

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация системы управления ректификационной колонной

УДК 004.896:66.048.3-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Кириллов Роман Евгеньевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

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

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

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

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

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 «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:

бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8Б	Кириллов Роман Евгеньевич

Тема работы:

Модернизация системы управления ректификационной колонной	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-13/с от 16.02.22

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Кириллов Роман Евгеньевич		

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 – 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		16.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		16.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8Т8Б		Кириллов Роман Евгеньевич	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Модернизация системы управления ректификационной колонной	
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	<i>Объект исследования: система управления ректификационной колонной</i> <i>Область применения: нефтегазовая и нефтехимическая отрасли</i> <i>Рабочая зона: лаборатория отделения ОАР, ИШИТР.</i> <i>Размеры помещения: 7.5*5.5м</i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, лабораторный стол, Ethernet-кабель, лампа настольная, блок питания.</i> <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: разработка структурных и функциональных схем в программном обеспечении для создания различных графических схем Microsoft Visio.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.032-78. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере» СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» СП 51.13330.2011 «Защита от шума»
2. Производственная безопасность – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Обоснование мероприятий по снижению воздействия.	Вредные факторы: – Отклонение показателей микроклимата; – Превышение уровня шума; – Возможность поражения электрическим током; – Недостаток естественного света;

	– Электромагнитное и электростатическое излучения. Опасные факторы: – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может пройти через тело человека; Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: наушники, очки, осветительные приборы, светофильтры, изолирующие устройства и устройства автоматического отключения
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на литосферу: при замене комплектующих персонального компьютера утилизация неисправных или устаревших деталей; Воздействие на гидросферу: попадание отходов при утилизации деталей в сточные воды; Воздействие на атмосферу: вредные выбросы на электростанциях, вырабатывающих используемое электричество, питающее ноутбук, а также загрязнение воздуха при производстве оборудования рабочей зоны.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: пожар, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение. Наиболее типичная ЧС: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
02.04.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		02.04.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Кириллов Роман Евгеньевич		02.04.2022

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8Б	Кириллов Роман Евгеньевич

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Тариф на электроэнергию – 5,8 кВт/ч Налог во внебюджетные фонды 30% Район. Коэф – 1,3
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Оклад руководителя – 37 700 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Оклад инженера – 19 200 руб.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель эффективности – 4,25 Сравнительная эффективность проекта – 1,27

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Кириллов Роман Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 75 страниц, 10 рисунков, 24 таблицы и 27 источников.

Ключевые слова: ректификационная колонна, система автоматического управления, программируемый логический контроллер.

Объектом исследования является система автоматического управления ректификационной колонной.

Цель работы – модернизация системы автоматического управления ректификационной колонной, с использованием устройств, поддерживающих протокол EtherCAT.

В результате исследования была синтезирована модернизированная система автоматического управления ректификационной колонной. Были разработаны функциональные, структурные схемы, схемы внешних проводок.

Область применения: нефтегазовая и нефтехимическая отрасли.

Экономическая значимость работы: система выигрывает в экономическом плане у существующих в долгосрочной перспективе за счет повышения надежности и отказоустойчивости.

Оглавление

Реферат	12
Оглавление	13
Нормативные ссылки	16
Определения	17
Сокращения и обозначения.....	18
Введение.....	19
1. Анализ информации.....	21
1.1. Описание технологического процесса ректификации.....	21
1.2. Нормативные документы.....	22
2. Выбор средств автоматизации для САУ ректификационной колонной	24
2.1. Выбор датчиков	24
2.1.1. Выбор расходомера.....	24
2.1.2. Выбор датчиков температуры.....	24
2.1.3. Выбор датчика давления.....	28
2.1.4. Выбор уровнемера	30
2.2. Выбор исполнительных механизмов	31
2.3. Выбор контроллерного оборудования.....	31
3. Модернизация системы автоматического управления ректификационной колонной.....	33
3.1. Описание существующей системы	33
3.2. Разработка структурной схемы системы автоматического управления	37
3.3. Разработка упрощенной функциональной схемы автоматизации ..	38
3.4. Разработка полной функциональной схемы автоматизации.....	38
3.5. Разработка схемы внешних проводок.....	39
3.6. Разработка алгоритмов САУ	39
4. Финансовый менеджмент	43

4.1.	Потенциальные потребители результатов исследования.....	43
4.2.	Анализ конкурентных технических решений.....	43
4.3.	SWOT-анализ.....	45
4.4.	Планирование научно–исследовательских работ	46
4.4.1.	Структура работ в рамках научного исследования.....	46
4.4.2.	Определение трудоёмкости выполнения работ.....	46
4.4.3.	Разработка графика проведения научного исследования ...	49
4.5.	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51
4.5.1.	Расчет материальных затрат НТИ	51
4.5.2.	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	51
4.5.3.	Основная заработная плата исполнителей темы.....	52
4.5.4.	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	54
4.5.5.	Отчисление во внебюджетные фонды	54
4.5.6.	Прочие прямые затраты	54
4.5.7.	Накладные расходы.....	55
4.5.8.	Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта	55
4.5.9.	Определение ресурсной(ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	56
5.	Раздел «Социальная ответственность»	59
5.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	60
5.1.1.	Специальные правовые нормы трудового законодательства	60
5.1.2.	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	60
5.2.	Профессиональная социальная безопасность	61
5.2.1.	Отклонение показателей микроклимата.....	62
5.2.2.	Превышение уровня шума	64

5.2.3. Возможность поражения электрическим током.....	64
5.2.4. Отсутствие или недостаток естественного света	65
5.2.5. Электромагнитное и электростатическое излучения.....	65
5.3. Экологическая безопасность.....	67
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	67
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	67
5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	68
5.5. Вывод по разделу «Социальная ответственность»	69
Заключение.....	71
Список использованных источников	72
Приложение А Структурная схема САУ	75
Приложение Б Упрощенная функциональная схема	76
Приложение В Функциональная схема	77
Приложение Г Схема внешней проводки	78
Приложение Д Схема внешней проводки	79
Приложение Е Алгоритм автоматического управления.....	80

Нормативные ссылки

В работе были использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологическое обеспечение измерительных систем»;

ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов»;

ГОСТ 2405-88 «Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры»;

ГОСТ 6651-2009 «Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля»;

ГОСТ 7192-89 «Механизмы исполнительные электрические постоянной скорости ГСП»;

ГОСТ Р ИСО 15745-4-2012 «Системы промышленной автоматизации и интеграция. Прикладная интеграционная среда открытых систем. Часть 4. Эталонное описание систем управления на основе стандарта Ethernet»;

ГОСТ 22782.0-81 «Электрооборудование взрывозащищенное»;

ГОСТ 28723-90 «Расходомеры скоростные, электромагнитные и вихревые»;

ГОСТ 28725-90 «Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов»;

ГОСТ Р МЭК 61511-1-2018 «Безопасность функциональная».

Определения

В данной работе были использованы следующие термины с соответствующими определениями:

технологический процесс (ТП): упорядоченная система взаимосвязанных действий, созданная и выполняющаяся для достижения определенной цели.

программируемый логический контроллер (ПЛК): Специализированное электронное-механическое устройство для автоматизации технологических процессов.

система автоматического управления: Комплекс программных и технических средств, предназначенный для изменения одного или нескольких параметров объекта управления для поддержания определенных параметров в заданном диапазоне без участия человека.

SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition): Программное обеспечение для разработки систем управления технологическими процессами, сбора и обработки данных, операторского контроля.

Сокращения и обозначения

В работе были применены следующие сокращения с соответствующими обозначениями:

IP – степень защиты;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ОУ – Объект управления;

ПИД-регулятор – Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор;

ПО – Программное обеспечение;

САУ – Система автоматического управления.

Введение

В настоящее время для предприятий различных отраслей помимо задач безопасности, надежности производства, улучшения качества продукции, также являются важными такие задачи, которые позволяют повысить экономические показатели предприятий.

В работе для синтеза САУ будут рассматриваться ПЛК отличные от повсеместно используемых на большинстве производств. Данные ПЛК для связи с модулями ввода-вывода информации используют протокол связи EtherCAT. Данный протокол создан на основе протокола Ethernet, однако оптимизирован под задачи автоматизации производств. Вместо полной обработки пакета информации и ее последующей отправки, EtherCAT устройства отправляют пакет данных сразу после прочтения заголовка, вставляя нужные биты информации в пакет. Такое решение позволяет сильно сократить время опроса всех устройств на линии связи. Также такие устройства отлично показывают себя в кольцевой топологии сети. Каждое устройство ведомое устройство EtherCAT имеет не менее двух портов. В таком случае при подключении устройств последовательно можно сформировать кольцо подключив последнее устройство в ведущее. Так пакет пройдя через все устройства попадет сразу в контроллер, а не пойдет обратно, а в случае единичного аппаратного обрыва система все равно сможет собрать информацию со всех исправных ведомых устройств. По недостающей информации можно определить в каком месте произошел обрыв линии связи.

Нефтегазовая и нефтехимическая отрасли являются ведущими в экономике и промышленности Российской Федерации. Промышленные объекты этих отраслей являются сложными и точными технологическими объектами. При ректификации нефти происходит разделение многокомпонентной нефти на фракции. От качества САУ зависит качество выходного продукта. В связи с чем существует высокая необходимость уделять особое внимание системам автоматического управления и регулирования

процессами и экономическим показателям систем на предприятиях, на которых проводятся процессы ректификации нефти.

Увеличение экономической эффективности можно достичь разными путями: выбор более дешевых средств удешевит систему на этапе разработки; однако разработка надежной САУ с устройствами, имеющими большой срок службы уменьшит траты на обслуживание и ремонт системы и позволит избежать производственных издержек из-за простоя во время ремонта.

В данной работе описан процесс разработки системы автоматического управления ректификационной колонной. Объект исследования – ректификационная колонна, предмет исследования – система автоматического управления ректификационной колонной.

Далее представлены цели и задачи модернизации системы, рассмотренные в данной работе:

1. Повышение показателей надежности и отказоустойчивости системы;
2. Выбор современного оборудования;
3. Улучшение качества продукции;
4. Увеличение прибыльности производства продукции.

1. Анализ информации

1.1. Описание технологического процесса ректификации.

Технологический объект ректификационная колонна предназначена для разделения многокомпонентной смеси (смеси углеводородов) на составляющие (фракции) в результате противоточного взаимодействия жидкой и парообразной фаз. Существует два типа ректификационных колонн: тарельчатые и насадочные. В данной работе рассмотрены тарельчатые колонны. Исходный продукт поступает на тарелку в середину колонны подогретым до температуры не более 90 °С и стекает вниз колонны, взаимодействуя с выпаренным продуктом, который движется вверх. В производстве наиболее часто встречаются следующие виды тарелок:

- Ситчатые (дырчатые), перекрестноточные;
- Струйные, перекрестно-прямоточные;
- Противоточные;
- Туннельные, желобчатые, капсульные, с колпачками;
- Вихревые.

Каждый вид тарелок имеет свои преимущества, однако все они предназначены для увеличения площади соприкосновения жидкой и газообразной сред.

Число тарелок ректификационной колонны зависит от физико-химических свойств разделяемых компонентов, требуемого качества продукта и коэффициента полезного действия тарелки. Обычно ректификационные колонны имеют 10 - 30 тарелок. Более сложные колонны для разделения смесей с близкими температурами кипения конструируются из сотен тарелок и имеют соответственно высоту до 30 – 90 м.

В результате массообмена исходной смеси с паром, поднимающимся вверх через отверстия в тарелках, пар обогащается низкокипящим компонентом и выходит из колонны, проходя через конденсатор, а смесь обогащается

высококипящим компонентом, который в последствии выводится снизу колонны. Часть смеси снизу колонны поступает в нагреватель и в виде пара возвращается в колонну. Пар, который дошел доверху колонны, конденсируется и часть смеси попадает обратно в колонну. Таким образом осуществляется циркуляция нефтепродукта по ректификационной колонне вплоть до достижения нужных параметров фракции. Выше был рассмотрен процесс ректификации двухкомпонентной смеси.

