

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 ООП – Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Автоматизация сепаратора первой ступени на установке подготовки нефти Буранного месторождения

УДК 681.51:622.276.8

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Лесных Глеб Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Н.М.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГ ШИП	Жиронкин С.А.	д.э.н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.			

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман А.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М.В.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

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)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью

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

Код компетенции	Наименование компетенции
	практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным 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

Код компетенции	Наименование компетенции
	исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов 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

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т91	Лесных Глеб Игоревич

Тема работы:

Автоматизация сепаратора первой ступени на установке подготовки нефти Буранного месторождения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 34-91/с от 03.02.2023 г.

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> - описание технологического процесса на промысле с указанием основных характеристик; - состав и свойства газожидкостной смеси; - процессы и оборудование на установке подготовки нефти; - проектная характеристика установки подготовки нефти (давление в сепараторе – 0,5 МПа, содержание воды в скважинной продукции – до 90 %, содержание воды в подготовленной нефти – не более 0,5 %, контролируемая температура - от 0 °С до 20 °С)
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - Описание технологического процесса. - Разработка структурной схемы автоматизации сепаратора первой ступени. - Выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики для управления сепаратором

	<p>первой ступени.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Выбор исполнительных механизмов для управления сепаратором первой ступени. - Моделирование САР уровня жидкости в сепараторе первой ступени. - Разработка экранных форм управления сепаратором первой ступени.
Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> - функциональная схема технологического процесса на установке подготовки нефти; - трёхуровневая структурная схема автоматизированной системы; - функциональная схема автоматизации; - схема внешних проводок; - результаты моделирования САР уровня жидкости в сепараторе первой ступени; - экранная форма SCADA-системы.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, ст. преподаватель ОБД
Финансовый менеджмент	Жиронкин Сергей Александрович, профессор ОСГН, д.э.н.
Основная часть	Семенов Николай Михайлович, ст. преподаватель ОАР

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Н.М.			03.02.2023 г.

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Лесных Глеб Игоревич		03.02.2023 г.

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т91	Лесных Глеб Игоревич

Тема работы:

Автоматизация сепаратора первой ступени на установке подготовки нефти Буранного месторождения

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

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Н.М.			03.02.2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И.	к.т.н., доцент		03.02.2023 г.

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Лесных Глеб Игоревич		03.02.2023 г.

Реферат

Данная выпускная квалификационная работа содержит 78 страниц текста, 30 таблиц, 14 рисунков, 1 источник литературы из 26 наименований, 5 приложений.

Объектом исследования является двухфазный нефтегазовый сепаратор первой ступени на установке подготовки нефти Буранного месторождения.

Ключевые слова: установка подготовки нефти, автоматизированная система управления, контроллер, датчики, SCADA.

Цель работы – разработка системы автоматизированного управления двухфазным нефтегазовым сепаратором, включающая в себя выбор структуры, выбор контроллера, датчиков и исполнительного механизма, математическое моделирование САР уровня жидкости в сепараторе, разработка экранных форм в SCADA.

В данной работе была разработана система автоматизированного управления двухфазным нефтегазовым сепаратором, выполненная на базе контроллера ОВЕН ПЛК 200. Математическое моделирование осуществлялось в программном пакете MATLAB Simulink, экранные формы SCADA были разработаны в системе TraceMode 6.

В ходе выполнения работы были разработаны: функциональная схема технологического процесса, функциональная схема автоматизации, схема внешних проводок, трехуровневая схема автоматизации.

Обозначения и сокращения

В данной работе были применены следующие сокращения:

УПН – установка подготовки нефти;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

С – сепаратор;

ГС – газовый сепаратор;

КлР – клапан регулирующий;

ОН – отстойник нефти;

ОВ – очиститель воды;

КС – концевой сепаратор;

ПИД – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор;

САР – система автоматического регулирования.

Содержание

Реферат	9
Обозначения и сокращения.....	10
Введение.....	13
1 Техническое задание.....	14
1.1 Цели создания АСУ ТП.....	14
1.3 Требования к программному обеспечению.....	15
1.4 Метрологические требования.....	15
2 Разработка системы автоматизации сепаратора	16
2.1 Описание технологического процесса.....	16
2.2 Алгоритм запуска сепаратора.....	17
2.3 Алгоритм останова сепаратора.....	17
2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации	18
2.5 Разработка трехуровневой схемы автоматизации.....	19
3 Средства автоматизации.....	19
3.1 Технические характеристики сепаратора.....	19
3.2 Выбор контроллера.....	20
3.3 Выбор датчика температуры.....	22
3.4 Выбор датчика давления	23
3.5 Выбор уровнемера	25
3.6 Выбор сигнализатора уровня.....	26
3.7 Выбор расходомера.....	28
3.8 Выбор регулирующего клапана.....	29
4 Моделирование САР уровня жидкости	31
5 Разработка экранных форм АСУ	35
6 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	37
6.1 Потенциальные потребители результатов исследования	37
6.2 Анализ конкурентных технических решений.....	37
6.3 SWOT – анализ.....	39

6.2	Планирование научно-исследовательских работ	41
6.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	41
6.2.2	Разработка графика проведения научного исследования	43
6.3	Бюджет научно-технического исследования	44
6.3.1	Расчет материальных затрат	44
6.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы	45
6.3.3	Отчисления во внебюджетные фонды	47
6.3.4	Накладные расходы	48
6.3.5	Формирование бюджета затрат проекта	48
6.4	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	49
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
7.1.1	Производственная безопасность	57
7.1.2	Наличие электромагнитного поля промышленной частоты	59
7.1.3	Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны	60
7.1.4	Недостаток необходимого искусственного освещения	61
7.1.5	Повышенный уровень шума	62
7.1.6	Поражение электрическим током	63
7.2	Экологическая безопасность	64
7.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	65
	Заключение	68
	Список литературы	69
	Приложение А (обязательное) Функциональная схема технологического процесса	72
	Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации	74
	Приложение В (обязательное) Закладная датчика давления	76
	Рисунок В.1 – Закладная датчика давления	76
	Приложение Г (обязательное) Трехуровневая схема автоматизации	77
	Приложение Д (обязательное) Схема соединения внешних проводок	78

Введение

В наше время невозможно представить ни одну сферу деятельности без использования автоматизированных устройств. Уже давно автоматические машины и установки стали неотъемлемой частью производственных процессов. Особенно заметно их влияние на те области человеческой жизни, в которых присутствуют различные операции, связанные с обменом, передачей и преобразованием информации.

В таких условиях жизни важно обеспечить правильную работу автоматизированных устройств, их корректное соединение между собой, быстрый и четкий обмен информацией. В общем, сделать так, чтобы автоматизированные устройства максимально правильно исполняли свои функции. Именно поэтому разработка новых, а также усовершенствование старых автоматизированных систем является одним из важнейших направлений в развитии любых производственных процессов.

Целью данной выпускной квалификационной работы является улучшение качества нефти с помощью автоматизации сепаратора первой ступени на установке подготовки нефти Буранного месторождения.

1 Техническое задание

1.1 Цели создания АСУ ТП

Данная автоматизированная система управления двухфазным нефтегазовым сепаратором установки подготовки нефти (УПН) Буранного месторождения необходима для обеспечения непрерывного регулирования технологических параметров сепарации. Задачи автоматизации:

- снижение затрат на эксплуатацию и обслуживание объекта;
- улучшение условий труда персонала;
- обеспечение безопасности персонала установки и предотвращение аварийных ситуаций, а в случае их возникновения – своевременная локализация и устранение последствий.

1.2 Технические требования к АСУ ТП

Совокупность используемых технических средств автоматизации должна обеспечивать все функции автоматизированного управления процессом сепарации, оповещение о наличии аварийных ситуаций, показание состояния устройств.

Все применяемые средства автоматизации должны иметь выходной унифицированный токовый сигнал (4-20) мА, по возможности поддерживать HART-протокол.

Установка подготовки нефти находится на Буранном месторождении, которое располагается в Каргасокском районе Томской области. Данная территория является районом Крайнего севера, со значением среднегодовой температуры -1.7 °С. Поэтому необходимо, чтобы все используемое оборудование было устойчиво к влиянию низких температур в -50 °С.

Помимо этого, из-за особенностей нефтегазовой отрасли, все датчики должны иметь степень влагозащиты и пылезащиты не менее IP56 (в соответствии с ГОСТ 14254-2015) [1], так как они будут работать в условиях агрессивной среды. Также датчики должны быть выполнены во

взрывозащищенном исполнении, так как будут работать в легковоспламеняющейся среде.

