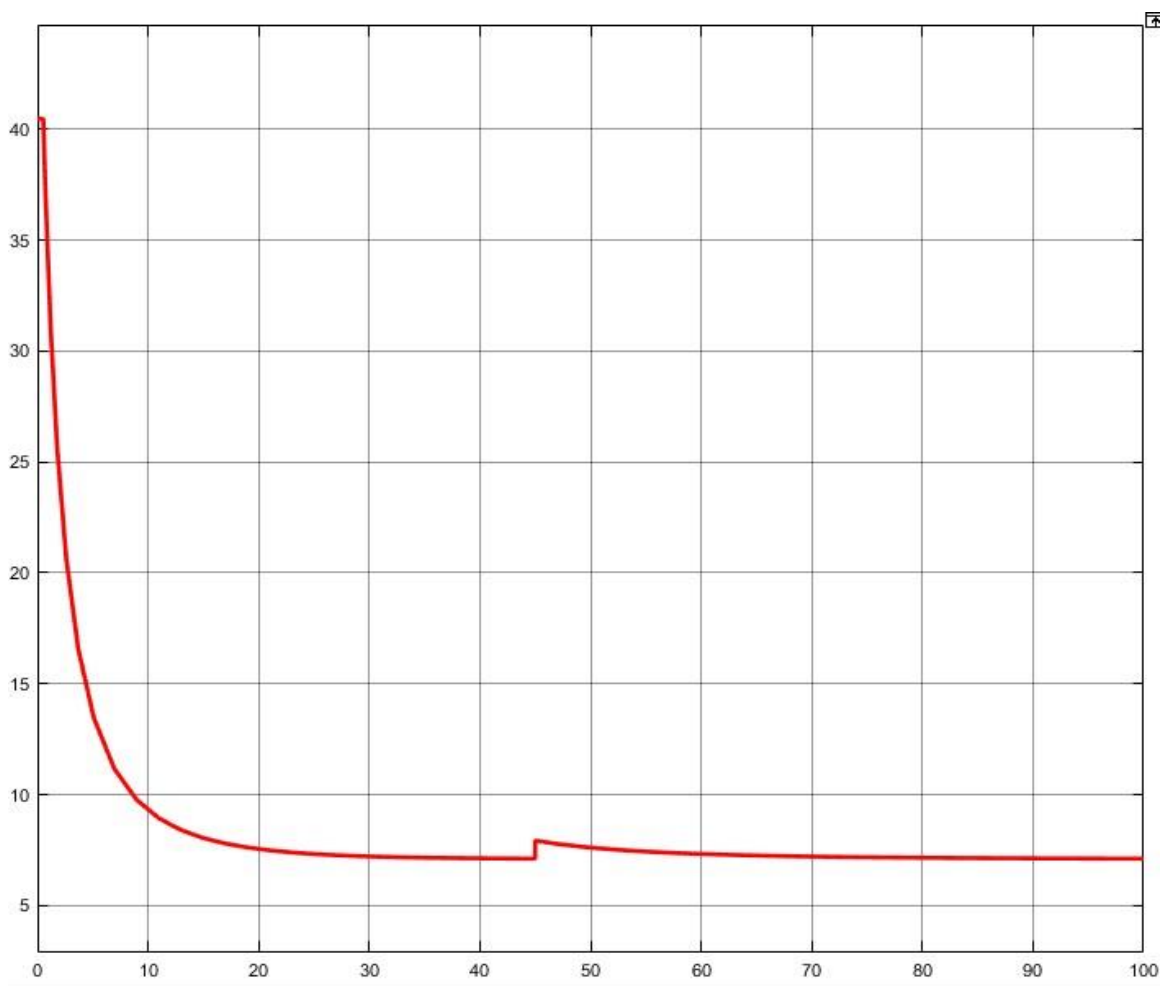


Рисунок 28 – График переходного процесса  $Q_{\text{вых}}$

На графике представлена динамика изменения концентрации солей на входе при требуемом значении 7,1 мг/л. Также на 45-ой секунде в систему было

введено возмущение, представленное моментальным возрастанием количества соли в эмульсии, поступающей на вход ЭГ, размером в 40 мг/л.

По графику можно определить, что время переходного процесса для установления начальной концентрации составляет порядка 20 секунд, а перерегулирование в данном случае отсутствует. Также необходимо внести ограничения в блок “ход штока”, поскольку максимальный расход, используемый при расчетах, равен 25 м<sup>3</sup>/ч.

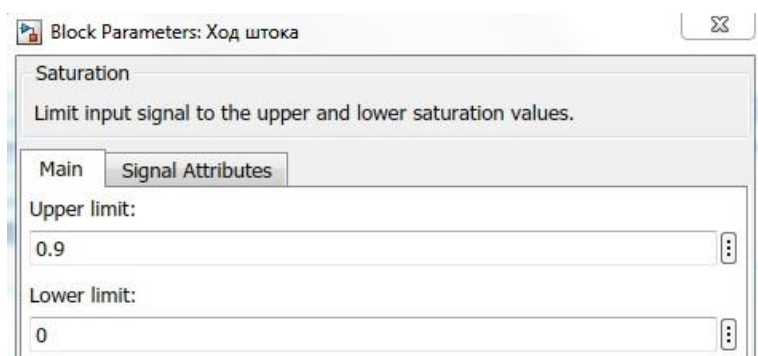


Рисунок 29 – Настройка хода штока

В блок “MATLAB Function2” записывается выражение (3).



```
MATLAB Function2 x +
1 function y = fcn(u1, u2)
2
3 y = 51.39+(-0.004027)*u1+(-3.402)*u2+(-0.001813)*u1^2+0.006982*u1*u2+0.05846*u2^2;
```

Рисунок 30 – Описание блока “MATLAB Function2”

## 2.8 Разработка экранных форм

Управление и мониторинг технологических процессов реализован с применением SCADA-системы TIA Portal. Она предназначена для применения на действующих технологических установках в настоящем времени и требует

применение компьютерной техники в промышленном исполнении. Работает с оборудованием различных изготовителей с помощью OPC-технологии. Выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет комплект драйверов либо серверов ввода/вывода.






### 2.8.1 Дерево экранных форм

В таблицах 10 и 11, приведенных ниже, будут указаны все цвета, используемые в разработанной SCADA-системе.