Целью системы автоматического управления ректификационной колонной является управление параметрами системы для поддержания рабочих условий внутри колонны и получение в результате продукта с заданными параметрами качества.

1.2. Нормативные документы

В настоящее время процесс производства, продукция, сырье, и все составляющие системы должны подлежать сертификации и подходить требованиям устанавливающимися нормативными актами. Так, например, промышленные расходомеры по ГОСТ 28723-90 должны обладать унифицированными электрическими или пневматическими выходными сигналами, диаметры условных проходов трубопроводов должны выбираться из определенного ряда от 1 до 4000 мм, пределы погрешности должны быть в пределах от $\pm 0,1$ до $\pm 2,5$, а средняя наработка на отказ должна быть более 75000 часов при среднем сроке службы 15 лет.

Манометры по ГОСТ 2405-88 должны иметь унифицированный выходной электрический сигнал, класс точности должен выбираться из ряда от 0,4 до 4,0, температура окружающего воздуха должна быть 20-23 °С, а влажность от 30 до 80 %

В ГОСТ 6651-2009 описаны требования для термопреобразователей сопротивления. Длина монтажной части должна быть определенной, описаны классы допуска по сопротивлению при 0 и 100 °С, различные схемы подключения термосопротивлений.

Требования к уровнемерам закреплены в ГОСТ 28725-90. Определены верхние пределы измерений и предельные значения давлений измеряемой среды для приборов. Пределы допускаемой погрешности в процентах от $\pm 0,1$, до $\pm 2,5$. Средняя наработка на отказ прибора должна составлять более 67000 часов при сроке службы не менее 14 лет.

В ГОСТ 22782.0-81 описаны какими свойствами должны обладать приборы для разных степеней взрывозащиты.

Требования к исполнительным механизмам находятся в ГОСТ 7192-89. Средняя наработка на отказ устройств с 1995 года должна составлять не менее 80000 часов, а средний срок службы – не менее 15 лет.

ГОСТ Р 8.596-2002 описывает измерительные системы, их состав и функции. Также он устанавливает порядок проведения метрологических экспертиз, проверок и калибровок измерительных систем.

2. Выбор средств автоматизации для САУ ректификационной колонной

2.1. Выбор датчиков

2.1.1. Выбор расходомера

В нефтеперерабатывающей промышленности чаще всего применяют вихревые и кориолисовые расходомеры. В ходе технологического процесса измеряется расход как жидких нефтепродуктов, так и газообразного нагревающего пара. Для упрощения и унификации используемых средств будет использован расходомер Rosemount 8800. Характеристики расходомера представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики расходомера Rosemount 8800

Характеристика	Значение
Температура измеряемой среды	От -200 °С до 450 °С
Диаметр трубопровода	Фланцевый: 15 – 300 мм
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART
Погрешность расходомера	$\pm 0,65$ % объемного расхода для жидкостей ± 1 % объемного расхода для газа и пара
Средний срок службы, лет	15

2.1.2. Выбор датчиков температуры

Особенности технологического процесса позволяют использовать два датчика. Датчики температуры в ректификационной колонне должны иметь высокую максимально измеряемую температуру и целесообразней использовать термопары, а для измерения температуры входной смеси будет достаточно термосопротивления. Выбор термосопротивлений был осуществлен среди следующих датчиков:

- Рэлсиб серии TCMr–Кл1–1;

- TCM Метран серии 203.
- ОВЕН серии ДТС.

Термопреобразователи сопротивления TCMr.50M–Кл1–1 с медным чувствительным элементом используются для непрерывного измерения температуры сыпучих материалов, парогазообразных, жидких и других сред. Все металлические детали термометров изготовлены из пищевой нержавеющей стали 12х18хН10Т. Изготовление подвижного штуцера может быть выполнено из черного металла с покрытием цинк или никель. В данных термопреобразователях используются клеммные головки с герметичной крышкой без уплотнительного кольца диаметром 45 и 58 мм. Датчик TCMr.50M–Кл1–1 представленный на рисунке 1 обеспечивает непрерывное преобразование измеряемой температуры в унифицированный сигнал постоянного тока (4 – 20) мА. [15]



Рисунок 1 – Термопреобразователь сопротивления Рэлсиб TCMr

ОВЕН ДТС035Е–РТ100.80.0,5.100.И.ЕХI[4Н] представленный на рисунке 2 предназначен для непрерывного измерения температуры сыпучих материалов, парогазообразных, жидких и других сред. Датчик имеет взрывозащитное исполнение «искробезопасная электрическая цепь» и может быть установлен во взрывоопасных зонах. Датчик обеспечивает непрерывное преобразование измеряемой температуры в цифровой сигнал стандарта HART и унифицированный сигнал постоянного тока (4 – 20) мА. [14]



Рисунок 2 – Датчик температуры ДТС ОВЕН

Термопреобразователь сопротивления ТСМ Метран–203 с медным чувствительным элементом предназначен для измерения химически неагрессивных и некоторых агрессивных жидких и газообразных сред. Термопреобразователь сопротивления медный ТСМ Метран серии 203 представлен на рисунке 3. [16]



Рисунок 3 – Термопреобразователь медный Метран ТСМ-203

Сравнение характеристик выбранных преобразователей температуры представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики преобразователей температуры

Характеристики	Значение		
	Рэлсиб серии ТСМr–Кл1–1	Овен серии ДТС	Метран серии 203
Диапазон измеряемой температуры	От минус 50 до 180	От минус 50 до 100	От минус 50 до 150
Класс допуска	A	A	B
Тип выходного сигнала	4 – 20 мА,	4 – 20 мА, HART	4 – 20 мА, HART
Длина монтажной части, мм	100	400	320
Степень защиты	IP 64	IP 65	IP 65
Срок службы, лет, не менее	6	10	5

Продолжение таблицы 1

Вид зависимости «ток от температуры»	линейная	линейная	линейная
Цена, руб.	700	15000	1400

В результате анализа характеристик преобразователей температуры был выбран Рэлсиб серии TCMr–Кл1–1, так как он обладает оптимальными характеристиками и функциями и малой цене. Преобразователь ОВЕН ДТС имеет высокие показатели и является лучшим вариантом, однако цена прибора слишком высока. Применение этого преобразователя в качестве измерителя температуры нецелесообразно.

Для измерения температуры внутри колонны были отобраны следующие термопары:

- ОВЕН серии ДТП;
- TCM Метран серии 2000.

ОВЕН серии ДТП предназначены для температурных измерений твердых, жидких и газообразных сред, неагрессивных к защитной арматуре и материалу термоэлектродов. Кабельный вывод обеспечивает удобство и быстроту монтажа, но ограничивает верхний предел измеряемых температур до 300-400 °С. Сравнение характеристик выбранных преобразователей температуры представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительные характеристики датчиков температуры

Характеристики	Значение	
	Овен серии ДТП	Метран серии 2000
Диаметр монтажной части, мм	8	6
Цена, руб.	1200	4000
Диапазон измерений	От минус 40 до 400	От минус 40 до 1600
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА, HART

Продолжение таблицы 3

Степень защиты корпуса датчика	IP 65	IP 65
Средний срок службы при номинальной температуре применения, лет, не менее	4	6
Вид зависимости «ток от температуры»	линейная	линейная
Класс допуска	1, 2	1, 2

В результате анализа характеристик преобразователей температуры в качестве датчика температуры для ректификационной колоны был выбран Метран серии 2000, так как он обладает оптимальными характеристиками. ОВЕН серии ДТП обладает хорошими показателями, но верхний предел измерений температуры слишком близок к максимальным температурам в ректификационной колонне.

2.1.3. Выбор датчика давления

Выбор датчика давления был произведен среди следующих приборов: Элемер АИР–10Н, Метран 150 и Элемер АИР–30. Сравнительные характеристики устройств приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика датчиков Метран 150, Элемер АИР-10Н и Элемер АИР-30

Характеристика	Элемер АИР-10Н	Метран 150	Элемер АИР-30
Диапазон измеряемого давления, МПа	0 – 100	0 – 68	0 – 60
Основная приведенная погрешность, %	± 0,1	± 0,075	± 0,075
Температура окружающей среды, °С	-60...70	-40...85	-40...70

Продолжение таблицы 4

Степень защиты корпуса датчика	IP 67	IP 66	IP 65
Напряжение питания, В	9 - 42	12 - 42	12 - 42
Выходной сигнал	4 – 20 мА, HART	4 – 20 мА	4 – 20 мА, HART
Потребляемая мощность, Вт	0,6	0,9	0,7
Средний срок службы, лет, не менее	12	15	10

В результате анализа характеристик датчиков давления был выбран датчик давления Элемер АИР-10Н. Серия АИР-10Н используется для измерения всех видов давления: абсолютного (ДА), дифференциального (ДД), избыточного (ДИ), гидростатического (ДГ) и избыточного давления-разряжения (ДИВ). Датчик Элемер серии АИР-10Н обладает тензорезистивными или кармическими мембранами. Керамические сенсоры датчика обладают высокой стойкостью к агрессивным средам и высокой стойкостью к перегрузкам (до 500%). Сенсоры с металлической разделительной мембраной из нержавеющей стали 316L обладают способностью выдерживать перегрузки до 300% от верхнего предела измерений. Выбранный датчик давления представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Датчик давления Элемер АИР-10Н

2.1.4. Выбор уровнемера

Высота ректификационной колонны может достигать 90 м, однако нет необходимости в измерении по всей высоте колонны. Для измерения уровня нефтепродуктов в дефлегматоре и ректификационной колонне будет использоваться микроволновой уровнемер VEGAFLEX 86 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Микроволновой уровнемер VEGAFLEX 86

Характеристики уровнемера представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики микроволнового уровнемера VEGAFLEX 86

Характеристики	Значение
Диапазон измеряемого давления, м	коаксиальный зонд до 6 стержневой зонд до 6 тросовый зонд до 75
Температура процесса	-196 ... +450 °C
Давление процесса	-100 ... +40 МПа
Выходной сигнал, мА	4 – 20 мА, HART
Точность измерения	± 0,033%
Средний срок службы, лет	15

Уровнемер VEGAFLEX 86 предназначен для измерения уровня любых жидкостей при экстремальных давлениях и температурах. При применении уровнемера в насыщенном паре надежность измерения обеспечивается посредством учета сигнала от специального репера на зонде. VEGAFLEX 86 - экономичное техническое решение для измерения уровня и раздела фаз. Уровнемер дает надежные и точные значения в случае пенообразования, налипания продукта на зонд или образовании конденсата.[20]

2.2. Выбор исполнительных механизмов

Исполнительным механизмом называется устройство системы автоматического регулирования или управления, влияющее на технологический процесс в соответствии с управляющим воздействием. В теории автоматического управления под исполнительным механизмом понимают устройство, передающее управляющее воздействие с управляющего устройства (ПЛК) на объект управления. На место исполнительного механизма в данной работе был использован двухходовой клапан компании Siemens VVF 40.150-300, обеспечивающий пропускную способность максимум 300 м³/ч. с DN-фланцевым подсоединением к трубе, диаметром до 150 мм. Клапан представлен на рисунке 6



Рисунок 6 – Исполнительный механизм клапан VVF 40.150-300

Привод для клапана используется электрический компании SIEMENS SKC62. Привод характеризуется линейным перемещением штока до 40 мм со скоростью до 0,57 мм/сек. У этого привода реализуется линейное перемещение штока до 40 мм со скоростью 0,57 мм/сек. Асинхронный мотор с потребляемой мощностью 20 Вт, крутящим моментом 2800 Н и напряжением питания 230 В обеспечивает трехпозиционную постоянную скорость реверсивного перемещения штока клапан.