1.3 Требования к программному обеспечению

Программные средства АСУ ТП должны соответствовать следующим требованиям:

- высокая точность и скорость;
- поддержка дистанционного управления;
- низкие затраты на эксплуатацию;
- функциональная достаточность.

При создании программного обеспечения необходимо использовать один из пяти языков программирования, указанных в стандарте [2].

1.4 Метрологические требования

Все выбранные средства автоматизации обязаны находиться в Государственном Реестре средств измерения Российской Федерации и быть допущенными к применению. Пределы относительной погрешности измерений не должны выходить за рамки показателей, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004 [3]. Измеряемые величины должны быть указаны в формате метрической системы измерений.

2 Разработка системы автоматизации сепаратора

2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема технологического процесса представлена в приложении А.

Из скважин нефтегазоводяная эмульсия поступает на установку подготовки нефти. Сначала через блок входных фильтров по линейному трубопроводу эмульсия попадает в сепаратор первой ступени очистки нефти С-1. Он необходим для того, чтобы произвести первичный сброс газа и облегчить работу сепаратору второй ступени С-2.

Давление в С-1 поддерживается с помощью задвижки КлР2, которая осуществляет сброс газа на газосепаратор ГС-1.

Эмульсия, прошедшая первичную дегазацию, отправляется в подогреватель нефти, где нагревается с целью улучшения процесса сепарации. После подогревателя эмульсия попадает в сепаратор второй ступени С-2. Здесь, задвижка КлР5 отвечает за отвод воды, которая попадает в аппарат очистки воды ОВ-1, очищается, и, с помощью насоса, закачивается в отстойник нефти ОН-1. Давление в сепараторе С-2 контролируется задвижкой К4, которая осуществляет сброс газа в газосепаратор ГС-1. Очищенная нефть с помощью задвижки КлР3 попадает в отстойник нефти ОН-1.

Лишний газ в ОН-1 сбрасывается на факел низкого давления, а нефть с помощью задвижки КлР6 попадает в концевой сепаратор КС-1, где после финальной стадии сепарации отправляется в резервуарный парк.

2.2 Алгоритм запуска сепаратора

Для успешного пуска на режим сепаратора С-1 необходимо выполнить следующие действия.

1. Запустить в работу блок измерительно-регулирующий.
2. Подготовить к приему нефти резервуары.
3. С помощью манометра проверить давление на линиях подачи эмульсии.
4. Постепенным открытием электроздвижки подать эмульсию в сепаратор.
5. Открыть клапан выхода газа КлР2 из сепаратора.
6. Открыть клапан выхода жидкости КлР1 из сепаратора.
7. Поддерживать количество эмульсии в пределах требуемых значений уровня и давления.
8. Перевести клапан КлР1 в автоматический режим.
9. Перевести систему в автоматический режим работы, после стабильной работы в ручном в течение полутора часов.

2.3 Алгоритм останова сепаратора

Останов сепаратора первой ступени следует осуществлять в следующих случаях.

1. Если имеются пропуски газа, жидкости в сальниковых устройствах задвижек.
2. При повышении показателя давления выше разрешенного.
3. При обнаружении дефектов в основных элементах аппарата.
4. При неисправности контрольно-измерительных приборов и средств автоматики.
5. При неисправности фланцевых соединений.
6. При возникновении пожара.

Для останова работы сепаратора необходимо.

1. Закрыть электроздвижку подачи эмульсии в сепаратор.

2. Отключить подогреватель нефти.
3. Перекрыть вентиль нагнетательного насоса.
4. Затормозить барабан.

2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации определяет структуру и объем автоматизации технологической установки. Она представляет собой рабочий документ и отображает технологическое оборудование, средства автоматизации и способы их связи. Схема автоматизации выполняется с учетом ГОСТ 21.408-93 [4]. Обозначения на схеме автоматизации выполняются с учетом ГОСТ 21.404-85 [5].

Существует два вида исполнения схем автоматизации.

1. Развернутый.
2. Упрощенный.

В данной работе выполнена развернутая схема автоматизации. Она представлена в Приложении Б.

На схеме используются следующие графические обозначения:

- РТ – формирование выходного сигнала давления;
- РV – управляющая задвижка по давлению;
- РI – показывающий элемент по давлению;
- РС – автоматическое регулирование давления;
- LT – формирование выходного сигнала уровня;
- LI – показывающий элемент по уровню;
- LC – автоматическое регулирование по уровню;
- LZ – формирование аварийного значения уровня;
- LIA – показывающий и сигнализирующий элемент уровня;
- FT – формирование выходного сигнала расхода;
- FI – показывающий элемент по расходу;
- CV – управляющая задвижка;
- TT – формирование выходного сигнала температуры;

- Т1 – показывающий элемент по температуре;
- HL1 – лампа световой индикации.

На основании данной схемы, а также технологического регламента также была разработана схема соединения внешних проводок, она представлена в приложении Д.

2.5 Разработка трехуровневой схемы автоматизации

В соответствии с техническим заданием необходимо построить трехуровневую схему автоматизации проектируемого объекта. Данная схема представлена в приложении Г.

На ней представлены три уровня: нижний, средний и верхний.

Нижний (полевой) уровень состоит из датчиков и исполнительных механизмов:

- датчик температуры;
- датчик давления;
- датчик расхода;
- сигнализатор уровня;
- задвижка.

На среднем уровне расположен контроллер.

Верхний уровень состоит из компьютера оператора, ОРС-сервера и базы данных.

3 Средства автоматизации

3.1 Технические характеристики сепаратора

Нефтегазовый сепаратор – это специальное оборудование, которое используется при добыче нефти для отделения попутных газов от эмульсии при первичной очистке. На установке подготовки нефти Буранного месторождения используется горизонтальный нефтегазовый сепаратор, объем которого составляет 50 м³, рабочее давление равно 0,8 МПа, диапазон рабочих температур от 10 до 20 °С, диапазон уровня жидкости от 1000 до 1400 мм, диаметр – 2400 мм, высота – 12820 мм, а масса – 10700 кг.

На основании данных параметров необходимо выбрать средства автоматизации, которые будут удовлетворять метрологическим и техническим требованиям. Предел допустимой погрешности измерений не должен превышать $\pm 0,5\%$.

3.2 Выбор контроллера

Для проектирования блока сепарации необходимо выбрать контроллерное оборудование. Выбор производился между ОВЕН ПЛК 200, Advantech ADAM-3600, REGULR200 и Segnetics Pixel 2511.

Таблица 1 – Сравнение ПЛК

Контроллеры	ОВЕН ПЛК200	ЭЛСИ ТМК	REGUL R 200	Segnetics Pixel 2511
Рабочая температура	От минус 40 до плюс 50 °С	От минус 40 до плюс 70 °С	От минус 40 до плюс 60 °С	От минус 15 до плюс 55 °С
Интерфейсы	Ethernet, RS-485, USB	RS-485, RS-232, USB	RS-232, RS-422, Ethernet	RS-485, Ethernet
Протоколы	Modbus TCP/RTU/ASCII, CODESYS Gateway, MQTT, SNMP	Modbus TCP, TCP/IP, DNP3L2	Modbus TCP/RTU, Regulbus, OPC DA/UA	Modbus RTU, EtherNet/IP
Дискретный ввод/вывод	8/8	8/4	8/8	6/3
Аналоговый ввод/вывод	8/4	8/0	4/2	6/2
Время выполнения операций	3 мс	-	1 мс	10мс

Продолжение таблицы 1 – Сравнение ПЛК

Контроллеры	ОВЕН ПЛК200	ЭЛСИ ТМК	REGUL R 200	Segnetics Pixel 2511
Наработка на отказ	60 000 ч	120 000 ч	100 000 ч	-
Цена	48 840 руб.	76 718 руб.	45 421 руб.	15 079 руб.

В результате был выбран ОВЕН ПЛК 200 [6], так как обладает наибольшим количеством аналоговых и дискретных вводов/выводов, что освобождает от покупки дополнительных модулей и позволяет сэкономить деньги.

ОВЕН ПЛК 200 – это контроллер для малых и средних систем автоматизации со встроенными дискретными и аналоговыми входами/выходами. Данный контроллер универсален благодаря широкому спектру коммуникационных протоколов, а также обладает следующими преимуществами:

- высокая производительность;
- удобство монтажа и обслуживания. Крепление возможно, как на DIN-рейку, так и на стену, также имеются съемные клеммники с невыпадающими винтами;
- высокие коммуникационные возможности;
- способность работы в тяжелых условиях (широкий диапазон питающего напряжения и температуры окружающей среды).