Таблица 14. Кодировки используемых цветов

Цвет	Название	Код RGB
	Коричневый	153, 51, 0
	Черный	24, 28, 49
	Серый	150, 150, 150
	Синий	0, 0, 255
	Желтый	255, 255, 0
	Зеленый	0, 255, 0
	Голубой	51, 204, 255
	Темно-коричневый	101, 67, 33
	Красный	255,0,0


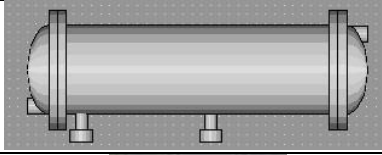





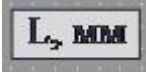
Таблица 15. Цветовое кодирование среды в трубопроводах

Наименование продуктопровода	Цвет	
Вода на БКНС		Синий
Водонефтяная эмульсия		Темно-коричневый
Нефть		Коричневый
Вода пресная		Голубой
Провода электрические		Черный

В таблице 16 приведены все условные обозначения, использованные в SCADA-системе.

Таблица 16. Условные обозначения

Обозначение	Описание

	Вентиль (ручной)
	Электродегидратор горизонтальный
	Поле для изменения % открытия клапана
	Клапан регулирующий ( с электроприводом)
	Задвижка (с электроприводом)
	Поле выходных значений
	Шкала для отображения уровня
	Поле с обозначением измеряемой величины

#### Цветовое кодирование клапана:

Желтый – клапан закрыт;

Зеленый – клапан открыт;

Мигающий зеленый – открытие/закрытие клапана; Красный

– состояние неопределено (нет сигнала).

#### Цветовое кодирование полей выходных значений:

Желтый – пограничное значение сигнала;

Зеленый – рабочее значение сигнала;

Красный – аварийное значение сигнала;

Серый – значение неопределённо (обрыв линии).

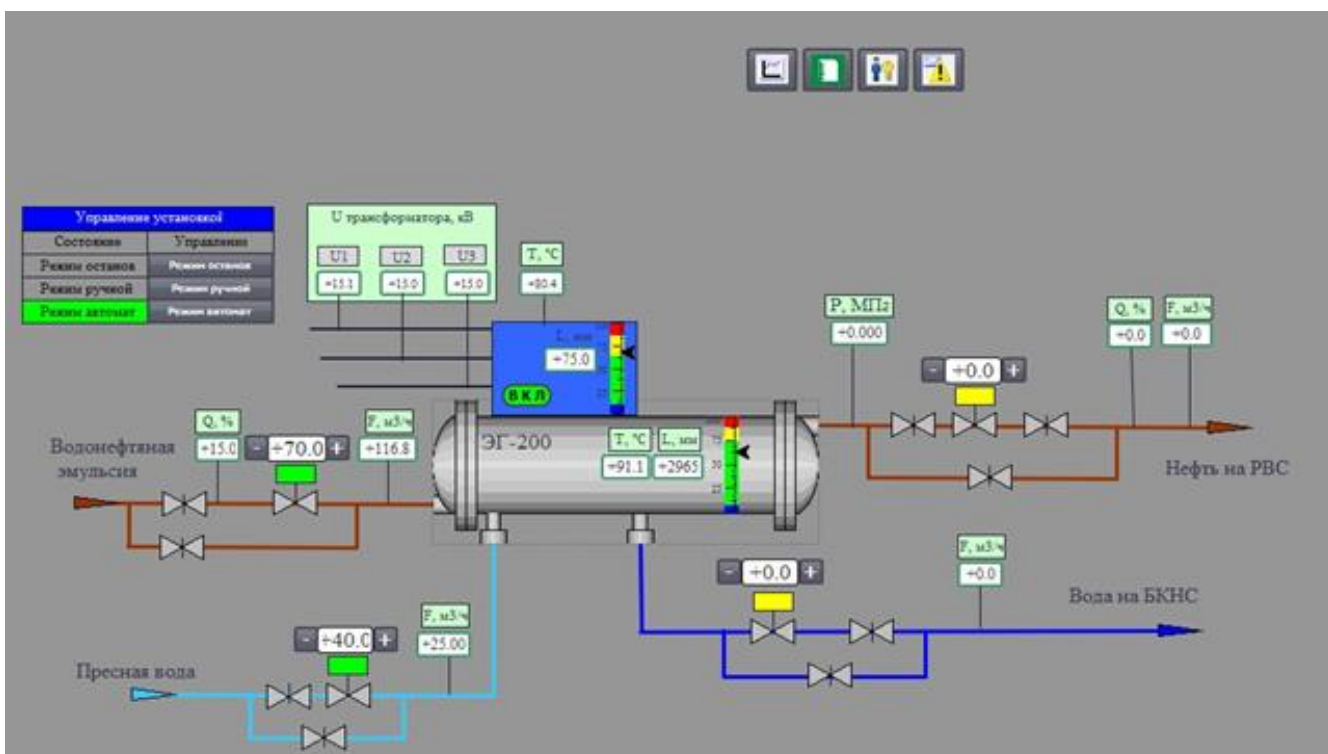


Рисунок 31 – Экранная форма

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

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 конкурентноспособным на рынке в текущее время.

### 3.2 Потенциальные потребители 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+», «В» - ООО «Автоматизация производств», «С» - АО «ЭлеСи».

Таблица 17. Сегментирование рынка

		Вид деятельности		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер компании	Крупные	С	В	С
	Средние	А,В,С	А,В	А,С
	Мелкие	А,В,С	А,В	А,С

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.

### 3.3 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве.

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

Также одним из конкурентов может быть ООО «ТелеСистемы». Данная компания имеет широкую специализацию в разработке АСУ для самых разных задач. Располагается в г. Екатеринбург.

В таблице 18 отражена оценочная карта для сравнения разработок конкурентов: Бк1 – “Элком+”, Бк2 – “ТелеСистемы”.

Таблица 18. Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Надежность	0,12	4	4	5	0,48	0,48	0,60
Удобство использования	0,14	4	4	4	0,56	0,56	0,56
Безопасность	0,15	4	4	4	0,45	0,60	0,60
Улучшение производительности	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
Минимизация ошибок учета	0,10	4	3	4	0,40	0,30	0,40
Ремонтопригодность	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,27

Экономические критерии оценки эффективности							
Послепроектное сопровождение	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
Цена	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
Конкурентоспособность	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
Итого	1				4,01	4,15	4,03

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i \quad (7)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки,  $B_i$  – вес показателя (в долях),  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Исходя из расчетов следует вывод, что проект может оказать конкуренцию в цене, улучшении производительности и удобстве использования. Однако проект обладает слабой позицией в плане ремонтпригодности и послепроектного сопровождения.

### 3.4 Технология QuaD

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 19.