2.3. Выбор контроллерного оборудования

Выбор ПЛК производился из следующих вариантов: Модуль центрального процессора Regul R500-CU-00-051-02 от Прософт системы, ЕМР-

2848M от ICP DAS, AMAX-5580 от ADVANTECH. Сравнительные характеристики промышленных ПЛК представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительные характеристики промышленных ПЛК

Характеристика	Значение		
	Regul R500- CU-00-051-02	EMP-2848M	AMAX-5580
Частота процессора, ГГц	0.6	1.6	2.4
Объем оперативной памяти, Гб	2	1	8
Количество COM-портов	2	3	2
Установленная операционная система	Windows/Unix	Linux OS	Windows 7
Среда разработки	CoDeSys	Win-GRAF	CoDeSys
Потребляемая мощность, Вт	18	7.2	15
IP-защита изделия	IP20	IP30	

В результате анализа характеристик ПЛК было принято решение использовать контроллер компании Прософт системы. Данный контроллер не обладает избыточной вычислительной мощностью, поддерживает как ОС реального времени, так и Windows. Дополнительный порты позволяет организовать резервирование двумя контроллерами без подключения дополнительных модулей.

В дополнение к контроллеру необходимо использовать модули аналогового ввода – Regul R500-AI-08-041-02 для сигналов 4-20 мА и модули дискретного вывода Regul R500-DO-32-011-02.

3. Модернизация системы автоматического управления ректификационной колонной

3.1. Описание существующей системы

Для работы была выбрана САУ ректификационной установки с отбором двух продуктов (дистиллят и кубовый остаток). Принципиальная схема системы приведена на рисунке 1. Задача ректификационной колонны осуществлять непрерывное разделение исходной смеси углеводородов на кубовый остаток (высоко кипящий компонент) и дистиллят (низкокипящий компонент) с минимальным содержанием низкокипящего компонента в кубовом остатке и максимальным его содержанием в дистилляте.[13]

До начала процесса разделения исходная смесь углеводородов подогревается до температуры кипения перед входом в колонну. Подогретая смесь подается на тарелку питания N_f ректификационной колонны E-1 с расходом F и концентрацией полезного компонента x_f . Стекая вниз по колонне, смесь взаимодействует с поднимающимся вверх паром, поступающим из ребойлера E-4. В результате массообмена исходной смеси с паром, поднимающимся вверх через отверстия в тарелках, пар обогащается низкокипящим компонентом и выходит из колонны, проходя через конденсатор E-2, а смесь обогащенная высококипящим компонентом выводится снизу колонны.[13]

Часть дистиллята возвращается в верхнюю часть колонны с расходом R для более полного обогащения, пара, поднимающегося вверх низкокипящим компонентом. Другая часть дистиллята в виде готового продукта с концентрацией полезного компонента x_d и расходом D направляется в промежуточную ёмкость (на рисунке 7 не приведена) для дальнейших операций. Отношение расхода R к расходу D называется флегмовым числом RR .

Из нижней части ректификационной колонны отбирается кубовый остаток, часть которого выкипает в ребойлере E-4 и возвращается в колонну в

виде пара с расходом V для дальнейшего обогащения. Другая часть кубового остатка – продукт, обогащенный высококипящим компонентом, выходит из процесса с концентрацией полезного компонента x_b и расходом далее по технологической цепочке.[13]

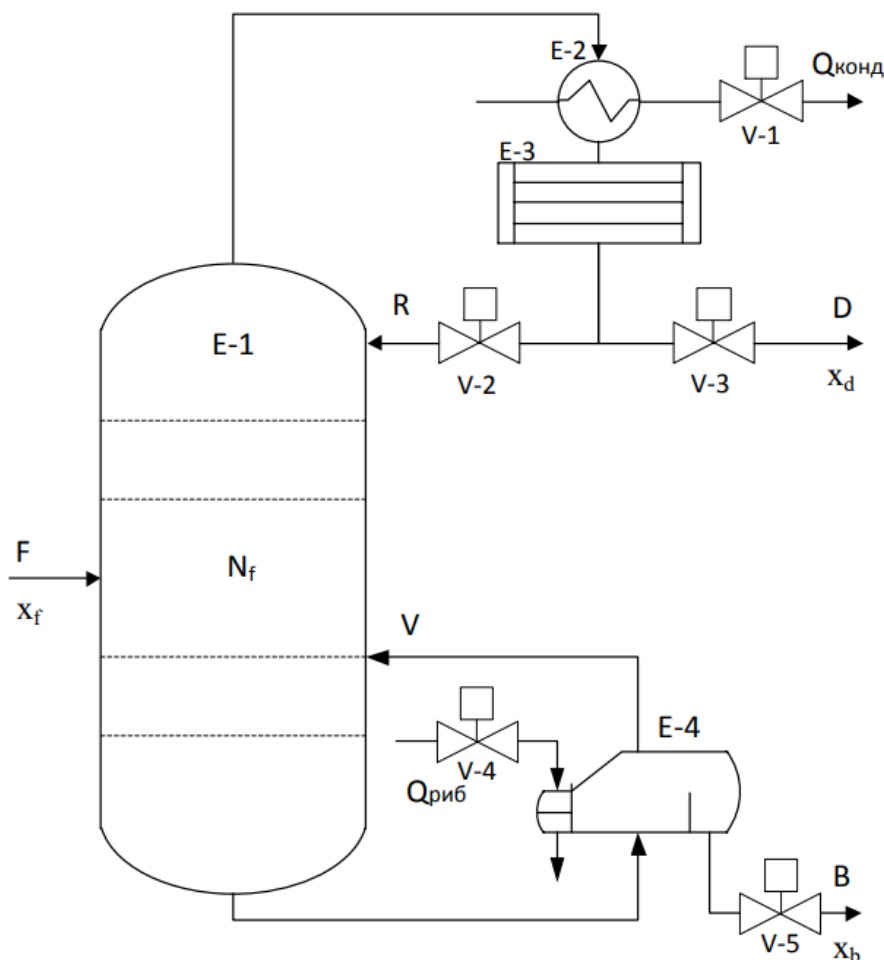


Рисунок 7 – Функциональная схема технологического процесса
ректификации:

Е-1 – колонна, Е-2 – конденсатор, Е-3 – накопитель, Е-4 – ребойлер, F – расход входного потока, $Q_{\text{конд}}$, $Q_{\text{риб}}$ – тепловая нагрузка конденсатора и ребойлера соответственно

Эффективное разделение смеси на компоненты с заданной концентрацией полезного продукта, как основная задача ректификационной колонны возможно только при использовании системы автоматического управления процессом ректификации. Разработку стратегии управления начинают с определения

входов и выходов ректификационной колонны, определения возможных управляющих воздействий и анализа её степеней свободы.[13]

Процесс ректификации характеризуется следующими основными показателями эффективности: технологические (показатели качества продуктов – концентрация, плотность, вязкость), технико-экономические (себестоимость, прибыль) энергозатраты и показатели надежности системы (безопасность, отказоустойчивость).[13]

Для поддержания всех перечисленных требований на высоком уровне разрабатываемая система автоматического управления должна непрерывно измерять, передавать данные и рассчитывать выходные воздействия. Так же все компоненты системы должно соответствовать всем действующим нормативным документам.

Эффективность работы ректификационной колонны зависит от качества регулирования параметров, связанных с показателями качества работы (состав продуктов и разделение компонентов) и не зависит от качества регулирования параметров, определяемых из анализа динамических степеней свободы (давление, уровень). Как правило, регулирование параметров уровня и давления является наиболее сложно осуществимым и может занимать много времени. При этом жертвуют параметрами качества, которые влияют на экономическую эффективность работы колонны. В таком случае, при выборе структуры регуляторов уровня и давления используют регулирующие параметры, которые минимально влияют на параметры качества регулирования. После этого выбирают структуры регуляторов параметров качества. Порядок выбора структуры регулятора следующий:

- 1) определяются цели управления и характер возмущений;
- 2) изучается поведение объекта в динамике;
- 3) предлагается схема системы управления объектами с учетом целей управления и характеристик объекта;
- 4) оценивается качество работы регулятора в динамике при подаче возмущений на объект;

5) если качество регулирования не позволяет достигать целей управления, то снова переходят к пункту 2.

Пример системы управления процессом ректификации показан на рисунке 8. У ректификационной колонны в составе конденсатора полной конденсации с пятью степенями свободы (5 регулирующих клапанов) существует $5!(120)$ возможных различных комбинаций регулируемых и регулирующих параметров.[13]

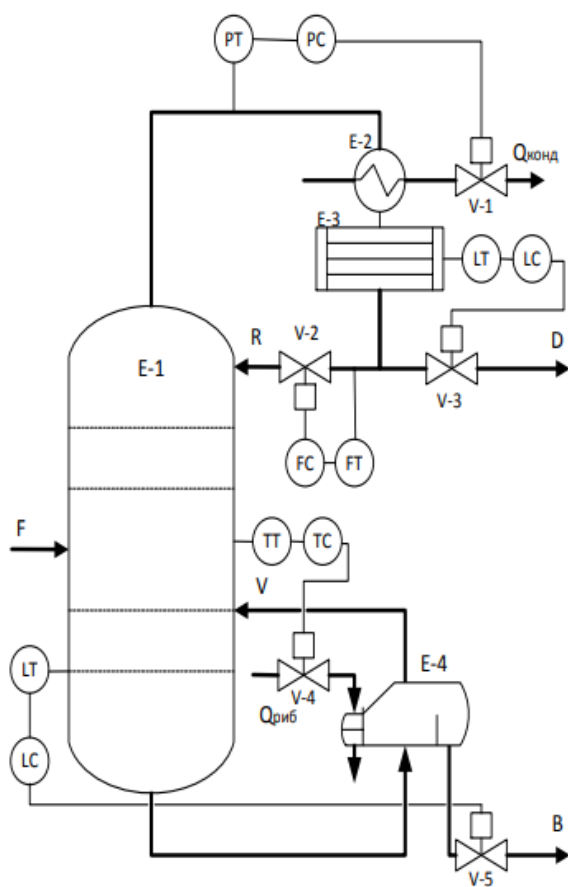


Рисунок 8 – Схема системы управления процессом ректификации:

Большинство из этих комбинаций нецелесообразны с экономической точки зрения. В результате анализа статики получается две статических степени свободы, соответственно три динамических степени свободы. Динамические степени свободы: уровень в конденсаторе и в колонне и давление в колонне. Две статические степени свободы используются для управления параметрами качества – разделением потоков и фракционированием.[13]

Представленная функциональная схема САУ ректификационной колонной имеет ряд недостатков. На схеме отсутствует контур регулирования температуры исходной смеси. Выход высококипящего компонента возможно осуществлять не из ребойлера, а до него, что позволит сэкономить некоторое количество энергии, которая расходуется на нагрев компонента.

3.2. Разработка структурной схемы системы автоматического управления

Объектом управления является ректификационная колонна. В ходе технологического процесса происходит регулирование давления, уровня и температуры нефти в колонне.

Протокол связи средств КИПиА и контроллера представлен протоколом EtherCAT. Протокол EtherCAT позволяет значительно увеличить скорость обработки данных на комплексных системах автоматизации с большим количеством датчиков. Полевой уровень автоматизации состоит из таких средств КИПиА, как датчики и исполнительные механизмы. Для реализации САУ ректификационной колонной необходимо использование уровнемеров, датчиков расхода и давления, термосопротивлений, а также исполнительные устройства, которые представлены клапанами с электроприводом. Трехуровневая структура представлена в приложении А.