Программирование ОВЕН ПЛК 200 реализуется в инструментальном программном комплексе промышленной автоматизации CODESYS. Внешний вид контроллера показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Контроллер ОВЕН ПЛК 200

3.3 Выбор датчика температуры

Также необходимо установить датчик температуры. Выбор осуществлялся между ОВЕН ДТС5М.RS, Метран 271, Элемер ТПУ-205 и Метран 274.

Таблица 2 – Сравнение датчиков температуры

Датчики	ОВЕН ДТС5М.RS	Метран- 271	Элемер ТПУ-205	Метран- 274
Диапазон измерений	От минус 50 до плюс 450 °С	От минус 40 до плюс 600 °С	От минус 296 до плюс 600 °С	От минус 50 до плюс 400 °С
Предел допускаемой погрешности	± 0,1 %	± 0,5 %	± 0,15 %	± 0,2 %
Выходной сигнал постоянного тока	(4-20) мА	(4-20) мА	(4-20) мА	(4-20) мА
Средний срок службы	15 лет	6 лет	15 лет	8 лет
Взрывозащищенность	1ExdIICT6 X	0ExiaIICT6	1ExiaIICT1	1ExdIICT5
Степень защиты от внешних факторов	IP65	IP65	IP66	IP65
Цена	20 100 руб.	2 000 руб.	4 185 руб.	4 500 руб.

В результате был выбран Элемер ТПУ-205 [7], так как обладает необходимым диапазоном измерения, а также низким пределом погрешности.

Принцип работы данного датчика, как и любого термометра сопротивления, основан на изменении сопротивления металла, из которого состоит чувствительный элемент, в зависимости от температуры. Преимущество данного датчика заключается в его невысокой стоимости в сравнении с другими представителями, а также наличие различных комбинаций чувствительных элементов и способов исполнения. Закладная датчика температуры представлена в Приложении В. Внешний вид датчик изображен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Датчик температуры ТПУ-205

3.4 Выбор датчика давления

Выбор осуществлялся между датчиками давления Метран 55, Метран 150TG, ОВЕН ПД 100 и Теплоприбор А-10 [8].

Таблица 3 – Сравнение датчиков давления

Датчики	Метран 55	Метран 150 TG	ОВЕН ПД 100	Теплоприбор А-10
Диапазон измерений	От 0 до 25 МПа	От 0 до 60 МПа	От 0 до 7 МПа	От 0 до 1,6 МПа
Предел допускаемой погрешности	± 0,2 %	± 0,075 %	± 0,25 %	± 1 %

Продолжение таблицы 3 – Сравнение датчиков давления

Датчики	Метран 55	Метран 150 TG	ОВЕН ПД 100	Теплоприбор А-10
Выходной сигнал постоянного тока	(4-20) мА	(4-20) мА, HART	(4-20) мА	(4-20) мА
Средний срок службы	10 лет	20 лет	12 лет	5 лет
Диапазон температур измеряемой среды	От минус 10 до плюс 80 °С	От минус 40 до плюс 80 °С	От минус 40 до плюс 100 °С	От 0 до плюс 80 °С
Степень защиты от внешних факторов	IP65	IP66	IP65	IP 65
Цена	30 372 руб.	80 000 руб.	30 372 руб.	8 465 руб.

Был выбран датчик Теплоприбор А-10, так как он соответствует определённому в технологическом регламенте диапазону измерений. Внешний вид датчик изображен на рисунке 3.



Рисунок 3 - Датчик давления Теплоприбор А-10

3.5 Выбор уровнемера

Для контроля уровня эмульсии необходимо выбрать уровнемер. Выбор производился между InnoLevelIL-EC-A, NivelcoSPA-390-4, Ризур-2090, Элемер-УРЗ-41. Диапазон значений уровня в сепараторе – от 1 до 1,4 м.

Таблица 4 – Сравнение уровнемеров

Датчики	InnoLevel IL-EC-A	Nivelco SPA-390-4	Ризур-2090	Элемер-УРЗ-41
Диапазон измерения	От 0 до 15 м	От 0,2 до 4 м	От 0 до 6 м	От 0 до 50 м
Предел допускаемой погрешности	±0,3 %	±0,2 %	±0,25 %	±0,2 %
Выходной сигнал постоянного тока	(4-20) мА	(4-20) мА, HART	(4-20) мА	(4-20) мА
Рабочее давление	До 5 МПа	До 6МПа	До 6 МПа	До 4 МПа
Диапазон температур измеряемой среды	От минус 20 до плюс 80 °С	От минус 30 до плюс 90 °С	От минус 40 до плюс 70 °С	От минус 40 до плюс 80 °С
Степень защиты от внешних факторов	IP65	IP68	IP67	IP68
Цена	53 580 руб.	60 503 руб.	150 000 руб.	87 051 руб.

В результате был выбран NivelcoSPA-390-4 [9], так как он имеет поддержку HART-протокола, а также больше всех остальных датчиков подходит к нужному диапазону значений.

Данный датчик является ультразвуковым. Его принцип работы основан на излучении звуковой волны. Волна исходит от излучателя, отражается от поверхности жидкости и возвращается в приемник. Затем прибор рассчитывает время, прошедшее от передачи до приема волны, и в

зависимости от этого показателя определяет расстояние, то есть уровень жидкости в емкости. Внешний вид датчика изображен на рисунке 4.



Рисунок 4 – уровнемер NivelcoSPA-390-4

3.6 Выбор сигнализатора уровня

Для контроля критического уровня эмульсии необходимо выбрать сигнализатор уровня. Выбор производился между сигнализаторами уровня Элемер СВУ-21, ELS-R1, NivelcoRBG-405-2 и СКАТ 5С.

Таблица 5 – Сравнение сигнализаторов уровня

Датчики	Элемер СВУ-21	ELS-R1	NivelcoRBG-405-2	СКАТ 5С
Вынос чувствительной части	4 м	6 м	3 м	10 м
Предел допускаемой погрешности	± 0,5 %	± 0,3 %	± 0,2 %	± 0,5 %
Выходной сигнал постоянного тока	(4-20) мА	(4-20) мА	(4-20) мА	(4-20) мА

Продолжение таблицы 5 – Сравнение сигнализаторов уровня

Датчики	Элемер СВУ-21	ELS-R1	NivelcoRBG- 405-2	СКАТ 5С
Предельное давление	0,4 МПа	0,25 МПа	4 МПа	0,1 Мпа
Диапазон температур измеряемой среды	От минус 40 до плюс 150 °С	От минус 50 до плюс 250 °С	От минус 40 до плюс 130 °С	От минус 30 до плюс 60 °С
Степень защиты от внешних факторов	IP65	IP65	IP65	IP67
Цена	18 320 руб.	10 745 руб.	87 208 руб.	17 000 руб.

В результате анализа был выбран NivelcoRBG-405-2 [10], так как он имеет меньший предел допускаемой погрешности и больший предел допустимого давления, чем остальные сигнализаторы уровня, приведенные в таблице 5.

Данный датчик содержит внутри себя пьезоэлектрический кристалл, который возбуждает колебания внешней вилки с собственной частотой. Изменение частоты колебаний зависит от среды, в которой находится вилка, следовательно, если уровень эмульсии достигнет датчика, частота колебаний изменится и произойдет сигнализация. Внешний вид датчика изображен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сигнализатор уровня NivelcoRBG-405-2

3.7 Выбор расходомера

Для измерения расхода эмульсии в сепараторе необходимо установить расходомер. Выбор производился между расходомерами ИРВИС-РС-4М, ЛОГИКА ВЭПС-Р, Энергометрика ELUGB и RusAutomationIFMSM0510.

Таблица 6 – Сравнение расходомеров

Датчики	ИРВИС-РС-4М	Энергометрика ELUGB	ЛОГИКА ВЭПС-Р	RusAutomation IFM SM0510
Диапазон диаметров трубопровода	От 5 до 1600 мм	От 21 до 1220 мм	От 50 до 1300 мм	От 15 до 200 мм
Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,25 %	0,5 %	0,8 %
Выходной сигнал постоянного тока	(4-20) мА, HART	(4-20) мА	(4-20) мА	(4-20) мА
Диапазон температур внешней среды	От минус 20 до плюс 50 °С	От минус 50 до плюс 70 °С	От минус 10 до плюс 50 °С	От минус 25 до плюс 80 °С
Диапазон температур измеряемой среды	От минус 40 до плюс 150 °С	От минус 10 до плюс 70 °С	От минус 20 до плюс 80 °С	От минус 10 до плюс 60 °С
Степень защиты от внешних факторов	IP67	IP67	IP67	IP65
Цена	171 690 руб.	73 072 руб.	42 640 руб.	15 400 руб.

В результате был выбран Энергометрика ELUGB [11]. Так как имеет больший диапазон температур внешней среды, чем остальные датчики.