Таблица 19. Оценочная карта QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Надежность	0,12	70	100	0,7	8,4
Удобство использования	0,14	75	100	0,75	10,5
Безопасность	0,15	85	100	0,85	12,75



Улучшение производительности и	0,18	90	100	0,90	16,2
Минимизация ошибок учета	0,10	65	100	0,65	6,5
Ремонтопригодность	0,09	70	100	0,70	6,3
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
Послепроектное сопровождение	0,09	70	100	0,70	6,3
Цена	0,07	80	100	0,80	5,6
Конкурентоспособность	0,06	65	100	0,65	3,9
Итого	1				76,45

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100, \quad (8)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;  $P_i$  – средневзвешенное значение показателя. Значение  $P_{\text{ср}}$  отражает перспективность разработки:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100 = 76,45 \quad (9)$$

Значение  $P_{\text{ср}}=76,45$  показывает, что проект обладает перспективностью выше среднего, что позволяет говорить о дальнейшей возможности работы над проектом и его улучшении.

### 3.5 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой

комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 20. SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Не требуется уникальное оборудование. С2. Наглядность интеллектуального интерфейса. С3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика. С4. Снижение трудозатрат персонала</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. “Новичок” на рынке разработчиков АСУ</p> <p>Сл2. Применение только в нефтегазовой отрасли</p> <p>Сл3. Длительный срок поставки необходимого оборудования</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Разработка новых, усовершенствованных проектов на базе “старых”</p> <p>В2. Сотрудничество с компаниями разработчиками АСУ</p> <p>В3. Увеличение клиентской базы</p>		

Угрозы: У1. Конкуренция с другими разработчиками АСУ У2. Срыв поставок оборудования		
--	--	--

Для выявления сильных и слабых сторон НИП внешних условий окружающей среды требуется построить интерактивную матрицу.

Таблица 21. Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	0	0	+	-
	B2	0	0	0	0
	B3	0	+	+	+

Таблица 22. Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	0
	B2	+	0	0
	B3	0	0	0

Таблица 23. Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	0	0	-
	У2	0	-	+	-

Таблица 24. Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+

Итоговая матрица SWOT будет выглядеть следующим образом.

Таблица 25. Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Не требуется уникальное оборудование.</p> <p>С2. Наглядность интеллектуального интерфейса.</p> <p>С3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика.</p> <p>С4. Снижение трудозатрат персонала</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. “Новичок” на рынке разработчиков АСУ</p> <p>Сл2. Применение только в нефтегазовой отрасли</p> <p>Сл3. Длительный срок поставки необходимого оборудования</p>
Возможности:	<p>В1С3 – увеличение числа разработок</p> <p>В3С2С3С4 – повышение качества продукции</p>	<p>В1 Сл1. Разработка новых, усовершенствованных проектов на базе “старых”</p> <p>В2 Сл1. Сотрудничество с компаниями разработчиками АСУ</p> <p>В3 Сл1. Увеличение клиентской базы</p>

Угрозы:	У2С3 –индивидуальный подход к клиентам, проверка правильного заполнения плана закупок.	У1 Сл1. Конкуренция с другими разработчиками АСУ У2 Сл3. Срыв поставок оборудования
---------	--	--

### 3.6 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.6.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 26. Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Определение целей, задач, исходных данных	1	Выбор темы ВКР	Инженер
	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель Инженер
	4	Разработка календарного плана	Инженер
Разработка АСУ	5	Описание технологического процесса	Инженер
	6	Подбор СИ и контроллерного оборудования	Инженер
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер

	8	Разработка структурной схемы, схемы соединения внешней проводки, схемы информационных потоков	Инженер
	9	Разработка экранных форм	Инженер
	10	Разработка алгоритмов управления системы	Инженер
	11	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер
	12	Написание раздела «социальной ответственности»	Инженер
	13	Проверка работы с руководителем	Руководитель Инженер
Оформление отчета	14	Составление пояснительной записки	Инженер
	15	Подготовка презентации дипломного проекта	Инженер

### 3.6.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t = \frac{3*t_{\min i} + 2*t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{\min}$  – минимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.;  $t_{\max}$  – максимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_r$ :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где  $T_{кал}$  – календарные дни,  $T_{вых}$  – выходные дни,  $T_{пр}$  – праздничные дни.

Коэффициент календарности:  $K_{кал} = 365 / (365 - 52 - 12) = 1,21$ .

Таблица 27. 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		$t_{ожi}$ , чел-дни			
	Инженер	Преподаватель	Инженер	Преподаватель	Инженер	Преподаватель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
Выбор темы ВКР	1	0	3	0	1,8	0	1,8	2,178
Составление и утверждение технического задания	1	1	7	4	3,4	2,2	3,4	4,114
Подбор и изучение материалов по теме	7	3	12	7	9	4,6	9	10,89
Разработка календарного плана	2	0	3	0	2,4	0	2,4	2,904
Описание технологического процесса	2	0	4	0	2,8	0	2,8	3,388
Подбор СИ и контроллерного оборудования	7	0	14	0	9,8	0	9,8	11,858
Разработка функциональной схемы автоматизации	7	0	9	0	7,8	0	7,8	9,438
Разработка структурной схемы, схемы соединения внешней проводки, схемы информационных потоков	4	0	7	0	5,2	0	5,2	6,292
Разработка экранных форм	5	0	7	0	5,8	0	5,8	7,018
Разработка алгоритмов управления системы	3	0	7	0	4,6	0	4,6	5,566



Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	5	0	6	0	5,4	0	5,4	5,34
Написание раздела «социальной ответственности»	4	0	5	0	4,4	0	4,4	5,324
Проверка работы с руководителем	2	3	5	3	3,2	3	3,2	3,872
Составление пояснительной записки	3	0	7	0	4,6	0	4,6	5,566
Подготовка презентации дипломного проекта	1	0	3	0	1,8	0	1,8	2,178
Итого	Инженер: 87,12							
	Руководитель: 11,858							

### 3.6.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 27 создадим диаграмму Ганта (желтый цвет – работа студента совместно с руководителем, зеленый – работа студента).