Контроллерный уровень представлен контроллерами, связанными между собой с помощью протокола EtherCAT, для осуществления контроля и функции резервирования, модулями ввода вывода и модулями для разветвления шины данных и передачи их на второй контроллер. На данном уровне ПЛК собирают данные с датчиков через модули ввода-вывода и формируют управляющее воздействие для управления исполнительными механизмами и воздействия на процесс. Также этот уровень обеспечивает обмен информации с диспетчерским пунктом.

Информационно-вычислительный уровень структурной схемы объединяет рабочие места операторов и базу данных с информацией о технологическом процессе. На данном уровне схемы связь ПЛК, АРМ

операторов и базы данных осуществляется с помощью локальной сети Ethernet. Контроллер информационно–вычислительного уровня производит сбор и обработку данных с контроллерного уровня, поддерживает единое время в системе и синхронизирует работу подсистем.

3.3. Разработка упрощенной функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема является основным техническим документом, который определяет используемые приборы и средства автоматизации, описывает характер технологического процесса и определяет структуру САУ. На функциональной схеме условно изображают технологическое оборудование, приборы и датчики, исполнительные механизмы и коммуникации между объектами схемы. В приложении Б представлена упрощенная функциональная схема САУ. На упрощённой функциональной схеме не изображают первичные измерительные преобразователи и вспомогательную аппаратуру. Средства автоматизации, которые осуществляют управление и регулирование, описаны в виде отдельных блоков, изображённых одним условным обозначением.

При модификации САУ ректификационной колонны на функциональную схему был добавлен теплообменник на исходную смесь, который позволяет предварительно нагреть ее перед попаданием в колонну, что значительно повышает качество продукта и снижает время процесса ректификации.

3.4. Разработка полной функциональной схемы автоматизации

На данном этапе была разработана полная функциональная схема САУ ректификационной колонной в программном обеспечении Microsoft Visio. При помощи программного обеспечения была разработана функциональная схема Согласно ГОСТ 21.208-2013 развернутый вариант исполнения функциональной схемы подразумевает изображение каждого прибора или устройства, входящих в один из измерительных, управляющих или регулирующих комплектов средств автоматизации в виде отдельного обозначения на схеме.

На развернутой функциональной схеме изображается пространство, в которое входят: SCADA-системы, места операторов и щиты автоматизации, установленные по месту. На схеме выделены измерительные каналы (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), которые отображают информационный сигнал, идущий с датчиков на ПЛК, и управляющие каналы управления (9, 10, 11, 12, 13, 14). Функциональная схема приведена в приложении В.

3.5 Разработка схемы внешних проводок

Первичные и внештатные приборы включают в себя уровнемеры VEGAFLEX 86, термосопротивление Рэлсиб серии TCMr–Кл1–1, термопару Метран серии 2000, датчик давления Элемер АИР–10Н, расходомеры Rosemount 8800. Схема внешних проводок приведена в приложении Ж.

Для передачи сигналов на щит автоматизации от датчиков используются по два-три провода. В качестве кабеля передачи данных был выбран кабель КВВГ. КВВГ – кабель в пластмассовой оболочке с пластмассовой изоляцией и медными токопроводящими, с защитным покровом. Данный кабель предназначен для неподвижного присоединения к электрическим устройствам, приборам, и распределительным устройствам постоянного напряжения до 1000 В или переменного напряжения до 660 В частотой до 100 Гц. при температуре окружающей среды от минус 50 до 50°С. Кабель прокладывается в трубе диаметром 25 мм. Медные токопроводящие жилы изолированы и выполнены однопроволочными.

3.6 Разработка алгоритмов САУ

В САУ ректификационной колонны на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска/останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на SCADA– форме и ПЛК);
- алгоритмы, реализующие сбор измерительных сигналов с датчиков для ПЛК (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров);

- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического управления технологическим процессом (реализуются на ПЛК);
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данной выпускной квалификационной работе разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм пуска технологического оборудования;
- алгоритм останова технологического оборудования;
- алгоритм автоматического управления ректификационной колонной.

На рисунке 1 представлен алгоритм пуска процесса ректификации. Для запуска процесса ректификации необходимо перекрыть все выходные клапаны и открыть клапаны подогревающего газа и теплоносителя. Параметр давления низкокипящего компонента наверху колонны является признаком перехода в рабочее состояние. При повышении давления до рабочего открывается клапан для поступления хладагента, считается, что установка вошла в рабочий режим. По достижению рабочего режима колонны в действие вступает алгоритм автоматического управления, который представлен в приложении Е.

После получения данных с датчиков контроллер обрабатывает информацию и формирует управляющее воздействие по шести исполнительным механизмам. После завершения операций и получении всех выходных воздействий формируется новый пакет данных и отправляется на устройства ввода-вывода.

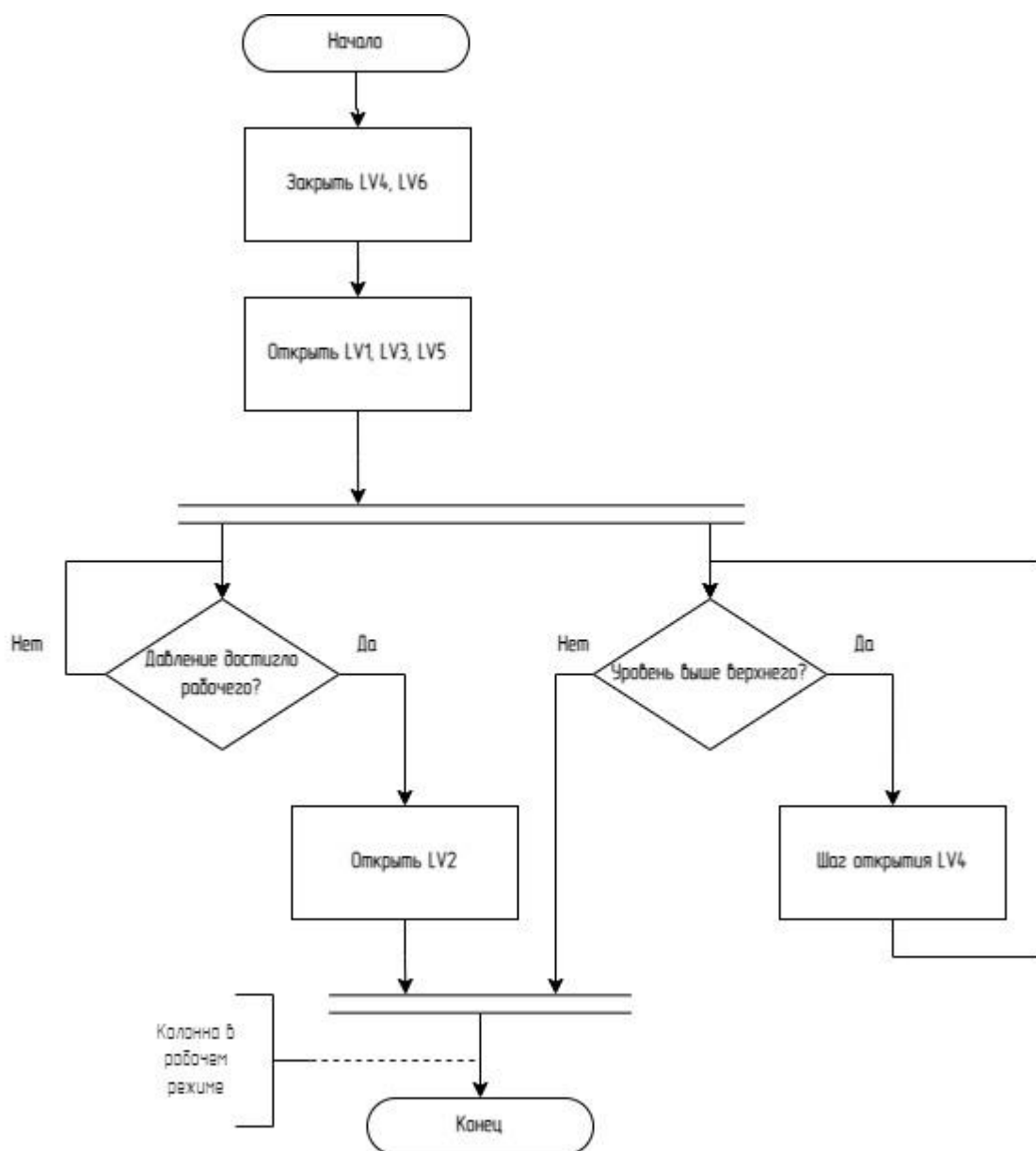


Рисунок 9 – Алгоритм пуска технологического процесса

На рисунке 10 представлен алгоритм останова технологического процесса. При нажатии кнопки останова все выходные клапаны открываются для опустошения колонны, а входные закрываются. Клапан на пути хладагента перекрывается только после опускания давления внутри колонны до безопасного.

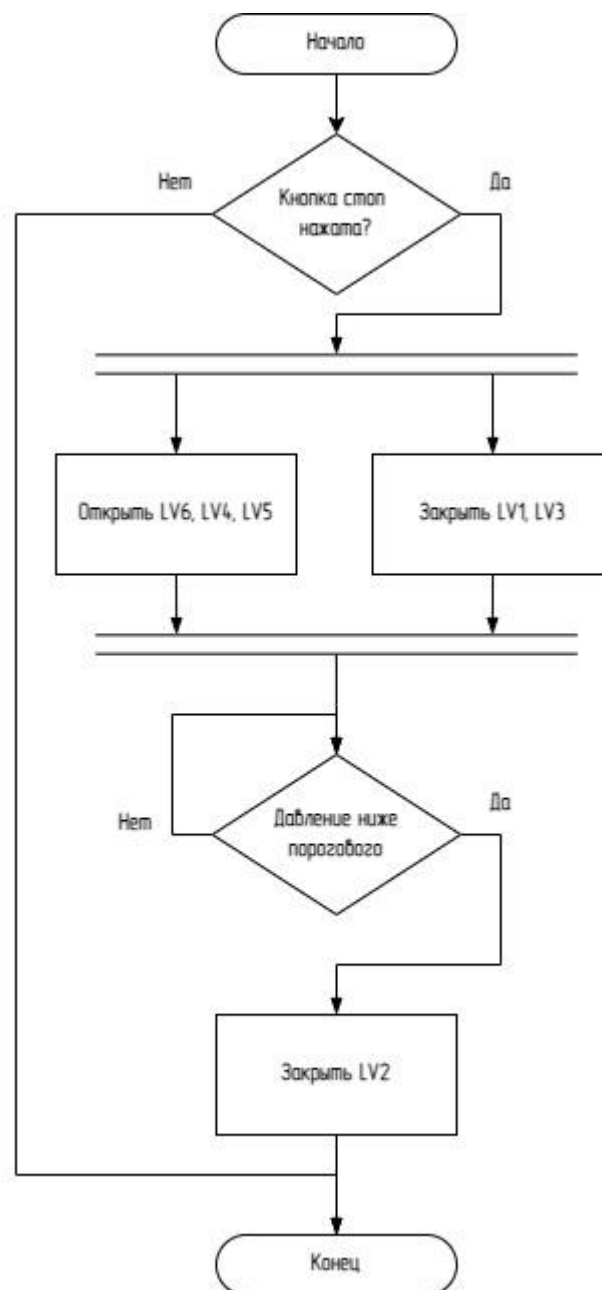


Рисунок 10 – Алгоритм останова технологического процесса

4. Финансовый менеджмент

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются нефтяные компании, занимающиеся добычей, переработкой, транспортировкой и экспортом нефти и нефтяных продуктов. Например, ПАО «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз» и др. В данной бакалаврской работе рассматривается модернизация системы управления ректификационной колонной. Разработанная автоматизированная система управления должна обеспечивать автоматизированный и дистанционный контроль и управление в реальном времени технологическим процессом. Целью создания данной автоматизированной системы управления является внедрение автоматизированных и математических методов контроля и управления технологическими процессами и объектами, минимизация технологических издержек (экономия электроэнергии, продление ресурса электродвигателей) и снижение трудоемкости управления технологическими процессами.