Принцип работы основан на колебаниях поршня внутри корпуса, через который проходит измеряемая эмульсия. После полного вытеснения воздуха из трубопровода, эмульсия начинает двигать поршень, а сдвинув его – уходит

в выходное отверстие, и дальше в трубу. Каждый такой ход поршня соответствует определенному установленному объему, и благодаря зубчатой передаче, движения поршня транслируются на стрелочный указатель, который и показывает объем протекшей жидкости. Внешний вид датчика изображен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Энергометр ELUGB

3.8 Выбор регулирующего клапана

Для непрерывного регулирования расхода и давления необходимо выбрать регулирующий клапан. Выбирать будем из каталога компании “Техмаркет” [12].

Для начала необходимо определить пропускную способность клапана, для этого воспользуемся методом, указанным в РТМ 108.711.02-79 [13]:

$$K_{vy} = 10^{-2} \times Q_{max} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}, \quad (1)$$

где K_{vy} – это пропускная способность клапана;

Q_{max} – значение расхода при номинальном режиме работы оборудования;

ΔP – значение перепада давления;

ρ – плотность среды.

Технические данные сепаратора С-1 НГС 1,0-2400:

- $Q_{max} = 960 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- $\Delta P = 1,5 \text{ МПа}$;
- $\rho \text{ нефти} = 900 \text{ кг/м}^3$;
- $\rho \text{ воды} = 997 \text{ кг/м}^3$.

В результате расчетов получаем значение пропускной способности клапана $K_{vy} = 203$ для воды и $K_{vy} = 214$ для нефти.

Среднее значение для эмульсии $K_{vy} = 208,5$.

Теперь нужно определить максимальную пропускную способность для газа:

$$K_{vy} = \frac{Q_{max}}{529} \times \sqrt{\frac{\rho \times T}{\Delta P \times P2}}, \quad (2)$$

где $P2$ – абсолютное давление среды;

T – абсолютная температура среды;

Технические данные для расчетов:

- ρ газа = $1,3 \text{ кг/м}^3$;
- $\Delta P = 2 \text{ МПа}$;
- $Q_{max} = 93500 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- $P2 = 4,25 \text{ МПа}$;
- $T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Значение пропускной способности для газа равно $K_{vy} = 1212$.

Следовательно, выбираем клапан со значением условной пропускной способности в 1600, так как необходимо иметь запас. В результате был выбран клапан седельный регулирующей 25ч945нж с фланцевым исполнением. Внешний вид исполнительного механизма изображен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Клапан седельный регулирующей

4 Моделирование САР уровня жидкости

В качестве алгоритма регулирования будем использовать ПИД-регулятор. Так как он является одним из наиболее распространенных и эффективных методов автоматического управления и обладает высокой точностью управления, универсальностью, простотой настройки и доступностью.

Структурная схема модели представлена на рисунке 8.

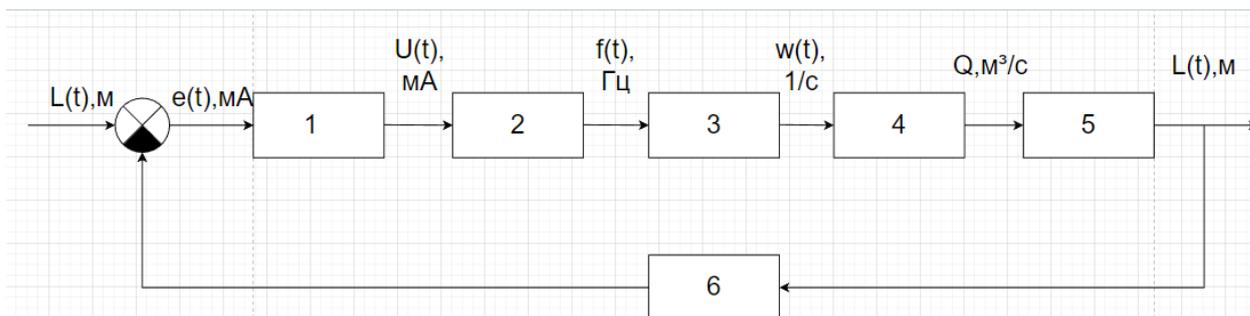


Рисунок 8 – Структурная схема САР

На рисунке 8 цифрой 1 обозначен ПИД-регулятор, 2 – частотный преобразователь, 3 – электропривод, 4 – исполнительный механизм, 5 – сепаратор, 6 – датчик уровня.

Сепаратор, представленный в данной работе, может быть описан как гидравлический резервуар, так как значение уровня в нем держится в пределах уставок, следовательно, в данном объекте не будет присутствовать какая-либо аperiodическая составляющая, а передаточная функция будет иметь следующий вид [14]:

$$W(p) = \frac{1}{S * p}, \quad (3)$$

где S – площадь поперечного сечения сепаратора.

Для облегчения расчетов примем, что форма сепаратора – параллелепипед, тогда площадь его поперечного сечения:

$$S = a * b, \quad (4)$$

где b – его ширина, а значение длины a определяется по формуле:

$$a = \frac{V}{b \cdot h}, \quad (5)$$

где V – объем сепаратора.

Таблица 7 – Значения параметров

Параметр	Значение
Высота сепаратора h , м	12,82 м
Ширина сепаратора b , м	2,4 м
Длина сепаратора a , м	1,62 м
Объем сепаратора V , м ³	50 м ³

Подставив значения в формулу 6, получаем:

$$W(p) = \frac{1}{3,88 * p}. \quad (6)$$

Передаточная функция электропривода будет описана следующей формулой [15]:

$$W_{\text{э}}(p) = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{э}}p+1}, \quad (7)$$

$$T_{\text{э}} = \frac{\omega_{\text{НОМ}}J}{M}, \quad (8)$$

$$K_{\text{дв}} = \frac{\omega_{\text{НОМ}}}{f_{\text{max}}}, \quad (9)$$

где $K_{\text{дв}}$ – коэффициент усиления двигателя;

$\omega_{\text{НОМ}}$ – номинальная частота вращения;

J – момент инерции;

M – момент вращения двигателя;

$T_{\text{э}}$ – постоянная времени двигателя;

f_{max} – максимальная частота управления.

Значения данных параметров взяты из технических характеристик электродвигателя 2ПБ200L и приведены в таблице 8 [16].

Таблица 8 – Параметры передаточной функции электропривода

Параметр	Величина
Максимальная частота управления $f_{max}, Гц$	10 Гц
Момент инерции $J, кг*м^2$	0,3 кг*м ²
Номинальная частота вращения двигателя $\omega_{НОМ}, рад/с$	800 рад/с
Номинальный момент вращения двигателя, $M_{НОМ}, Н*м$	86,88 Н*м

Подставив значения в формулу 7, получаем:

$$W_3(p) = \frac{80}{2,76p+1}. \quad (10)$$

Передаточная функция преобразователя описывается аperiодическим звеном первого порядка [17]:

$$W_{ПЧ}(p) = \frac{K_{ПЧ}}{T_{ПЧ}p+1}, \quad (11)$$

$$K_{ПЧ} = \frac{f_{max}}{I_{max}}, \quad (12)$$

$$T_{ПЧ} = \frac{T_3}{2}, \quad (13)$$

где T_3 – постоянная времени Т, определенная в формуле 8;

$K_{ПЧ}$ – коэффициент передачи преобразователя частоты;

f_{max} – максимальная частота управления;

$I_{max} = 20$ мА – максимальный ток управления.

Для нахождения коэффициента передачи частотного преобразователя воспользуемся техническими характеристиками асинхронного двигателя [16].

$$K_{ПЧ} = \frac{10}{20*10^{-3}} = 500. \quad (14)$$

Найдем передаточную функцию преобразователя частоты, подставив значения в формулу 15:

$$W_{ПЧ}(p) = \frac{500}{1,38p + 1}. \quad (15)$$

Исполнительный механизм (задвижку) опишем интегральным звеном, так как выходная величина в данном случае – это перемещение, а оно, в свою очередь, является интегралом от скорости вращения:

$$W_3(p) = \frac{1}{p}. \quad (16)$$

ПИД-регулятор описывается следующей передаточной функцией:

$$W_{ПИД}(p) = K + \frac{1}{T_i p} + T_d p. \quad (17)$$

Воспользуемся программным пакетом Matlab Simulink, чтобы построить структурную схему данной системы, подобрать коэффициенты ПИД-регулятора, а также получить переходную характеристику.

Структурная схема системы изображена на рисунке 9.