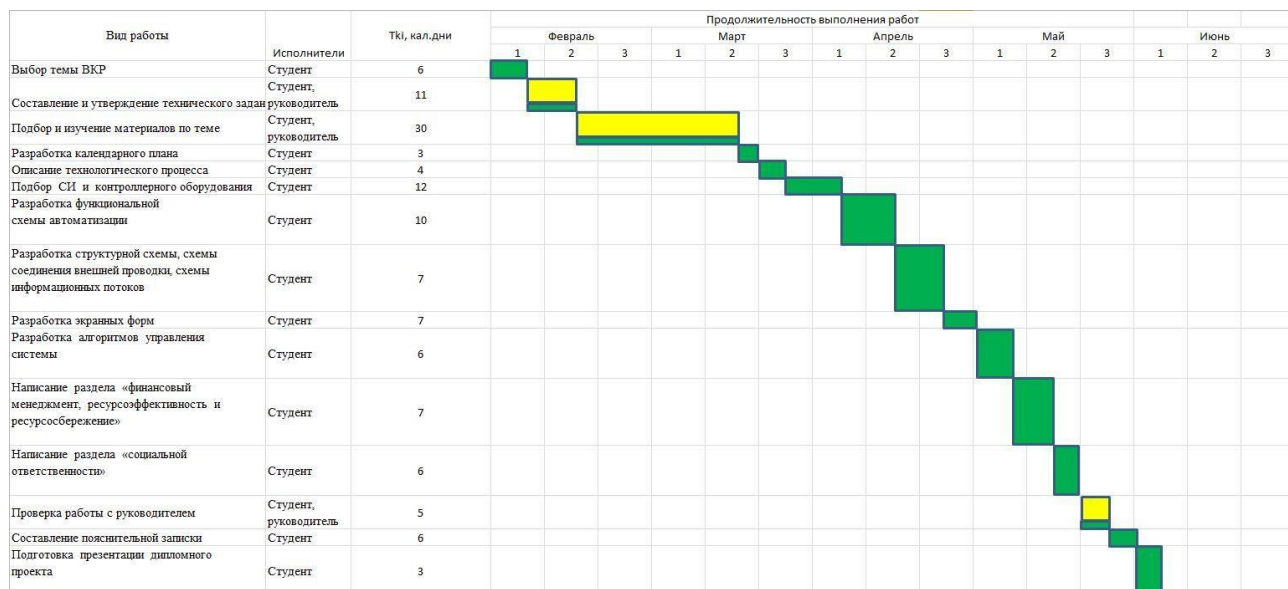


Рисунок 32 – Диаграмма Ганта

### 3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 3.7.1 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 28 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат также учитывается транспортные расходы и расходы (величина  $k_T$ ) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi},$$

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

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

Таблица 28. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы	
		Рук.	Инж.	Рук.	Инж.	Рук.	Инж.
Бумага	Пачка	1	1	250	250	300	300
Шариковая ручка	Шт.	2	2	20	20	48	48
Итого:						348	348

Расчет амортизация отчислений

$$A_M = C / \text{СПИ} / 12$$

где  $C$  — первоначальная или восстановительная стоимость объекта ОС; СПИ — срок полезного использования объекта ОС в годах

Таблица 29. Амортизация отчислений

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Амортизация	
		Рук.	Инж.	Рук.	Инж.	Рук.	Инж.
Ноутбук (ПК)	Шт.	1	1	40000	40000	8000	8000
Принтер	Шт.	1	1	2700	2700	2700	2700
Мышь	Шт.	1	1	500	500	500	5000
Итого:						11200	11200

Итого материальные затраты:

Инженера 11548 руб.

Руководитель 11548 руб.

### 3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  — основная заработная плата;  $Z_{доп}$  — дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ). Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d},$$

где  $Z_m$  — месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  — кол-во месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M=7,4$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 24 раб. дней  $M=9,2$  месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M=8,4$ ;  $F_d$  — действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. (таблица 30).

Таблица 30. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ок} * k_p ,$$

$Z_{ок}$  – заработная плата по окладу, руб.;  $k_p$  – районный коэффициент (1,3 для Томска).

В таблице 31 приводится расчет основной заработной платы.

Таблица 31. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ок}$ , руб	$k_p$ , руб	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_r$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	50800	1,3	66040	2210	12	26520
Инженер	88495	1,3	115043,5	3817,587	88	335947,7

### 3.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} ,$$

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

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены ниже.

$$З_{\text{доп}} = 0,15 * 26520 = 3978 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{доп}} = 0,15 * 335947,7 = 50392,15 \text{ руб.}$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) ,$$

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

Таблица 31. Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Преподаватель	26520	3978
Инженер	335947,7	50392,15
Отчисления во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Преподаватель	9149,4	
Инженер	115902	

### 3.7.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попадающие в предыдущие статьи расходов: ксерокопирование материалов

исследования, печать, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина рассчитывается по формуле:

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

Коэффициент накладных расходов принимается равным 16%.

### 3.7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 33. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Инженер	Руководитель	
Материальные затраты НИИ	11548	11548	
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4800	-	
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	335947,7	26520	
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	50392,15	3978	
Отчисления во внебюджетные фонды	115902	9149,4	
Накладные расходы	15553	13617	
Бюджет затрат НИИ	112764	98723	

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$\Phi_{\text{max}}$  зависит от сложности проекта для которого разрабатывается АСУ. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину  $\Phi_{\text{max}}$  невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта АСУ ЭГ в компании “Элком+”, равняется 100 тыс. руб, в компании “ТелеСистемы” 110 тыс. руб, у студента с руководителем на 2030% дешевле, т.е 70 тыс. руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.студент}} = \frac{70000}{110000} = 0,64$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.элком+}} = \frac{100000}{110000} = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.ТелеСистемы}} = \frac{110000}{110000} = 1$$

Таблица 34. Расчет показателей

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент	Элком+	ТелеСистемы
Способствует росту производительности труда	0,3	5	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	4	5	5
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

$$I_{\text{студент}} = 4,3; I_{\text{элком+}} = 4,85; I_{\text{телесистемы}} = 4,65.$$

Определим интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки  $I_{\text{исп.}i}$  :

$$I_{\text{исп.студент}} = \frac{4,3}{0,64} = 6,72$$

$$I_{\text{исп.элком+}} = \frac{4,85}{0,91} = 5,33$$

$$I_{\text{телесистемы}} = \frac{4,65}{1} = 4,65$$

Определим сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}1} = \frac{4,65}{6,72} = 0,69$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{5,33}{6,72} = 0,79$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{6,72}{6,72} = 1$$

Таблица 35. Рассчитанные показатели ресурсоэффективности

Показатель	Исп1	Исп2	Исп3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,64	0,91	1



Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,85	4,65
Интегральный показатель эффективности	6,72	5,33	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,79	0,69

Из полученных результатов видно, что разработанный проект эффективен на фоне конкурентов. Несмотря на небольшое отставание в плане ресурсоэффективности, проект опережает конкурентов в финансовом аспекте.

#### **4 Социальная ответственность**

В данном разделе ВКР будет проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут оказывать влияние на работу персонала, в частности на оператора АСУ ТП и слесаря КИПиА, в связи с внедрением на производство электродегидратора и автоматизированной системы управления. Также будет рассмотрено рабочее место персонала, которое должно быть оборудовано необходимой техникой в связи с внедрением АСУ.