4.2. Анализ конкурентных технических решений.

Для оценки сравнительной эффективности ВКР составлена оценочная карта. Данный анализ помогает определить сильные и слабые стороны конкурентов, а также направления для модификации собственной работы. В качестве конкурентного технологического решения выбрана АСУ ректификационной колонной «Роснефть» (Бф). Компания «Роснефть» предоставляет АСУ ректификационной колонной, которая основана на использовании стандартных ПЛК, использующих протокол передачи данных Ethernet. По сравнению с используемыми в данной работе ПЛК, они имеют меньшую стоимость, однако не обладают преимуществами контроллеров EtherCAT. Решение, предложенное в данной работе (Бк), отличается внедрением новых устройств контроллерного уровня автоматики (ПЛК, модули ввода-вывода, другие модули), которые используют EtherCAT-протокол

передачи данных, что позволяет соответствовать индустрии 4.0, уменьшить время передачи данных между модулями, повысить отказоустойчивость измерительного канала. Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: повышенная скорость передачи данных, возможность модификации, удобство в эксплуатации, повышенная отказоустойчивость. Анализируя экономические критерии оценки, можно сделать вывод, что предложенное решение уступает в следующих критериях: цена и затраты на обслуживание. В таблице 7 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Оптимальность САУ	0,08	5	4	0,4	0,32
Быстродействие САУ	0,1	4	5	0,32	0,4
Точность САУ	0,08	4	5	0,32	0,4
Надежность САУ	0,1	3	5	0,24	0,4
Безопасность САУ	0,05	4	5	0,32	0,4
Простота реализации	0,08	4	4	0,4	0,32
Возможность модификации	0,07	3	5	0,24	0,4
Конкурентоспособность	0,05	5	4	0,4	0,32
Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	0,4	0,32
Цена	0,2	5	3	0,4	0,24
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	5	0,32	0,4
Условия проникновения на рынок	0,04	5	4	0,4	0,32
Итого	1	50	53	4,16	4,24

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 1:

$$K = \sum B_i B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

4.3. SWOT-анализ

С помощью SWOT–анализа были выявлены и структурированы сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы. Результаты SWOT–анализа представлены в форме SWOT–матрицы и занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Современные датчики и контроллеры. С2. Быстрая передача данных С3. Универсальность. С4. Возможность модификации. С5. Отказоустойчивость	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ. Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией. Сл3. Сложность конструкции.
Возможности: В1. Модернизация производств нефтяной отрасли. В2. Тенденция роста цены барреля нефти. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок. В4. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.	В1С4. Позволит компании производить непрерывную модификацию производства без замены АСУ на новую. В3С1. Одни из лучших технических и временных показателей системы. В4С4С5. Увеличение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ.	В1Сл1. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях. В4Сл3. Расширение штата АСУ ТП на производстве. В4Сл2. Стимулирование студентов на трудоустройство в компании.
Угрозы У1. Ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры). У2. Повышение цен на оборудование. У3. Увеличение процента высоковязкой нефти, что увеличивает себестоимость нефти. У4. Противодействие со стороны конкурентов.	У1С3. Использовать продукцию отечественного производителя, продукцию с большим сроком службы. У2У3С4. Модификация производства, что позволит снизить стоимость себестоимости нефти У4С1С3С5. Продвигать продукцию с акцентированием на её достоинствах	У4Сл1. Провести опытно-наладочные работы и продемонстрировать успешность их функционирования

4.4. Планирование научно–исследовательских работ

4.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей, задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Поиск и анализ материалов по тематике	Руководитель, инженер
	3	Выбор направления исследования	Руководитель, инженер
	4	Постановка целей и задач работы	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Инженер
	8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	Инженер
	9	Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы	Инженер
	10	Выбор средств реализации автоматизированной системы	Инженер
	11	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	12	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	Инженер
	13	Разработка мнемосхемы	Инженер
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки	Руководитель, инженер

4.4.2. Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к.

зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

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

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

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

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

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

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где $T_{p\ i}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – 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 были переведены в календарные дни по формуле 4.

$$T_{k\ i} = T_{p\ i} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где $T_{k\ i}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

$T_{p\ i}$ – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности был определён по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлил до целого числа. Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 10.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
Поиск и анализ материалов по тематике	2	1	4	3	2,8	1,8	1,4	0,9	2	1
Выбор направления исследования	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Постановка целей и задач работы	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Календарное планирование работ	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
Описание технологического процесса	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка структурной схемы автоматизированной системы	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-

Продолжение таблицы 10

Разработка функциональных схем автоматизированной системы	3	-	6	-	4,2	-	4,2	-	6	-
Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
Выбор средств реализации автоматизированной системы	4	-	10	-	6,4	-	6,4	-	8	-
Разработка схемы внешних проводок	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	9	-
Разработка мнемосхемы	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	9	-
Составление пояснительной записки	5	2	9	5	6,6	3,2	3,3	1,6	4	2
Итого:										

4.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научных работ представлен в форме диаграммы Гранта, которая представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НИОКР

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



– инженер (И)



– руководитель (Р)

4.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad , (6)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 12 сведены сведения о материальных затратах на научные исследования.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед, руб	Затраты на материалы, руб
Персональный компьютер (амортизация)	шт.	1	4 167	4 167
Мышь	шт.	1	850	850
Клавиатура	шт.	1	500	500
Итого	46 350			

4.5.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Visio	1	18 990	18 990
2	Microsoft Office	1	3 999	3 990
Итого:				22 980

4.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (7)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} + Т_p, \quad (8)$$

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

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

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
выходные дни	52	52
праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
отпуск	48	48
невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_M = З_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

где $З_{ТС}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска. Расчет основной платы представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_M$, руб	$З_{дн}$, руб	T_p , раб. дн.	$З_M$, руб
Руководитель	37 700	0,3	0,5	1,3	88 218	3 655,2	8	29242
Инженер	19 200	0,3	0,5	1,3	44 928	1 861,6	51	94939,5
Итого:								124181,5

4.5.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12 – 0,15).

Получим: $З_{\text{доп Р}} = 2\,175,96$ и $З_{\text{доп И}} = 5\,218,065$

4.5.5. Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

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

Расчет отчислений приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	29242	4386,3	0,271	9113,26
Инженер	94939,5	14240,9		29587,9
Итого:				38701,2

4.5.6. Прочие прямые затраты

К данному виду затрат относятся затраты на электроэнергию. Для юридических лиц стоимость 1 кВт·ч составляет 5,8 рублей. При умеренном использовании ноутбук средней мощности потребляет 100 Вт в час в среднем. В день на работу затрачивается 6 часов, всего на работу с компьютером и оборудованием затрачивается 51 день. Тогда затраты на электроэнергию составят:

$$З_{\text{эп}} = 100 \cdot \frac{5,8}{1000} \cdot 6 \cdot 51 = 177,48 \text{ руб}, \quad (13)$$

4.5.7. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (14)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, 16 %.

Получим: $З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (124191 + 18628,7) = 22851,1$ руб.

4.5.8. Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно–технической продукции.

Определение бюджета затрат приведено в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
Материальные затраты НТИ	5 517	Пункт 2.5.1
Затраты на приобретение спецоборудования для научных работ	22 980	Пункт 2.5.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	124181	Пункт 2.5.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18628,7	Пункт 2.5.4

Продолжение таблицы 17

Отчисления вовнебюджетные фонды	38701,2	Пункт 2.5.5
Прочие расходы	177,48	Пункт 2.5.6
Накладные расходы	22849,4	Пункт 2.5.7
Бюджет затрат НТИ	233033,7	Сумма ст. 1-7

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

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта;

Φ_{max} – зависит от сложности проекта для которого разрабатывается АСУ.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определён следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительный анализ приведен в таблице 18.

Таблица 18 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Б _ф	Б _к
Передача информации на большие расстояния	0,10	5	1
Уровень шума	0,05	5	3
Надёжность	0,10	3	5
Точность измерения	0,20	4	3
Возможность модификации	0,25	5	2
Ремонтопригодность	0,15	4	4
Материалоёмкость	0,05	3	4
Универсальность	0,10	4	2
Итого	1	33	24

$$I_{p-B\phi} = 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 4,25$$

$$I_{p-Bk} = 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 = 2,85$$

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

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}}, \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$)

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп.2}}}, \quad (18)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Б _ф	Б _к
Интегральный финансовый показатель	1	0,85
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,25	2,85
Интегральный показатель эффективности	4,25	3,35
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,27	0,79

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является первый вариант исполнения.

5. Раздел «Социальная ответственность»

В настоящем разделе указаны основные опасные и вредные факторы рабочей зоны, а также их анализ и способы защиты от них. Помимо этого, затронуты аспекты защиты от чрезвычайных ситуаций, охраны окружающей среды, а также вопросы обеспечения безопасности в рамках организационных и правовых норм. В данной ВКР представлена разработка системы автоматического управления ректификационной колонной с использованием контроллеров с протоколом связи EtherCAT.

В процессе трудовой деятельности на специалиста, разрабатывающего методы модернизации автоматизированной системы управления ректификационной колонной, могут оказывать воздействие различного рода производственные факторы. Для их предупреждения и сохранения здоровья работника предусматривается ряд мер по обеспечению безопасности трудовой деятельности.

Основными инструментами для выполнения поставленных задач являются средства вычислительной техники – персональный компьютер, устанавливаемое программное обеспечение и периферийные устройства. При разработке системы на здоровье человека влияют определенные негативные факторы, например, нагрузка на зрение, вредные шумы и излучения, неправильная поза за компьютером, а также психологическая нагрузка.

Целью данного раздела ВКР является анализ опасных и вредных факторов труда, анализ степени их влияния на человека и выявление потенциальных мер по нивелированию их воздействия на инженера. Кроме этого, были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, пожарной безопасности, а также организационно-правовые вопросы.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Правовые нормы, регулирующие взаимоотношения между сотрудником и организацией, включают в себя положения по оплате труда, режиму рабочего времени. Основные пункты отношений между сотрудником и организацией описаны в трудовом кодексе РФ.

Количество рабочего времени нормировано и не может быть выше 40 часов в неделю. На протяжении рабочего дня разработчик программного обеспечения должен иметь перерыв для отдыха и принятия пищи продолжительностью не менее 30 минут и не более двух часов.

Работу разработчика можно отнести ко второй категории работ (IIa), поскольку разработка ПО может быть классифицирована как работа, производимая сидя, и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением. Известно, что согласно пункту 3.2. «ТОИ Р-45-084-01, Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере», устанавливается, что продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов. Поэтому для второй категории работ предусматриваются 2 перерыва по 15 минут, используемые через 2 часа после начала рабочей смены и через 2 часа после обеденного перерыва.

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

К вредным психофизиологическим факторам можно отнести:

- умственное перенапряжение;
- статические физические нагрузки;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Для минимизации влияния данных факторов на производительность и здоровье работника необходимо корректно организовать работу с ЭВМ в

зависимости от категории и вида трудовой деятельности. Для предотвращения утомления, снижения влияния гипокинезии и гиподинамии целесообразно выполнять специализированные комплексы упражнений.

Также для минимизации вредных психофизиологических факторов следует организовать рабочие места согласно требованиям и нормам. Организация рабочих мест для пользователей ЭВМ осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее двух метров, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 120 сантиметров;
- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;
- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;
- конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины; тип рабочего стула выбирается с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПК.

5.2. Профессиональная социальная безопасность

Для выполнения данной работы в качестве оборудования используется персональный компьютер. Это учитывается при рассмотрении вредных и опасных факторов. Классификация вредных и опасных факторов проведена в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21. Возможные опасные и вредные факторы при выполнении ВКР на разных этапах работ отражены в таблице 20.