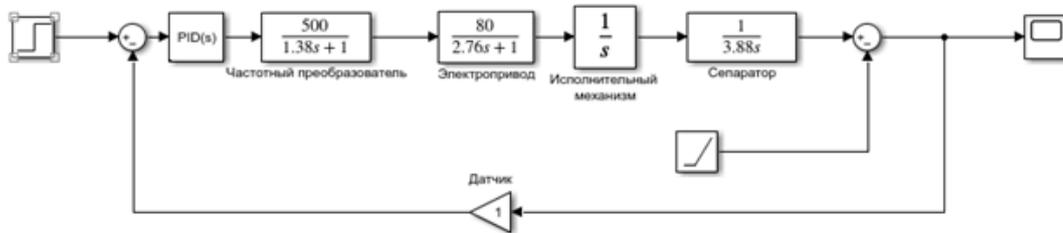


Рисунок 9 – Структурная схема системы

Для подбора коэффициентов ПИД-регулятора воспользуемся функцией автонастройки в Simulink, в результате чего получим следующие коэффициенты: $K_p = 3.5$, $K_I = 2.4$, $K_D = 1.18$.

Переходная характеристика системы представлена на рисунке 10.

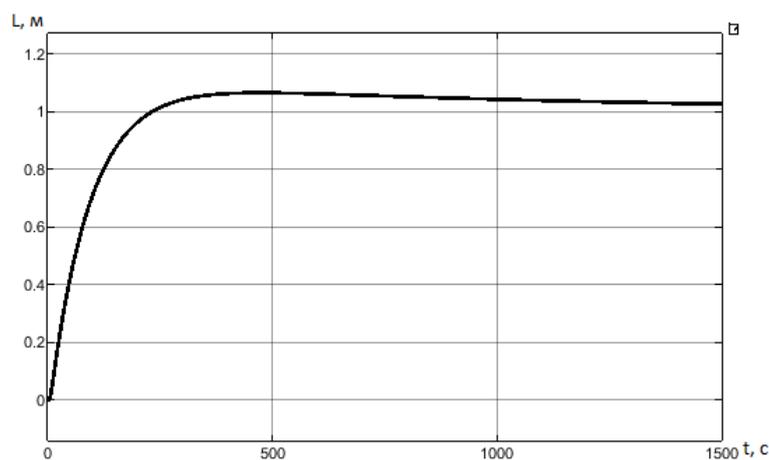


Рисунок 10 – Переходная характеристика системы

В результате моделирования была получена переходная характеристика с временем переходного процесса 234 с.

5 Разработка экранных форм АСУ

Разработка экранных форма АСУ была произведена в программе TraceMode. На рисунке 11 изображена мнемосхема сепаратора первой ступени. На мнемосхеме отображен сам сепаратор, трубопроводы, задвижки, и степени их открытия, значения расходомеров, текущие и заданные значения давления и уровня, а также значение температуры.

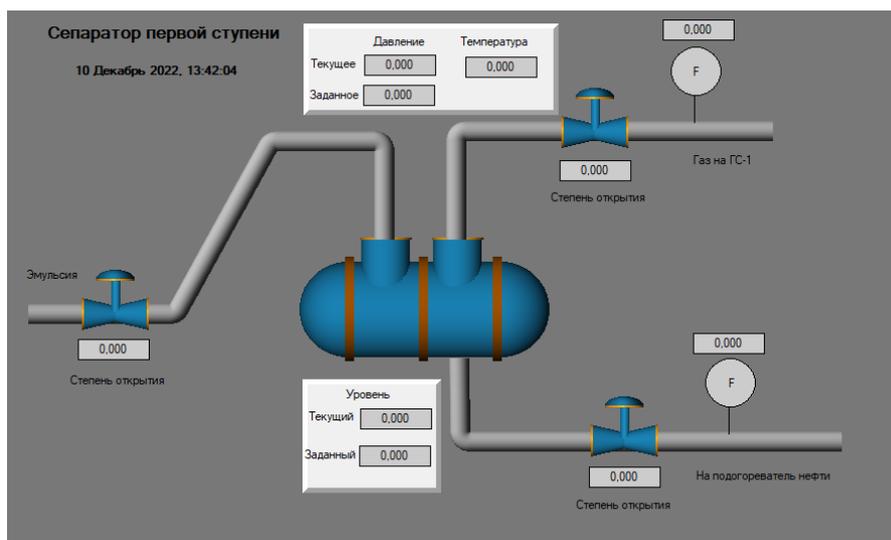


Рисунок 11 – Экранная форма управления сепаратором

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т91	Лесных Глебу Игоревичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 АТПШ

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение назначения объекта и определение целевого рынка
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработка НИР на этапы, составление графика работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка технико-экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГ ШИП	Жиронкин Сергей Александрович	д.э.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Лесных Глеб Игоревич		

6 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

6.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления двухфазным нефтегазовым сепаратором первой ступени установки подготовки нефти.

6.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проектируемая АСУ ТП	Существующая система управления	Конкурентная АСУ ТП	Проектируемая АСУ ТП	Существующая система	Конкурентная АСУ ТП
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,12	5	2	4	0,6	0,24	0,48
Удобство в эксплуатации	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
Устойчивость	0,12	4	2	3	0,48	0,24	0,36
Энергоэкономичность	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
Надежность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4

Продолжение таблицы 9 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы	Конкурентоспособность	5	0,5	0,3	0,5
Простота эксплуатации	0,08	Проектируемая АСУ ТП	Существующая система управления	Конкурентная АСУ ТП	Проектируемая АСУ ТП	Существующая система	Конкурентная АСУ ТП
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,05	3	1	3	0,2	0,05	0,15
Уровень проникновения на рынок	0,05	2	3	3	0,15	0,15	0,15
Цена	0,1	4	5	2	0,4	0,5	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Условия проникновения на рынок	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
Итого	1	51	34	46	4,4	2,81	3,81

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая автоматизированная система двухфазного нефтегазового сепаратора является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, более низкая устойчивость и надежность, высокая цена и низкий срок эксплуатации.

6.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ – это метод планирования и инструмент для оценки внешних и внутренних факторов, от которых зависит, как компания или отдельный продукт будут развиваться на рынке.

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 10.

Таблица 10 – SWOT-анализ.

	Сильные стороны: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Низкая стоимость. С3. Актуальность разработки	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования.
Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок	Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов.	Санкции, наложенные на РФ, и высокий курс евро/доллара будут ограничивать появление новых иностранных технологий на российском рынке.

Продолжение таблицы 10 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Экономичность и энергоэффективность проекта.</p> <p>С2. Низкая стоимость.</p> <p>С3. Актуальность разработки</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Отсутствие работающего прототипа.</p> <p>Сл2. Большой срок поставок оборудования.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии.</p> <p>У2. Развитая конкуренция.</p> <p>У3. Сложность перехода на новую систему.</p>	<p>Новая система управления и актуальность разработки не сказываются на спросе</p>	<p>Сложность перехода на новую систему в совокупности с большим сроком поставок оборудования можно пагубно отразиться на сроках реализации проекта</p>

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Таблица 11 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	+
	B2	-	+	+

Таблица 12 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	-
	B2	-	-

Таблица 13 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	+	-
	У3	+	+

Таблица 14 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	-	-

В результате построения интерактивных матриц можно увидеть, что сильные стороны не пересекаются с угрозами, а слабые с возможностями, что свидетельствует о целесообразности исполнения проекта.

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человекоднях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 15.

Таблица 15 – Этапы дипломной работы

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность
Разработка задания на ВКР	1	Составление и утверждение задания	Р
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по теме	Р, С
	3	Разработка и утверждение ТЗ	Р, С
	4	Календарное планирование работ	Р, С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурных и функциональных схем	С
	6	Описание алгоритмов пуска и останова сепаратора	С
	7	Выбор технических средств автоматизации	С
	8	Моделирование САР уровня жидкости в сепараторе	С
	9	Разработка экранных форм	С
Оформление отчета	10	Составление пояснительной записки	С

6.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни.

В таблице 16 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 16 – Временные показатели проведения работ

№ раб.	Исполнители	T_{min} , чел-дн.	T_{max} , чел-дн.	$T_{ож}$, чел-дн.	T_p , раб.дн	T_k , кал.дн
1	Р	1	2	1,4	1,4	2
2	Р, С	1	2	1,4	0,7	1
3	Р, С	2	3	2,4	1,2	2
4	Р, С	1	2	1,4	0,7	1
5	С	2	3	2,4	2,4	3
6	С	5	10	7	7	10
7	С	2	3	2,4	1,2	3
8	С	3	6	4,2	2,1	6
9	С	3	6	4,2	2,1	6
10	С	1	2	1,4	1,4	2
Итог:						36

На основе таблицы 16 построим график работ с помощью диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Результат построения диаграммы изображен на рисунке 12.