Также будут разработаны меры по защите и снижению негативного влияния производственных факторов для рабочего места оператора согласно требованиям, а также даны рекомендации для создания благоприятных условий труда и охраны окружающей среды.

В связи с внедрением АСУ обслуживающий персонал будет работать с таким оборудованием как ПЭВМ, измерительные устройства (датчики), регулирующие клапаны и ПЛК.

При работе с вышеприведенным оборудованием человек подвергается различным воздействиям таким как:

- Отклонения значений температуры и влажности от нормы
- Недостаточная освещенность
- Повышенный уровень шума и вибрации

- Повышенный уровень электромагнитного излучения
- Поражение током

#### 4.1 Анализ вредных и опасных факторов

Оценка влияния различных факторов будет производиться исходя из того, что работа инженера относится к категории 1а согласно ГОСТ 12.1.005-88. [32] Производственную деятельность рабочий как правило осуществляет в помещении площадью 15-20 м<sup>2</sup>, в котором находятся несколько ПК для мониторинга процесса. Таким образом, требования по безопасности при работе с ПК, уровню шума, освещенности и т.д. будут устанавливаться согласно СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитая» [32]

Таблица 36. Классификация вредных и опасных факторов

Вредные и опасные факторы	Нормативные документы
Электромагнитное излучения	СанПиН 1.2.3685-21; ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ.
Производственный шум	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96
Поражение электрическим током	ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ; ГОСТ 12.1.030-81.
Высокое давление	ГОСТ Р 58778-2019; ГОСТ Р 58423-2019.

#### 4.2 Производственный шум

Требования к уровню шума содержатся в СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки”. [32]

Шум крайне неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывая головную боль, раздражительность и снижение внимания, что может привести к ошибочным действиям и травмам персонала. Шум угнетает центральную нервную систему (ЦНС), вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний. Постоянная работа в условиях повышенного уровня шума может привести к развитию таких профессиональных заболеваний как глухота и тугоухость.

Согласно СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 максимально допустимый уровень шума для работ категории 1а составляет 80дБА. [32]

Во внедряемой системе единственным источником шума являются клапана и задвижки с электроприводом. Однако создаваемый ими уровень шума значительно меньше шума, создаваемого, например, насосными станциями. Следовательно, при работе с АСУ ЭГ специальные защитные средства не требуются.

Однако необходимо принять во внимание тот факт, что при неисправности оборудования возможно появление посторонних шумов, которые могут превысить нормируемое значение, в таком случае необходимо определить причину неисправности и устранить ее в кратчайшие сроки.

### **4.3 Электромагнитное излучение**

Допустимые нормы электромагнитного излучения устанавливаются в СанПиН 1.2.3685-21 и ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. [32]

Внедрение АСУ предполагает, что рабочее помещение, в котором будет находиться персонал, обслуживающий установку ЭГ, оборудуется несколькими ПК для мониторинга процесса.

Большую часть рабочего времени персонал (операторы АСУ ТП) находятся в своих рабочих помещениях, в которых находится большое

количество ПК, являющихся сильным источником э/м излучения. В результате продолжительной работы за компьютером повышается утомляемость работника, снижается реакция, ухудшается зрение. Кроме того сильный э/м фон в будущем может стать причиной развития онкологических заболеваний.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах представлены в таблице 37.

Таблица 37. Допустимые уровни ЭМП

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность эл. поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магн. поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Способы защиты и уменьшение влияния э/м излучения:

- 1) Уменьшение времени нахождения человека в зоне э/м излучения. Например, необходимо делать перерывы на 10-15 мин каждые 45-60 мин, если работа требует постоянного взаимодействия с монитором.
- 2) Увеличение расстояния от источника э/м излучения. Монитор ПК располагать на расстоянии 60-70 см от пользователя, но не ближе 50 см.

#### 4.4 Электробезопасность

Электробезопасность согласно Приказу Минтруда России от 15.12.2020 N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации

электроустановок», относится к опасным факторам производства. [32]

Главными причинами электротравматизма являются:

- 1) Случайное прикосновение к токоведущим частям;
- 2) Появление напряжения на оборудовании вследствие повреждения изоляции;
- 3) Появление напряжения на установке, где работают люди, вследствие ошибочных действий персонала;
- 4) Удар током при освобождении человека, находящегося под напряжением.

Поражение током опасно для человека, поскольку оказывает на него многостороннее воздействие. Во всех случаях поражением током вызов врача обязателен.

Датчики и реле работают от постоянного тока под напряжением от 12 до 36В. Для защиты от статического электричества корпуса датчиков заземляются. Также для предотвращения возникновения дуги в реле рекомендуется использовать реле дуговой защиты.

Исполнительные устройства и ПЛК вместе с дополнительным оборудованием (модули ввода/вывода, модуль связи и т.п.) питаются от промышленной сети (220В, 50Гц), что является источником повышенной опасности. Контроллерное оборудование размещается в шкафу управления и автоматики. Место, где размещается шкаф, необходимо сопроводить предупреждающими знаками “Высокое напряжение”. Регулирующие клапаны должны быть заземлены.

Все токоведущие части системы должны быть изолированы. Также необходима установка УЗО для предотвращения поражения током человека.

В соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и ГОСТ Р 12.019-2009 помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным

заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок и вычислительной техники. [32]

#### **4.5 Пожарная безопасность**

Рабочее помещение, в котором располагаются инженеры, должно обладать не менее чем 2-ой степенью огнестойкости, поскольку в нем может располагаться большое количество дорогой техники, в том числе ПЭВМ.

При строительстве подобного помещения в качестве материала должны быть использованы металл, стекло, кирпич и другие негорючие материалы. Углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы должны находиться в здании и предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний. Огнетушители типа ОУ особенно хороши, поскольку не только эффективны для тушения, но и не наносят вреда электрооборудованию.

Помещение должно быть оборудовано датчиками пожарной сигнализации, а также должны быть развешаны планы эвакуации людей при пожаре, которые определяют правильный порядок действий персонала при пожаре и указывают места расположения средств пожаротушения.

Автоматизация ЭГ приводит к увеличению риска возникновения пожара, поскольку увеличивается количество электрооборудования. В связи с этим АСУ построена таким образом, чтобы исключить выход нефти из ЭГ и оборудования, а также не допустить возникновения искры в токопроводящих цепях. Для этого алгоритмы АСУ предусматривают аварийную сигнализацию при достижении предельно допустимых давлений в трубопроводах и уровня в самом ЭГ. Информация об аварии уходит и на главный диспетчерский пункт, где принимается оперативное решение по безопасной остановке объекта.

Для решения второй задачи в ВКР были выбраны датчики со взрывозащищенным исполнением. Соединение датчиков с контроллером осуществляется только искробезопасными цепями.