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные факторы при работе с объектом исследования

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21
2. Превышение уровня шума	СП 51.13330.2011
3. Возможность поражения электрическим током	ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ
4. Отсутствие или недостаток естественного света	СП 52.13330.2016
5. Электромагнитное и электростатическое излучение	ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ

Поскольку современные жидкокристаллические мониторы отвечают всем нормам по ионизирующему излучению, оно в данной работе не рассматривается.

5.2.1. Отклонение показателей микроклимата

Для помещения с компьютером существуют определенные требования к температуре, влажности и наличию пыли. Температура должна находиться в диапазоне от 21 до 25 °С, относительная влажность – от 40 до 60 %.

Это оптимальные условия для обеспечения максимально комфортного теплового баланса температуры тела человека и его терморегуляции. Если температура выше нормы, кровеносные сосуды расширяются, и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры кровеносные сосуды соответственно сужаются приток крови к телу замедляется, и теплоотдача уменьшается.

На терморегуляцию организма влияет также влажность воздуха. Слишком высокая влажность (более 85 %) затрудняет терморегуляцию, а слишком низкая (менее 20 %) вызывает пересыхание слизистых, причем не только дыхательных путей, но и глаз.

Не менее важно влияние влажности в помещении на уровень излучения: чем она выше, тем слабее влияние электростатических и электромагнитных полей, уровень излучения которых в помещении, где установлен компьютер, всегда повышен. Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах согласно СанПиН 1.2.3685-21 п. 29 приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Допустимые значения						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16-24	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17-28	15-75	0,1	0,4

Принципиальным фактором в микроклимате помещения с компьютером является уровень пыли. Офисная пыль может содержать частицы мебельных тканей, клея, строительных материалов, частицы кожи человека и домашних животных, в том числе грызунов, споры микроскопических плесневых и дрожжевых грибов, различные виды клещей, волокна хлопка, льна, бумаги, бактерии и вирусы.

Такая пыль, попав в легкие, может вызвать различные заболевания – от аллергических реакций до хронических катаров верхних дыхательных путей, ларингита, хронического насморка, трахеита и даже хронического бронхита.

Учитывая высокий уровень электромагнитного излучения в помещении с компьютером, пыль не оседает на поверхностях. Она электризуется от экрана монитора и висит в воздухе, поэтому гораздо проще попадает в легкие и на слизистые человека. Влажная уборка в таком помещении должна проводиться

не реже трех раз в неделю в офисе и не реже раза в неделю дома. Кроме этого, помещение, где стоит компьютер, должно хорошо проветриваться.

5.2.2. Превышение уровня шума

Источником возникновения фактора являются студенты, работающие в лабораториях ОАР, стендовое оборудование. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходят изменения объема внутренних органов. Если установлено методами аудиометрии, что в результате профессиональной деятельности произошло снижение слуха в области речевого диапазона на 11дБ, то наступает факт профессионального заболевания – снижения слуха. Чаще всего снижение слуха развивается в течение 5-7 лет и более переутомления слуха.

Допустимые значения звукового давления в соответствии с СП 51.13330.2011 глава 6 приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
79	63	52	45	39	35	32	30	28	40

В качестве индивидуальных средств защиты от негативного воздействия звукового давления можно применять беруши и наушники. В качестве средств коллективной защиты могут быть использованы оградительные устройства, глушители шума, звукопоглощающие устройства и материалы

5.2.3. Возможность поражения электрическим током

Источники возникновения данного фактора: электричество для питания ПЭВМ. Причиной прохождения тока по телу человека является прикосновение к проводам, оказавшимся под напряжением. Предельно допустимые значения силы токов и напряжений, расположены в таблице 4.

Средствами защиты от предельно допустимых значений напряжения являются изолирующие устройства, устройства автоматического отключения и др.

Помещение, согласно ПУЭ относится к помещению с повышенной опасностью, характеризуется наличием возможности прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям).

5.2.4. Отсутствие или недостаток естественного света

Естественным освещением называется освещение помещений светом неба, проникающим через световые проёмы в наружных ограждающих конструкциях. Недостаток естественного освещения приводит к усталости глаз, головной боли. Процесс разработки относится к зрительной работе очень малой точности, размер объекта варьируется от 1 до 5 мм. Данная работа относится к пятому разряду зрительной работы. В таблице 23 представлены требования к проведению работ данного типа.

Таблица 23 – Требования к освещению рабочей зоны

Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Фон	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
			КЕО е, %			
			Верхнее или комбинированное освещение	Боковое освещение	Верхнее или комбинированное освещение	Боковое освещение
А	Малый	Темный	3	1	1,8	0,6
Б	Малый Средний	Средний Темный				
В	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
Г	Средний Большой	Светлый Средний				

5.2.5. Электромагнитное и электростатическое излучения

Компьютер является источником электростатического и

электромагнитного поля. Электромагнитные поля контролируют в двух диапазонах: от 5 Гц до 2 кГц, от 2 до 400 кГц. Измерения проводят на рабочих местах пользователей стационарных и портативных персональных компьютеров. Контролируют следующие параметры: напряженность электрического и магнитного поля, напряженность электростатического поля.

Биологический эффект ЭМП в условиях многолетнего воздействия накапливается, вследствие чего возможно развитие отдаленных последствий дегенеративных процессов в центральной нервной системе, новообразований, гормональных заболеваний. К электромагнитным полям особенно чувствительны дети, беременные, люди с нарушениями в сердечно-сосудистой, гормональной, нервной, иммунной системах.

Влияние на нервную систему: нарушается передача нервных импульсов. В результате появляются вегетативные дисфункции, жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, нарушение сна нарушается высшая нервная деятельность - ослабление памяти, склонность к развитию стрессовых реакций.

Предельно допустимые уровни синусоидального (периодического) магнитного поля частотой 50 Гц на рабочих местах согласно СанПиН 1.2.3685-21 п. 41 приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Предельно допустимые уровни синусоидального магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Чтобы исключить негативные воздействия этих факторов на организм человека, необходимо иметь качественное заземление компьютера. Заземлять технику самостоятельно не рекомендуется, следует обращаться к профессионалам. Нельзя подключать заземляющий провод к молниеотводу, газопроводу и трубам отопления. Все это может привести к поломке компьютера

и другим нежелательным последствиям.

5.3. Экологическая безопасность

Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным, малоотходным и энергосберегающим технологиям и производствам.

При выполнении данной работы не осуществляется выбросов вредных веществ в атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха может возникнуть в случае возникновения пожара в помещении, в этом случае дым от пожара будут являться антропогенным загрязнением атмосферного воздуха.

В ходе выполнения данной работы не происходило значительного загрязнения гидросферы, образовывались лишь хозяйственно – бытовые воды. Бытовые сточные воды помещения образуются при эксплуатации туалетов, столовой; а также при мытье рук, полов и т.п. Данные воды отправляются на городскую станцию очистки. Загрязнение гидросферы осуществляют производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров, плат, контроллеров.

Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Ректификационная колонна относится к категории опасных производственных объектов (ОПО) как объект на котором: получают,

используются, перерабатываются, опасные вещества (воспламеняющиеся и горючие); используется оборудование, работающее под избыточным давлением газа более 0,07 МПа. Опасность для обслуживающего персонала обусловлена следующими факторами:

- необходимостью работы во взрывоопасных и пожароопасных помещениях, необходимостью обслуживания запорной аппаратуры сепараторов, насосного оборудования и другого оборудования, находящегося под высоким давлением, при высокой температуре;
- выделением из технологических линий пожаро- и взрывоопасных веществ;
- использованием в технологических процессах вредных химических веществ;
- нахождением площадок обслуживания оборудования на значительной высоте;
- находящиеся в аппаратуре продукты (углеводородные газы, пары легких фракций, дизельные фракции) в случае разгерметизации оборудования могут образовывать с воздухом взрывоопасные или горючие смеси;
- нагретые до высоких температур (400°С) в процессе производства нефтепродукты могут стать причиной ожогов обслуживающего персонала.

5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

В случае возникновения пожара тушение горящего электрооборудования должно производиться огнетушителями ОУ-5 или ОУ-10 (углекислотные) и огнетушителями типа ОП-10 (порошковые).

Во избежание пожара необходимо соблюдать ряд правил:

- соблюдать чистоту в помещении, вовремя выносить мусор;
- план эвакуации из здания следует располагать на видном месте;
- работать только при наличии исправного оборудования;
- по окончании работы на оборудовании проверить выключены ли электроприборы.

При этом необходимо также обеспечить:

- присутствие наглядных пособий, для предотвращения пожара;
- содержание помещения в чистоте;
- противопожарный инструктаж сотрудников

Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, в соответствии с, является категорией «В1-В4».

Если пожар не удастся ликвидировать самостоятельно, необходимо позвонить по номеру 101 в пожарную охрану, сообщив о пожаре и месте его возникновения, а затем покинуть помещение в соответствии с планом пожарной эвакуации.

При реализации работ по разработке системы автоматического управления могут возникать различные ЧС: разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение, а также пожар. Наиболее вероятной ЧС является пожар. При работе причиной пожара могут стать токи короткого замыкания, искрение в местах неплотных контактов проводов и др.

5.5. Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности при разработке системы автоматического управления. К таким вопросам относятся социальная и экологическая безопасность, а также безопасность в чрезвычайных ситуациях, правовые аспекты обеспечения безопасности.

Были проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие в ходе разработки. К ним относятся отклонение микроклимата в помещении, недостаточная освещённость рабочей зоны, возможность поражения электрическим током, превышение уровня шума, электромагнитное и электростатическое излучение, отсутствие естественного света. Перечисленные факторы при превышении норм оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека.

Как было описано ранее, категория помещения, где производится

разработка согласно ПУЭ, относится к помещению с повышенной опасностью. Группа электробезопасности, в соответствии с Приказом от 15 декабря 2020 – первая (I) Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, является категорией «В1-В4».

В подразделе «Экологическая безопасность» были рассмотрены негативные аспекты, способные повлиять на окружающую среду в ходе проведения работ.

Установлено, что наиболее вероятно чрезвычайной ситуацией является пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по её предотвращению и ликвидации.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была произведена модернизация системы автоматического управления процессом ректификации нефти и разработана сопутствующая проектная документация на САУ. При выполнении работы был найден и изучен материал, описывающий технологический процесс ректификации нефти и нормативные документы регламентирующие требования к оборудованию САУ. Был произведен выбор средств автоматизации в соответствии с особенностями процесса и нормативными документами. При выборе оборудования предпочтение отдавалось отечественным средствам автоматизации, либо средствам обладающим высоким сроком службы и надежностью. Были разработаны структурная и функциональные схемы автоматизации ректификационной колонны, которые описывают аппаратный комплекс разработанной САУ. Была разработана схема внешних проводок, характеризующая связь между полевыми устройствами и щитом КИПиА или АРМ оператора. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных разработаны алгоритмы пуска/останова технологического оборудования и автоматического управления. При разработке были использованы устройства промышленной сети EtherCAT, которые уменьшают время передачи данных от ПЛК к модулям ввода-вывода и обратно и повышают отказоустойчивость информационного канала. Резервирование программируемых логических контроллеров позволяет повысить надежность вычислительно-управляющего уровня САУ ректификационной колонны.

Спроектированная САУ ректификационной колонной имеет гибкую структуру, позволяющую в будущем модернизировать ее в случае изменения требований к автоматизированной системе в ходе ее эксплуатации. Также разработанная SCADA-система позволит предприятию уменьшить затраты на эксплуатацию системы в долгосрочной перспективе.