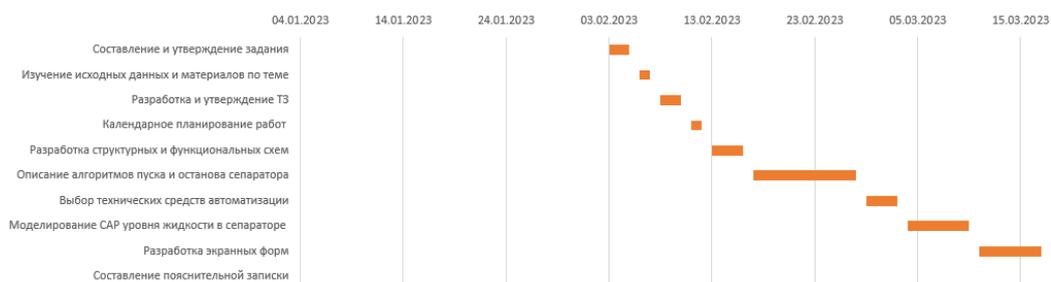


Рисунок 12 – Диаграмма Ганта

6.3 Бюджет научно-технического исследования

6.3.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхи}, \quad (18)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем равным 20%.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Контроллер ОВЕН ПЛК 200	Шт.	1	48840	58608
Датчик температуры ЭЛЕМЕР ТПУ-205	Шт.	1	4500	5400
Датчик давления Теплоприбор А-10	Шт.	1	8465	10158
Уровнемер NivelcoSPA-390-4	Шт.	1	60503	72604
Сигнализатор уровня NivelcoRBG-405-2	Шт.	1	87208	104650

Продолжение таблицы 17 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Расходомер Энергометрика ELUGB	Шт.	2	73072	175373
Регулирующий клапан 25ч945нж	Шт.	3	55700	200520
Итого				713155

6.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$Z_n = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (19)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_p, \quad (20)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m + M}{F_d}, \quad (21)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	36	36
Количество нерабочих дней:		
выходные дни	12	12
праздничные дни	2	2
Потери рабочего времени:		
отпуск	0	0
невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	22	22

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = (Z_{mc} + (1 + k_{np} + k_\partial)) * k_p, \quad (22)$$

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

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от Z_{mc});

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

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

В таблице 19 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{мс}$, руб.	k_d	k_{np}	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель								
	15000	0,35	4500	1,3	25351,76	1152,35	6	6914, 12
Студент								
	4200	0,35	1260	1,3	7099,76	322,7	34	1097 2,35

В таблице 20 представлена общая заработная исполнителей работы.

Таблица 20 - Общая заработная

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{дон}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	6914,12	898,83	7812,95
Студент	10972,35	1426,4	12398,75

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = Z_{осн} * k_{дон}, \quad (23)$$

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

6.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина этих отчислений определяется по формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{дон}), \quad (24)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В таблице 21 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	6914,12	898,83
Студент	10972,35	1426,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	6164,558	

6.3.4 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (25)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 3233,872руб.

6.3.5 Формирование бюджета затрат проекта

В таблице 22 приведено определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект.

Таблица – 22 Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	713155
Затраты по основной заработной плате	17886,47
Затраты по дополнительной заработной плате	2325,23
Отчисления во внебюджетные фонды	6164,558
Накладные расходы	3233,872
Итого	742765,13

6.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ni}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (26)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Для определения эффективности были рассмотрены следующие аналоги:

- Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией АО «Элеси-Про». Система АСУ ТП разработана на базе контроллера ЭЛСИТМК и датчиков Yokogawa.
- Аналог 2 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией АО «Промышленная Автоматизация». Система АСУ ТП разработана на базе контроллеров Siemens Simatic и датчиков Элемер.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов приведена в Таблице 23.

Таблица 23 – Смета бюджетов для рассмотренных аналогов

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб.	742 765	~ 1 000 000	~ 900 000

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для трех систем:

$$I_{финП}^{исп.i} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{MAX}} = \frac{742\,765}{1\,000\,000} = 0,74; \quad (27)$$

$$I_{финА1}^{исп.i} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{MAX}} = \frac{1\,000\,000}{1\,000\,000} = 1; \quad (28)$$

$$I_{финА2}^{исп.i} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{MAX}} = \frac{900\,000}{1\,000\,000} = 0,9. \quad (29)$$

Далее определим интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (30)$$

где a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения; b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения, устанавливается экспертным путем.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в Таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Реализованный проект	Аналог №1	Аналог №2
Безопасность	0,25	4	5	4
Надежность	0,20	5	4	5
Экономичность	0,15	5	4	4
Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5
Повышение производительности	0,25	5	4	4
Итого	1	4,6	4,2	4,35

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

$$I_{ИСП1} = \frac{I_{РП}}{I_{финРП}^{исп.i}} = \frac{4,6}{0,74} = 6,21; \quad (31)$$

$$I_{ИСП2} = \frac{I_{A1}}{I_{финA1}^{исп.i}} = \frac{4,2}{1} = 4,2; \quad (32)$$

$$I_{ИСП3} = \frac{I_{A2}}{I_{финA2}^{исп.i}} = \frac{4,35}{0,9} = 4,83. \quad (33)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Результат сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа (Таблица 25) получены с помощью формулы:

$$\mathcal{E}_{CP} = \frac{I_{ИСП1}}{I_{ИСП2}}. \quad (34)$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель	0,74	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,6	4,2	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	6,21	4,2	4,83
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,48	1	1,29

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами как по финансовой эффективности, так и по ресурсной эффективности.

6.5 Выводы по разделу

Таким образом, в ходе выполнения раздела были применены различные аналитические инструменты и расчеты, с помощью которых были решены следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, определение потенциальных потребителей и выявление конкурентных преимуществ разработки, а именно: повышение надежности, безопасности и производительности, а также более низкая цена;
- составление SWOT-анализа, в котором были определены стратегии по использованию возможностей и нивелированию угроз и слабых сторон;
- проведено планирование научно-исследовательских работ, расчет трудозатрат и составлен календарный план-график проекта, определена ресурсная, финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективности исследования.

С учетом решенных задач можно сделать вывод о том, что проект является конкурентноспособным и более ресурсоэффективным по сравнению с имеющимися аналогами на рынке.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т91	Лесных Глебу Игоревичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 АТПП

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования:</i> двухфазный сепаратор первой ступени (С-1) на установке подготовки нефти <i>Область применения:</i> нефтегазовая отрасль, автоматизация технологических процессов <i>Рабочая зона:</i> полевые условия <i>Размеры помещения (климатическая зона):</i> 20*30 м (климатическая зона 2) <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> двухфазный нефтегазовый сепаратор, щит управления <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> холодная сепарация нефти с выделением попутного нефтяного газа из жидкости</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. ТК РФ Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Поражение электрическим током.</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень шума;</p> <p>2. Недостаток необходимого искусственного освещения.</p> <p>3. Наличие электромагнитного поля промышленной частоты.</p> <p>4. Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: не оказывает</p> <p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы нефтепродуктами при аварии</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение водоемов нефтью при аварии</p>

	Воздействие на атмосферу: выбросы в атмосферу попутного нефтяного газа
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (отказ системы безопасности, нарушение контроля и управления процессом сепарации нефти, разгерметизация нефтегазоносных труб, разгерметизация сепаратора по причине избыточного давления газа)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: Разгерметизация нефтегазоносных труб</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Лесных Глеб Игоревич		

7 Социальная ответственность

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является двухфазный нефтегазовый сепаратор 1-ой ступени сепарации на установке подготовки нефти (УПН) буряного месторождения. Сепаратор применяется для отделения эмульсии от попутного нефтяного газа.

Целью данной работы является разработка эффективной автоматизированной системы управления двухфазным нефтегазовым сепаратором. Рабочей зоной являются полевые условия для сепаратора и диспетчерская. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: нефтегазовый двухфазный сепаратор, блочный щит управления, программируемый логический контроллер, датчики КИПиА. Объект расположен в Каргасокском районе Томской области. Размеры рабочей зоны: 20*30 м. Рабочие процессы, выполняющиеся на объекте: холодная сепарация нефти с выделением попутного нефтяного газа из жидкости. Конечным пользователем разрабатываемой АСУ ТП являются операторы технологической установки.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В главе 47 трудового кодекса Российской Федерации отражены основные особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом [18].

Работа оператора АСУ ТП относится ко второй категории тяжести труда. Ей соответствует высокая степень монотонности нагрузок, большое количество времени нахождения в фиксированном положении, высокая цена ошибки, а также высокие сенсорные нагрузки.