Организационные мероприятия по предупреждению возникновения пожаров:

- 1) организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- 2) разработка мероприятий по действиям администрации и персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- 3) назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- 1) поддержание исправной изоляции проводников;
- 2) поддержание свободного подхода к оборудованию;
- 3) соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

При обнаружении пожара персоналом:

- 1) немедленно сообщить в пожарную службу;
- 2) оповестить работников о случившемся;
- 3) оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

#### **4.6 Экологическая безопасность**

Экологическая безопасность работы АСУ электродегидратора обеспечивается за счет невозможности утечки нефти и дренажной воды из системы. Благодаря разработанным алгоритмам АСУ сбрасывает воду и нефть из ЭГ при достижении в нем высокого уровня среды.

Герметичность обеспечивается также за счет исполнительных устройств АСУ, которые способны выдерживать давление больше, чем максимально возможное давление в трубопроводах электродегидратора.

Установка ЭГ снабжается газосигнализаторами, которые немедленно подадут аварийную сигнализацию и позволят своевременно ликвидировать утечку.

Оборудование, используемое в АСУ, в случае полной неработоспособности и неремонтопригодности должно быть утилизировано на полигоне твердых бытовых отходов.



## **Заключение**

В результате выполненной ВКР была разработана система автоматизированного управления электродегидратором нефти. В ходе работы был изучен технологический процесс обезвоживания и обессоливания нефти. Были разработаны функциональные схемы автоматизации электродегидратора, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Система автоматизации ЭГ, диспетчерского контроля и управления были спроектированы на базе полевых устройств фирмы Rosemount, Метран ВСН50-60, ТМТ 2-30, ЭМИС, промышленного контроллера Delta Electronics и программного SCADA-пакета TIA Portal. В ходе ВКР была разработана схема внешних проводок, позволяющая подключить систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить.

Таким образом, спроектированная САУ электродегидратора нефти не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

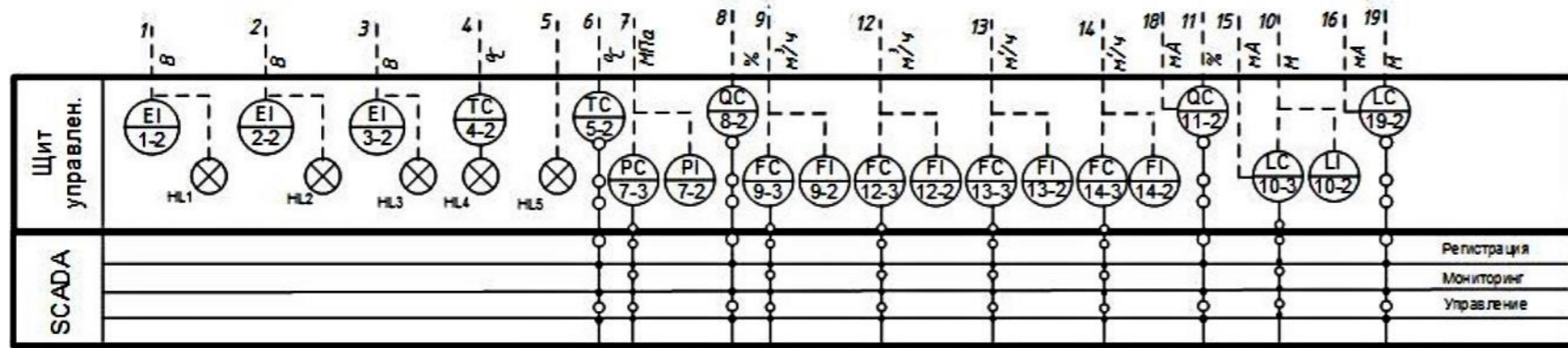
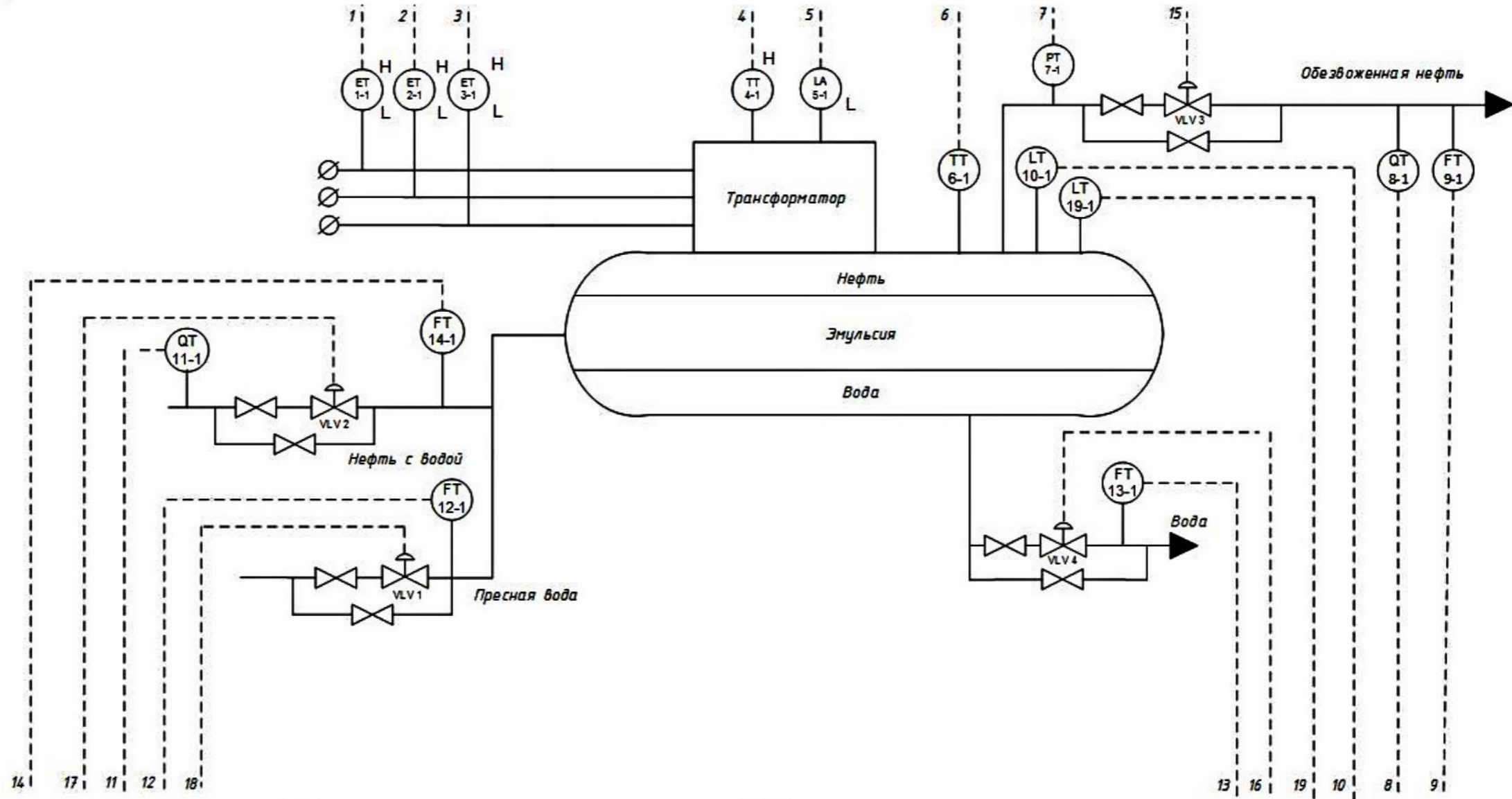
## Список литературы

1. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
3. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
4. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
5. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во.
6. ГОСТ Р 51858-202. Нефть. Общие технические условия.
7. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с.
8. ПЛК Delta Electronics AS300 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prosoft.ru/cms/f/464935/Краткий+каталог+с+це-нами.pdf>
9. Электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270 . [Электронный ресурс]. URL: <http://www.emerson.com/documents/automation-270-ru3534.pdf>

10. Датчик давления Метран-150. [Электронный ресурс]. URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmin-center/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/DD/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-150.pdf>
11. Уровнемер Rosemount 3300. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.k-avtomatika.ru/catalog/datchiki-urovnya/urovne-eryrosemount/volnovodnye-radarnye-urovne-eryrosemount-3300.html>
12. Датчик температуры Метран-286. [Электронный ресурс]. URL: [http://metran.nt-rt.ru/images/showcase/Datchiki\\_temperat-ury\\_2013.pdf](http://metran.nt-rt.ru/images/showcase/Datchiki_temperat-ury_2013.pdf)
13. Сигнализатор уровня РИЗУР-ДРУ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rizur.ru/products/datchiki-rele-urovnya/poplavkovye-datchikirele-urovnya/datchik-rele-urovnya-rizur-dru-1pm-dru-1pm-1-dru-1/>
14. Влагомер ВСН-50-60. [Электронный ресурс]. URL: [https://nspsar.ru/opisanie\\_tipa\\_vsn2.pdf](https://nspsar.ru/opisanie_tipa_vsn2.pdf)
15. Трансформаторное оборудование ТМТ 2-30. [Электронный ре-сурс]. URL: <http://mironomika.ru/catalog/1/48>
16. Клапан односедельный с ЭИМ 25нж947нж. [Электронный ресурс]. URL: <http://saz-avangard.ru/catalog/klapan-y-reg/odnosedelniychugunniy-eim/25nzh947nzh/>
17. Электропривод ST 0.1. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.regada.sk/ru/eshop/product/208/elektroprivod-prjamochodyj-st0\\_1/](http://www.regada.sk/ru/eshop/product/208/elektroprivod-prjamochodyj-st0_1/)
18. Логинов В. И. Обезвоживание и обессоливание нефтей. – М.: Хи-мия, 2009 г. – 216 с., ил.
19. Правила устройства электроустановок. ПУЭ. Издание седьмое – 2002 г.

20. Привалов, Е. Е. Основы электробезопасности. В 3-х частях. Ч. III: защита от напряжения прикосновения и шага в электрических сетях: учебное пособие/ Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 180 с.
21. Кабель КВВГЭ нг. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvgngals\\_kvvgengals](http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvgngals_kvvgengals)
22. Капля Е. В., Кузеванов В. С, Шевчук В. П. Моделирование процессов управления в интеллектуальных измерительных системах. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2009. – 512 с.
23. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. Под ред. Э.А. Арустамова / 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Дашков и К°», 2006. — 476 с.
24. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с
25. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
26. Журнал «Нормативные акты по охране труда» №1 – 2005. «Инструкция по организации работ, охране труда и экологической безопасности при работе на ПЭВМ (ПК)»
27. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
28. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

29. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения»
30. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
31. Моисеенко Е.В., Лаврушина Е.Г. Информационные технологии в экономике. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. – 246 с.
32. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/>



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Урюпов Н.В.		
Проверил		Михайлов В.В.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

**ФЮРА.4.25282.001.ЭС.01**

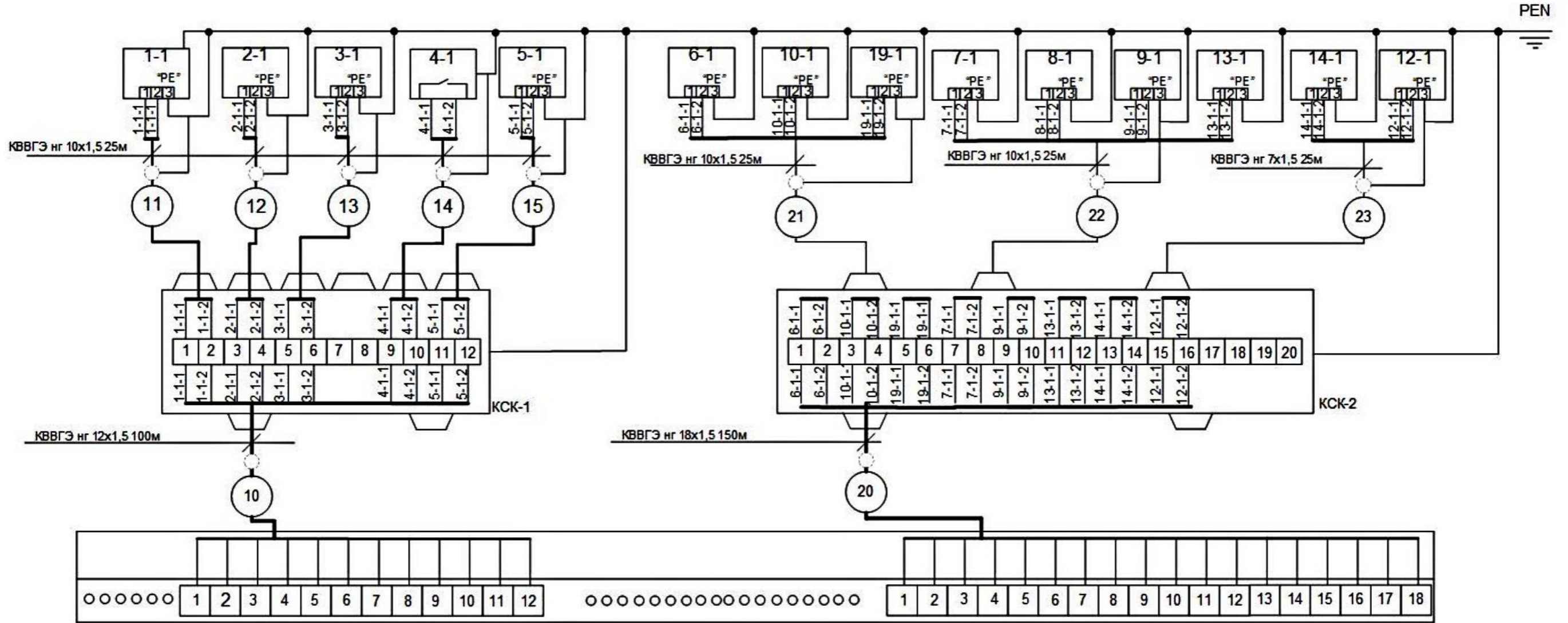
**Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013**