Список использованных источников

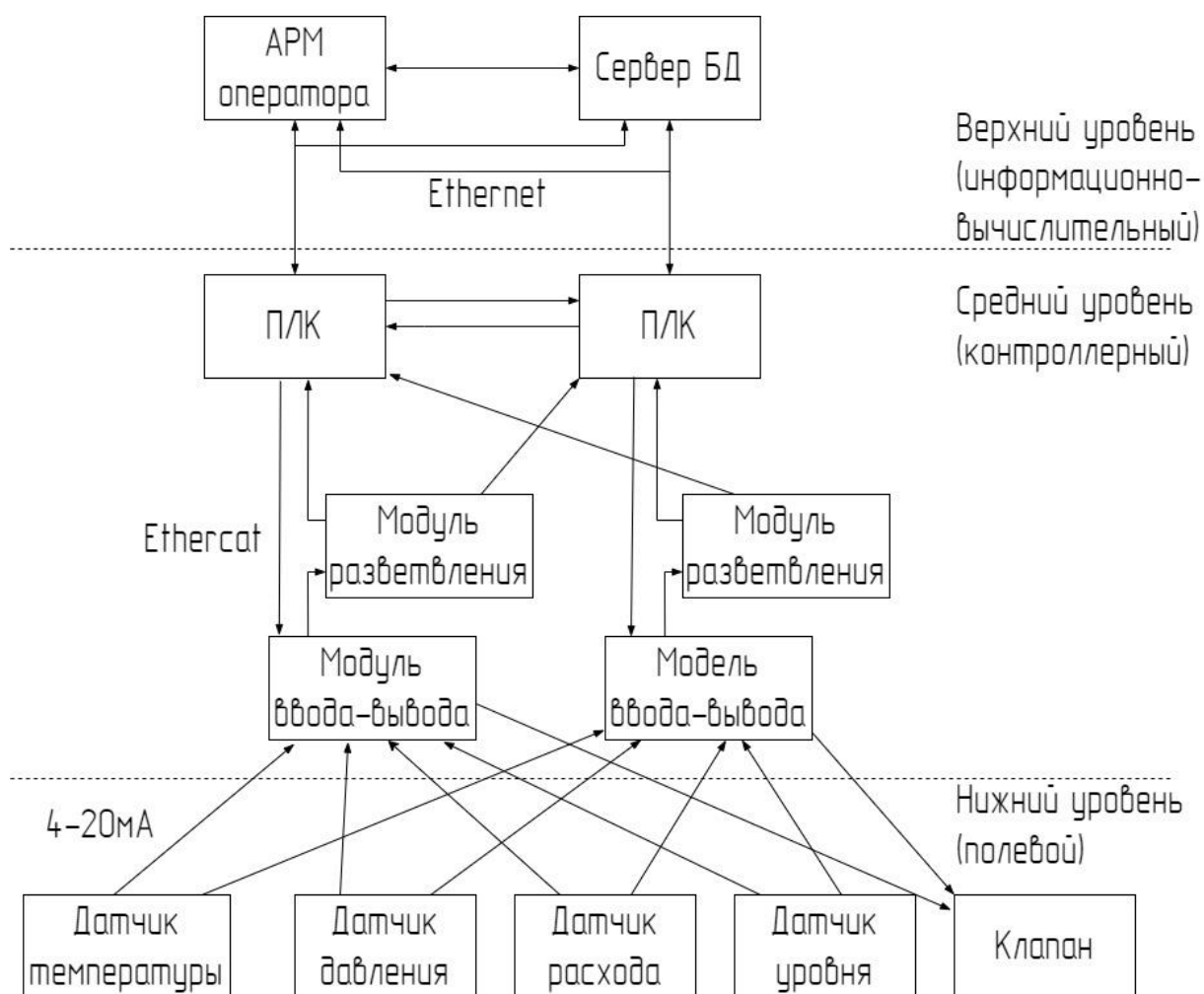
1. ГОСТ Р 8.596-2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем.
2. ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов».
3. ГОСТ 2405-88 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры.
4. ГОСТ 6651-2009 Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля.
5. ГОСТ 7192-89 Механизмы исполнительные электрические постоянной скорости ГСП.
6. ГОСТ Р ИСО 15745-4-2012 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Прикладная интеграционная среда открытых систем. Часть 4. Эталонное описание систем управления на основе стандарта Ethernet.
7. ГОСТ 22782.0-81 Электрооборудование взрывозащищенное.
8. ГОСТ 28723-90 Расходомеры скоростные, электромагнитные и вихревые.
9. ГОСТ 28725-90 Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов.
10. ГОСТ Р МЭК 61511-1-2018 Безопасность функциональная.
11. Ушева Н.В., Бешагина Е.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Гавриков А.А. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие / Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 128 с.
12. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для ВУЗов – Москва: Химия, 1995. – 368 с
13. Барашкин Р. Л. Проектирование систем управления ректификационными колоннами: учеб.-метод. пособие //М.: Изд-во ИЦ РГУ нефти и газа имени ИМ Губкина. – 2014.

14. Руководство по эксплуатации ОВЕН ДТС [Электронный ресурс] – URL: http://www.owenkomplekt.ru/assets/files/DTS_XX5E/rie_dtxi_exi_2308_0.pdf – Дата обращения 06.05.2022.
15. Руководство по эксплуатации Рэлсиб TCMr [Электронный ресурс] – URL: https://relsib.com/uploads/tiny/documents/passports/Pass_TC-Kl1.pdf – Дата обращения 06.05.2022.
16. Руководство по эксплуатации Метран–203 [Электронный ресурс] – URL: <http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/tsm.pdf> – Дата обращения 28.05.2022.
17. Руководство по эксплуатации Элемер АИР–10 [Электронный ресурс] – URL: https://www.elemer.ru/files/re/re_air_10.pdf – Дата обращения 12.05.2022
18. Руководство по эксплуатации ОВЕНТ ДТП [Электронный ресурс] – URL: https://owen-prom.ru/files/re_oven_dtp_1-ru-18124-1.13.pdf – Дата обращения 06.05.2022.
19. Руководство по эксплуатации ТСМ Метран серии 2000 [Электронный ресурс] – URL: <https://metr-k.ru/files/products/metran/metran-2000/Метран-2000ТС.pdf> – Дата обращения 06.05.2022.
20. Руководство по эксплуатации VEGAFLEX 86 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.vega.com/api/sitecore/DocumentDownload/Handler?documentContainerId=6928&languageId=7&fileExtension=pdf&softwareVersion=&documentGroupId=49475&version=22-07-2020> – Дата обращения 28.05.2022.
21. Руководство по эксплуатации Rosemount 8800 [Электронный ресурс] – URL: https://rosemeter.nt-rt.ru/images/manuals/RSE_8800D_RE.pdf Дата обращения 28.05.2022.
22. Руководство по эксплуатации Siemens VVF40.150–300 [Электронный ресурс] – URL: https://acvatix.nt-rt.ru/images/manuals/N4330ru_VVF40.pdf

23. Ермоленко, А.Д. Автоматизация процессов нефтепереработки / А.Д. Ермоленко, О.Н. Кашин, Н.В. Лисицын и др. - Вологда: ИнфраИнженерия, 2012. – 304 с
24. ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере»
25. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
26. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
27. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»