Согласно трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ [19] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежедневно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ [19] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

7.1.1 Производственная безопасность

Целью производственной безопасности является проведение организационных мероприятий, а также обеспечение сотрудников техническими средствами для предотвращения или уменьшения вероятности воздействия опасных и вредных факторов, возникающих в процессе производственной деятельности и оказывающих пагубное влияние на здоровье сотрудников.

В данной работе будет проанализировано влияние электромагнитного излучения, микроклимата помещения, освещенности рабочей зоны, а также шума.

Перечень опасных и вредных факторов, описанных в разделе, приведен согласно ГОСТ 12.0.003- 2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и представлен в Таблице 26 [20].

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные факторы на АРМ оператора АСУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Наличие электромагнитного поля промышленной частоты	СП 2.2.3670-20. «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [21]
Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [22]
Недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение [23]
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [24]

Продолжение таблицы 26 – Возможные опасные и вредные факторы на АРМ оператора АСУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой) [25]

Работа оператора АСУ ТП производится в замкнутом помещении с использованием ПЭВМ, поэтому воздействия вредных веществ на работающего не происходит, однако необходимо создать оптимальные условия труда, а также учесть требования пожарной безопасности.

7.1.2 Наличие электромагнитного поля промышленной частоты

Источниками электромагнитного излучения, оказывающими влияние на организм работника, являются компоненты ПЭВМ, такие как: системный блок, электрические кабели.

Электромагнитные волны приводят к угнетению центральной нервной системы (замедление реакции, ухудшение памяти, повышенная возбудимость, головокружение, слабость), сердечно-сосудистой системы (снижение ЧСС, изменение артериального давления), эндокринной системы, нарушению морфологического состава крови.

Для того, чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным требованиям, описанным в СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [21]. Для снижения воздействия данного типа излучения предпринимают меры:

- Установка расстояния от монитора до работника не менее 50 см;

- Применение специализированных очков, защищающих от влияния электромагнитного излучения.

Предельно допустимые уровни воздействия магнитных полей на человека указаны в таблице 27 [21].

Таблица 27 – Предельно допустимые уровни воздействия магнитных полей

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н/В при воздействии	
	Общем	Локальном
1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

7.1.3 Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны

Микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды, определяемые действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также температуры поверхностей технологического оборудования.

Низкая влажность воздуха сушит кожу, слизистые оболочки. В горле, носу, глазах может появляться сухость и неприятные ощущения. Человек становится уязвимым для вирусов и бактерий. Избыточная же влажность может вызывать обострение сердечно-сосудистых заболеваний.

Высокая температура воздуха приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей, оказывает пагубное влияние на сердечно-сосудистую систему. Низкая же температура приводит к потере тепла организмом, снижает мышечную силу и скорость реакции.

Нормативные требования к параметрам микроклимата на рабочих местах установлены СанПиН 1.2.3685-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [22].

В таблице 28 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 1.2.3685-21 таблица 5.2 [22].

Таблица 28– Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с
			Для температур ниже оптимальных	Для температур выше оптимальных	
Холодный	(20,0 - 21,9) °С	(24,1 - 25,0) °С	(19,0 - 26,0) %	(15 – 75) %	0,1 м/с
Теплый	(21,0 - 22,9) °С	(25,1 - 28,0) °С	(20,0 - 29,0) %	(15 - 75) %	0,2 м/с

7.1.4 Недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточная освещенность рабочих мест может являться причиной снижения производительности и качества работы, получения производственных травм. Поэтому качественный свет – залог безопасной работы. Он повышает трудоспособность и снижает риск травматизма на рабочем месте. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения

сопровождаются снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза. Работа оператора АСУ относится к IV разряду зрительной работы (средней точности). В таблице 29 приведены нормы освещённости помещения для данного разряда [23].

Таблица 29 – Нормы освещенности помещения

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

7.1.5 Повышенный уровень шума

Основным источником шума на установке подготовки нефти является электродвигатель регулирующего клапана, а также движение эмульсии через трубопроводы при открытии и закрытии задвижек. Чрезмерный шум может стать причиной нервного истощения, психической угнетённости, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой систем.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии СП 51.13330.2011 [24]. Согласно таблицы 1 данного документа при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 75 дБА.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со

среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 30 согласно СП 51.13330.2011 Таблица 1 [24].

Таблица 30 – Допустимые значения звукового давления

Помещения	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения управления	93	79	70	63	58	55	52	50	49	65

7.1.6 Поражение электрическим током

Различные электрические установки, к которым относятся персональные компьютеры и измерительная аппаратура, несут для человека высокую потенциальную опасность поражения электрическим током. Во время использования или при проведении профилактических работ возможно поражение током, при соприкосновении с нетоковедущими частями, оказавшимися под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПК), либо при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением.

Протекание электрического тока через органы человека может вызвать остановку сердца, дыхания; разрывы мышц, поражение мозга, ожоги.

Также имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках ПК (блоке питания и блоке дисплейной развертки). В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается.

В качестве защиты используются изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания.

7.2 Экологическая безопасность

Рассмотрим характер влияния эксплуатируемого объекта на атмосферу, литосферу, гидросферу и селитебную зону.

Атмосфера. Попутный газ, являющий собой легкие фракции углеводородов, высвобождается из установки через уплотнительные кольца в местах стыков трубопроводов и сепаратора. Для предотвращения утечек газа, необходимо постоянное наблюдение за значениями технологических параметров и своевременное устранение неполадок, и замену вышедшего из строя оборудования. Предельно допустимая концентрация газа в воздухе жилой зоны 300 мг/м^3 .

Литосфера. В случае аварии влияние на литосферную зону оказывает розлив нефти. При загрязнении нефтепродуктами почв, изменяется ряд их признаков и свойств. В первую очередь терпят изменения физические свойства, которые оказывают влияние на морфологические признаки почв, нарушается воздухообмен в почве, затрудняется поступление воды и, соответственно, различных питательных веществ, необходимых для обеспечения жизнедеятельности организмов почвы. Нарушение растительного покрова оказывает влияния на другие элементы экосистемы. Для нейтрализации загрязненного нефтепродуктами грунта требуется вывозить его в места, согласованные с санитарной инспекцией для последующих нейтрализации и закапывания. Все предметы, имевшие контакт с нефтяными отходами, подлежат уничтожению путем сжигания в местах, согласованных с пожарным надзором. Для предотвращения загрязнения почвы необходимо проводить грамотную политику по утилизации образующихся отходов.

Гидросфера. Розлив нефти также оказывает влияние и на водоемы. Растекаясь по водной поверхности, нефть загрязняет большие площади водоёмов. Общеизвестно, что единица объёма нефти способна загрязнить объём воды в тысячу раз превосходящий её. Таким образом, 1 л нефти наносит ущерб 1000 м^3 воды. Причиной тому является содержание в ней ПАВ

(поверхностно-активных веществ). Они способствуют образованию стабильных нефтеводных эмульсий. Образующаяся при растекании нефтепродуктов тонкая нефтяная плёнка препятствует воздухообмену, при этом оказывая негативное влияние на растительный и животный мир. Растворимость нефти в воде незначительна, поэтому накопление нефтепродуктов происходит в первую очередь на поверхности и на дне водоемов. При толщине нефтяной пленки более 0.1 мм замедляются процессы как проникновения атмосферного кислорода в воду, так и удаления из воды углекислоты. С целью недопущения загрязнения водоемов нефтепродуктами необходимо использовать имеющиеся на площадке очиститель воды ОВ-1 и отстойник нефти ОН-1. Качество воды водоемов и водотоков по гидробиологическим и микробиологическим показателям нормируется стандартом ГОСТ 17.1.3.07-82 «Правила контроля качества воды водоемов и водотоков» [25].

Селитебная зона. Эксплуатация данной установки не оказывает влияния на селитебную зону, так как находится на большом удалении от населенных пунктов.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Самой распространенной ЧС на установке подготовки нефти при эксплуатации нефтегазового двухфазного сепаратора является разгерметизация нефтегазоносных труб, что влечет за собой утечку жидких нефтепродуктов. В качестве методов ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов используют механический, физико-химический, термический и биологический методы.

Термический метод, применяемый при большой толщине нефтяного слоя после загрязнения до начала образования эмульсий с водой, основан на выжигании слоя нефти. Он достаточно хорошо сочетается с другими методами ликвидации разливов.

Механический метод. Примером такого способа может послужить сбор нефтепродукта скиммерами, предназначенными для сбора нефти непосредственно с поверхности воды.

Физико-химический метод использует диспергенты и сорбенты и эффективен в случае, когда механический сбор невозможен, к примеру, при маленькой толщине пленки и когда разлившееся пятно нефтепродуктов грозит реальной угрозой экологически уязвимым районам.