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 4	

**ТПУ ИШИТР  
Группа 3-8Т71**

Проект: Проект № 1  
 Состав: Состав № 1  
 План: План № 1  
 Вид: Вид № 1  
 Дата: Дата № 1  
 Имя: Имя № 1

Параметр	Напряжение	Напряжение	Напряжение	Аварийный уровень	Температура	Давление	Уровень	Качество	Расход	Температура среды	Качество	Расход	Расход	Уровень раздела фаз	Расход
Место отбора	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Выход из ЭГ	ЭГ	Выход нефти из ЭГ	Выход из ЭГ	ЭГ	Вход в ЭГ	Выход воды из ЭГ	Вход эмульсии в ЭГ	ЭГ	Ввод пр. воды
Тип датчика	ТМТ-2-30	ТМТ-2-30	ТМТ-2-30	РИЗУР-ДРУ 1-ПМ	ТМТ-2-30	Метран 150С6	Rosemount 3300	ВСН 2-50	ЭМИС-МАГ 270	Метран 286	ВСН 2-50	ЭМИС-МАГ 270	ЭМИС-МАГ 270	Rosemount 3300	ЭМИС-МАГ 270
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	7-1	10-1	8-1	9-1	6-1	11-1	13-1	14-1	19-1	12-1

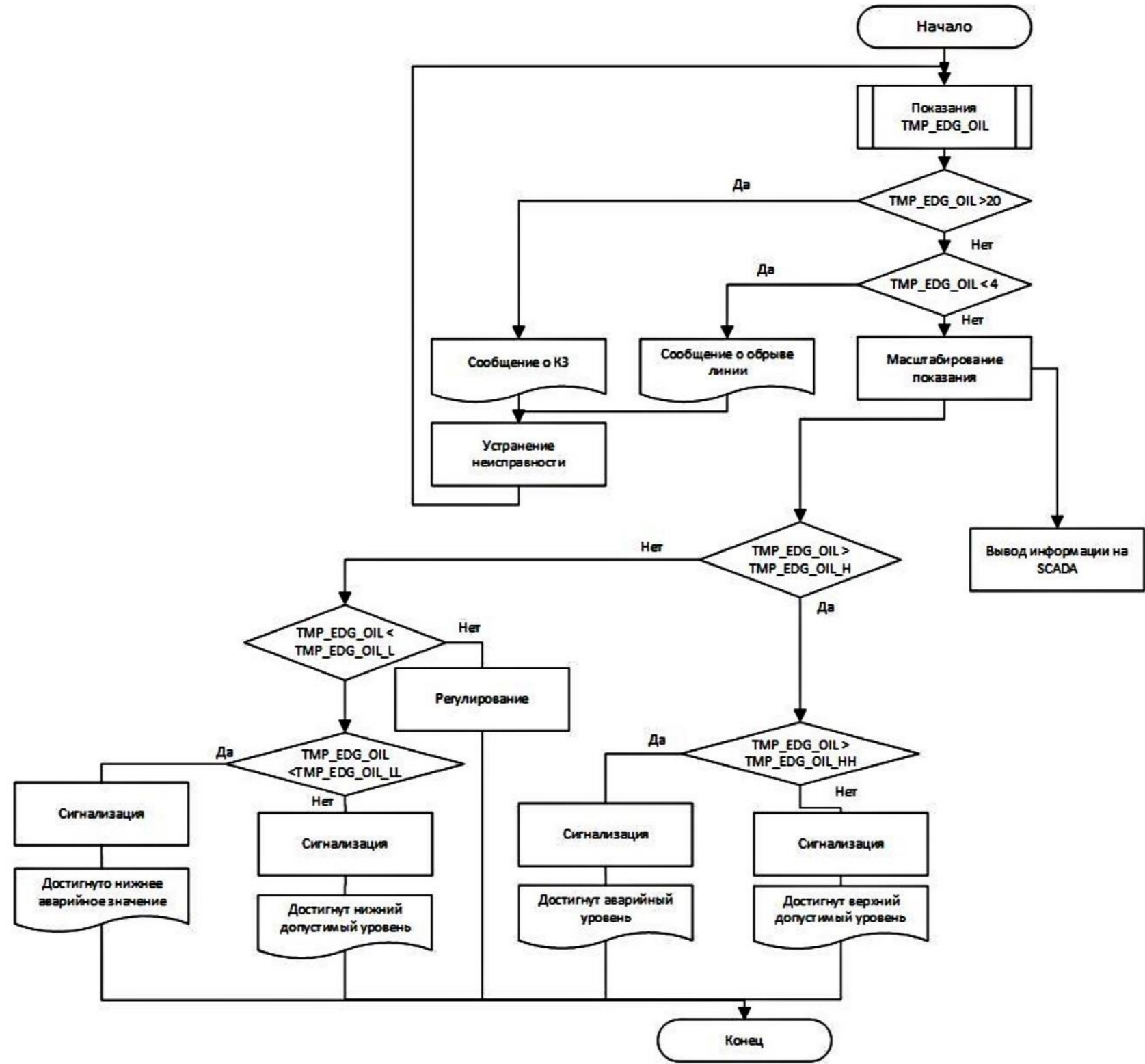


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разработ.		Урюпов Н.В.		
Проверил		Михайлов В.В.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425282.001.32

Схема внешних проводов

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 1	Листов 3	
ТПУ ИШИТР Группа 3-8771		



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Урюпов Н.В.		
Проверил		Михайлов В.В.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425282.001.33

Алгоритм сбора данных

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 3	
ТПУ ИШИТР Группа 3-8Т71		

Исполнитель №  
Исполнитель №  
Исполнитель №  
Исполнитель №  
Исполнитель №  
Исполнитель №