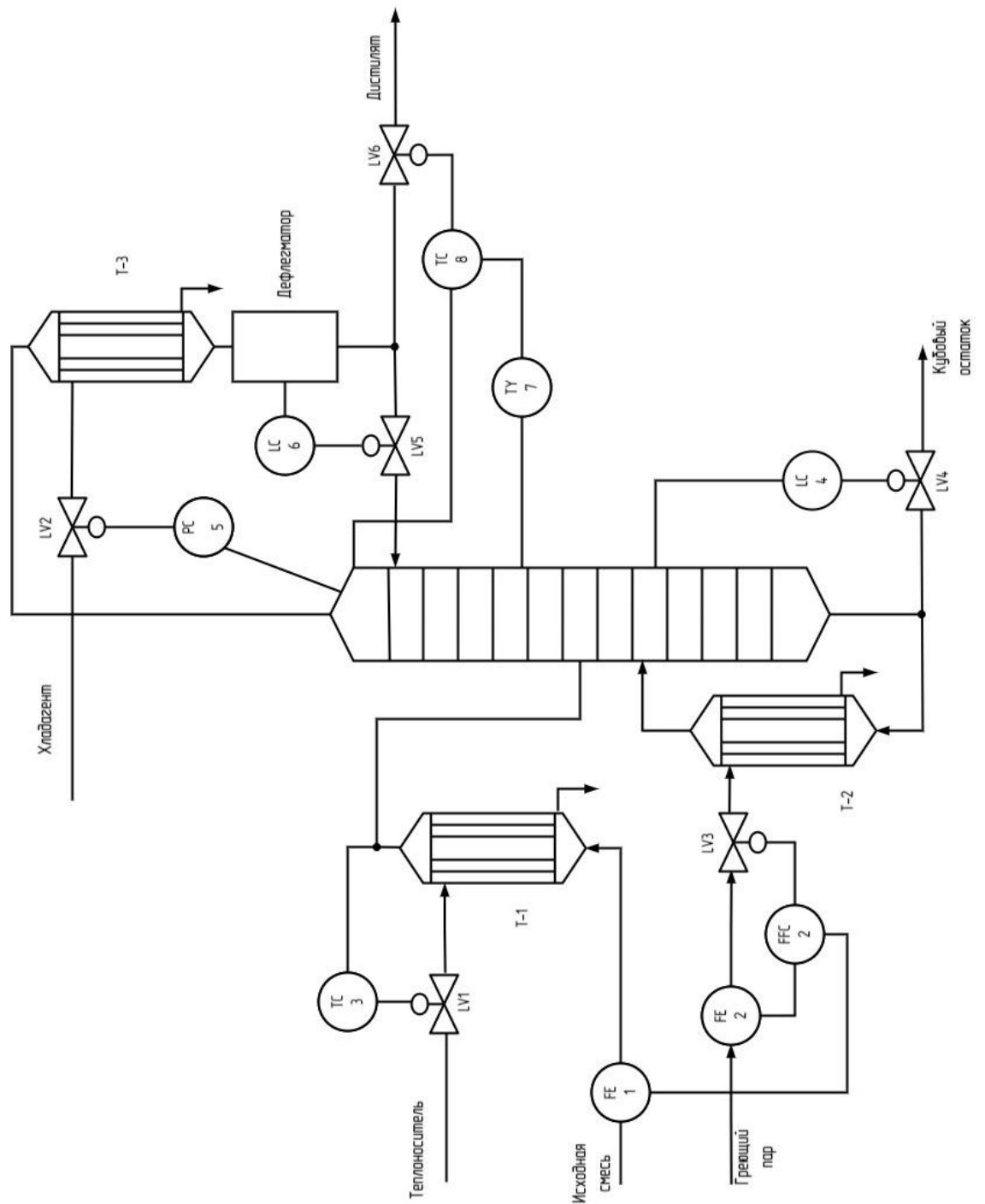
Приложение А

Структурная схема САУ



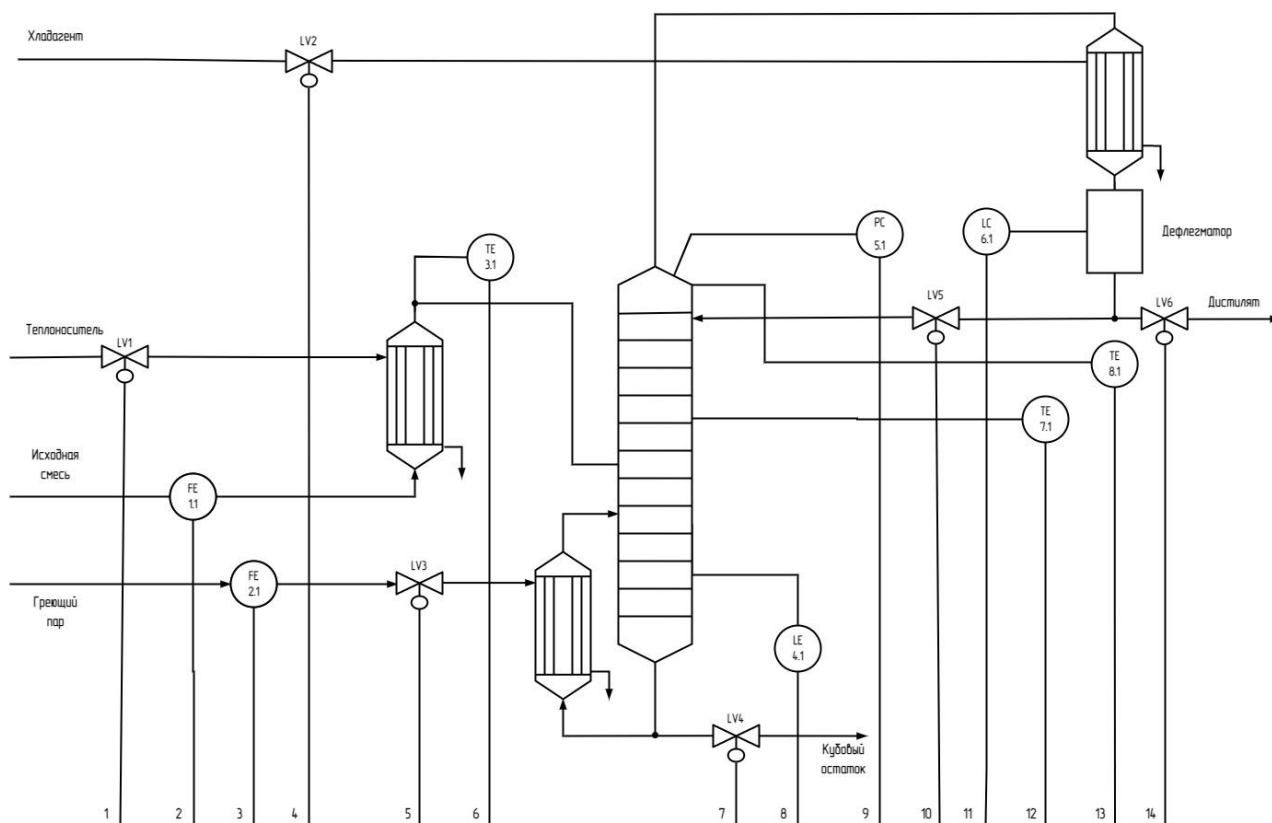
Приложение Б

Упрощенная функциональная схема



Приложение В

Функциональная схема

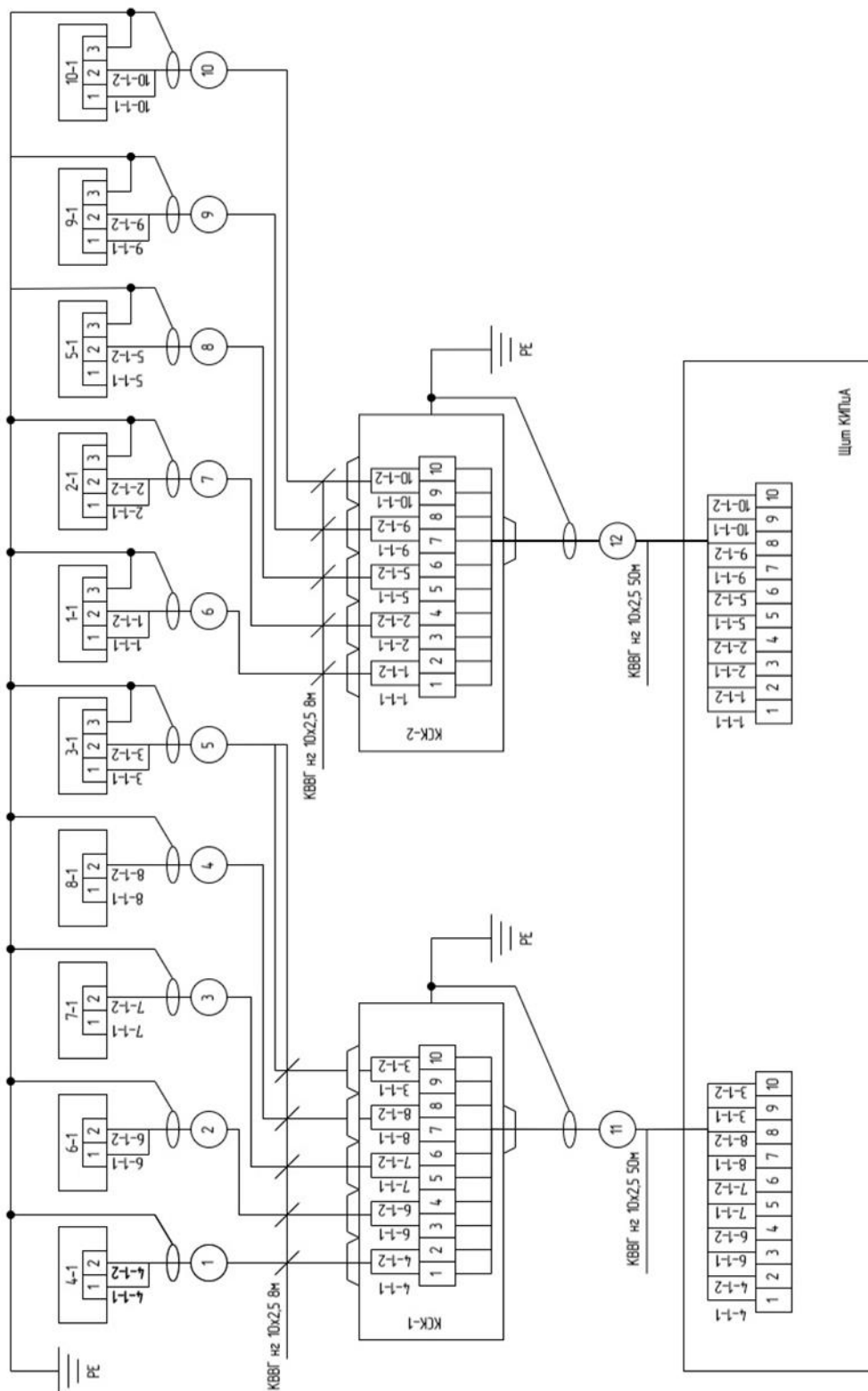


	1	6	2	5	3	4	9	7	8	10	11	12	14	13
По месту	TIC 3.3	TT 3.2	FT 1.2	FFC 1.3	FT 2.2	PIE 5.3	PT 5.2	LIC 4.3	LT 4.2	LIC 6.3	LT 6.2	TT 7.2	TFC 8.3	TT 8.2
Щит оператора		TR 3.4	FR 1.4				PIR ##		LIR 4.4					TR 8.4
SCADA														
														Мониторинг
														Регистрация
														Управление

Приложение Г

Схема внешней проводки

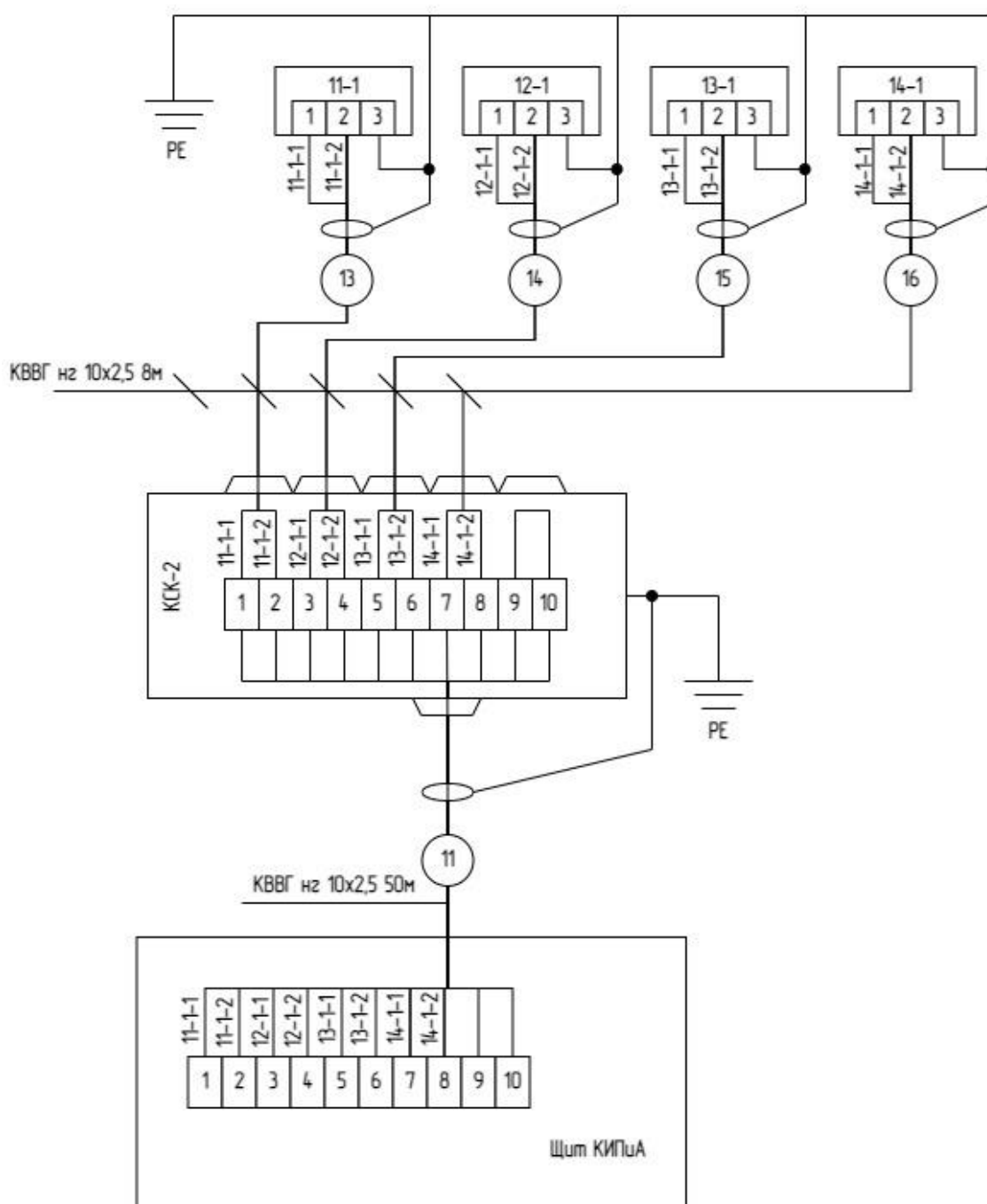
Наименование параметра	Уровень		Температура			Расход		Давление		Положение клапана	
	Рециркуляционная колонна	Дефлегматор	Рециркуляционная колонна	Рециркуляционная колонна	Теплообменник-1	Исходная смесь	Грелый пар	Рециркуляционная колонна		LV1	LV2
Место отбора импульса	VEGARFLEX 86	VEGARFLEX 86	Метран серии 2000	Метран серии 2000	Рэзист серии TCM-KIT-1	Rosemount 8800	Rosemount 8800	Элемер серии AMP-10H		ДПС-У-05	ДПС-У-05
Тип датчика	4-1	6-1	7-1	8-1	3-1	1-1	2-1	5-1	9-1	10-1	
Позиция	4-1	6-1	7-1	8-1	3-1	1-1	2-1	5-1	9-1	10-1	



Приложение Д

Схема внешней проводки

Наименование параметра	Положение клапана			
Место отбора импульса	LV3	LV4	LV5	LV6
Тип датчика	ДПС-У-05	ДПС-У-05	ДПС-У-05	ДПС-У-05
Позиция	11-1	12-1	13-1	14-1



Приложение Е
Алгоритм автоматического управления