Биологический метод применяется после физико-химического и механического методов при толщине слоя не менее 0,1 мм. Технология очистки нефтезагрязненной воды и почвы – биоремедиация, в ее основе лежит использование специальных, микроорганизмов на основе окисления углеводорода или биохимических препаратов.

7.4 Вывод по разделу

В данном разделе выпускной квалификационной работы было определено, что, согласно правилам устройства электроустановок, установка подготовки нефти является объектом повышенной опасности (II категория). Группа персонала по электробезопасности согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок должна иметь III группу по электробезопасности.

Таким образом, в ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» было определено, что, согласно правилам устройства электроустановок, установка подготовки нефти является объектом повышенной опасности (II категория). Группа персонала по электробезопасности согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок должна иметь III группу по электробезопасности.

Согласно СП 12.13130.2009, помещение рабочей зоны относится к категории А (повышенная взрывопожароопасность) в связи с легковоспламеняющимися жидкостями, обращающихся в помещении [26].

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [22] определена Ia категория тяжести труда, это работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/час.

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

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана и спроектирована система автоматизированного управления двухфазным нефтегазовым сепаратором первой ступени на установке подготовки нефти Буранного месторождения. На основании технического задания и технологического регламента была разработана функциональная схема технологического процесса, функциональная схема автоматизации, а также схема внешних проводок.

Помимо этого, был произведен сравнительный анализ и выбор датчиков, контроллера и исполнительного механизма. Все оборудование было выбрано на основе технических требований и технического задания.

Также была разработана математическая модель САР уровня жидкости в сепараторе, выбран алгоритм регулирования, получена переходная характеристика и время переходного процесса.

Таким образом, спроектированная автоматизированная система управления двухфазным нефтегазовым сепаратором удовлетворяет всем параметрам технического задания. Гибкая и функциональная система позволяет наращивать, модернизировать систему.

Список литературы

1. ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)[Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/120013606>
2. ГОСТ Р 8.595-2004. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений. – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200038229>.
3. ГОСТ 21.408-93. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – [Электронный ресурс] – URL : <https://docs.cntd.ru/document/9055766>.
4. ГОСТ 21.404-85. Обозначения условные приборов и средств автоматизации на схемах. – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901706033>.
5. ОВЕН. ПЛК 200 контроллер для малых и средних систем автоматизации. – [Электронный ресурс] – URL: <https://owen.ru/product/plk200>.
6. Термометр сопротивления тип Элемер ТПУ-205. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-temperature/termopreobrazovately-s-unifitsirovannym-vykhodnym-signalom/tpu-205-tkhkhu-205/>.
7. Датчик давления Теплоприбор А-10. – [Электронный ресурс] – URL: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/datchik-preobrazovatel-davleniya-a-10/>
8. Ультразвуковой уровнемер жидкости NivelcoSPA-390-4. – [Электронный ресурс] – URL: https://rusautomation.ru/catalog/ultrazvukovoy_datchik_urovnya_easytrek_spa_390_4/.
9. Сигнализатор уровня вибрационный NivelcoRBG-450-2. – [Электронный ресурс] – URL: https://rusautomation.ru/catalog/datchik_urovnya_vibratsionnyy_rbg_405_2/

10. Вихревой расходомер Энергометрика ELUGB. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.energometrika.ru/catalog/elugb-vikhrevoyraskhodomer.html>
11. Каталог запорно-регулирующей арматуры. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.techmarcet.ru/klapany-reguliruyushchie/klapany-s-ehlektroprivodami/>.
12. Э.Е.Благов, И.И.Айзенштат Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики/ Э.Е.Благов, И.И.Айзенштат — 1. — Москва: Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт атомного энергетического машиностроения, 1979 — 137 с.
13. Нетушил А. В. Теория автоматического управления / А. В. Нетушил – Москва: Высшая школа, 1969 – 424 с.
14. Михайлов О. П. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы / О. П. Михайлов, Р. Т. Орлова, А. В. Пальцев. – Москва: Высшая школа, 1989 – 111 с.
15. Электродвигатели 2ПБ. – [Электронный ресурс] – URL: https://energo1.com/catalog/elektrodvigateli_postoyannogo_toka/elektrodvigateli_postoyannogo_toka_serii_2p/elektrodvigateli_serii_2pb/.
16. Фащиленко. В. Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий / В. Н. Фащенко – Москва: Издательство «Горная книга», 2011 – 260 с.
17. ТК РФ Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом. – [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/b28df2870d3c3b2aeb65f905c59c7ddc1b139dd0/.
18. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. В силу с 01.03.2023) – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.consultant.ru/document/>.

19. ГОСТ 12.0.003- 2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>.

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

21. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.

22. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>

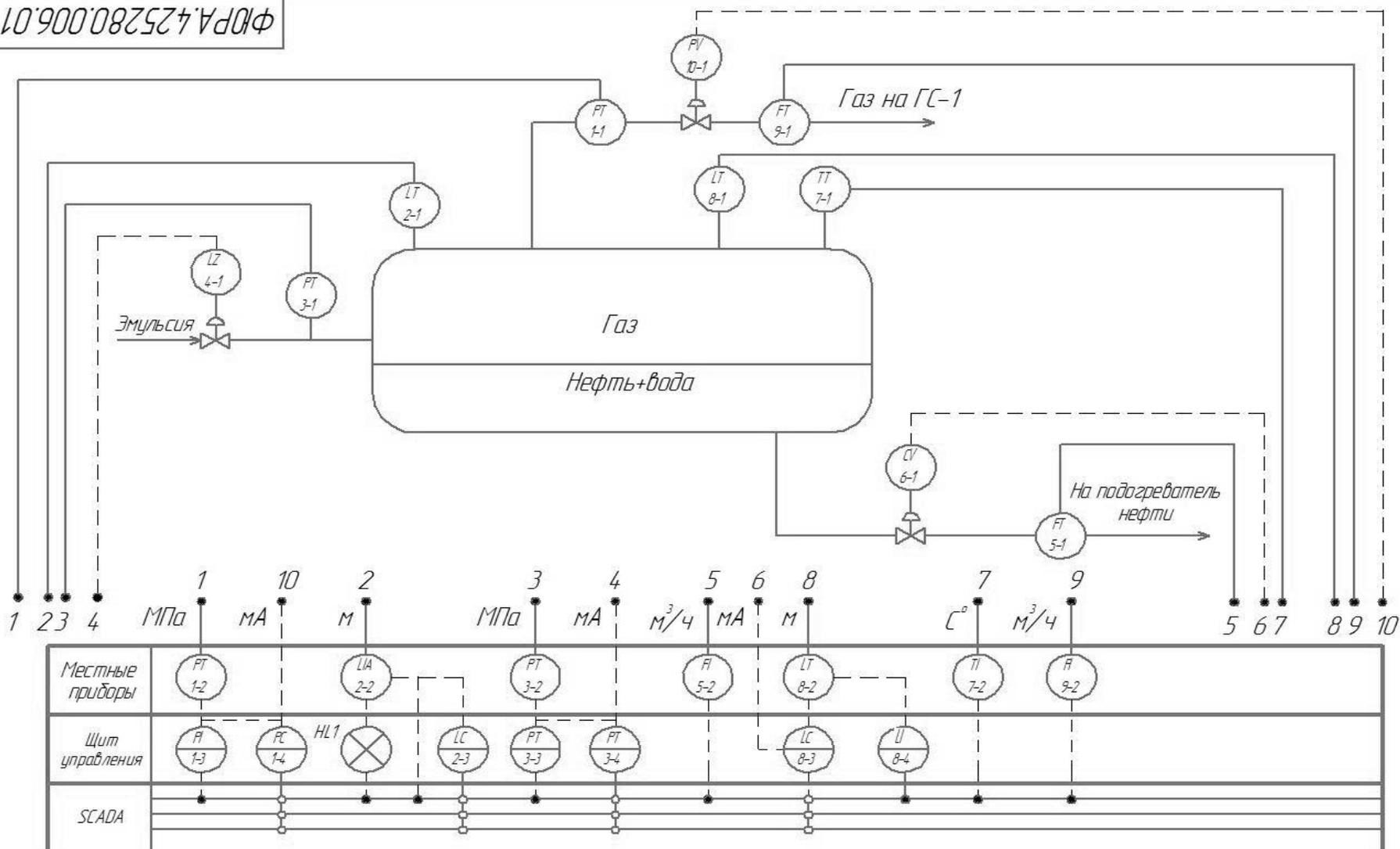
23. СП 51.13330.2011. Защита от шума. – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>

24. ГОСТ 17.1.3.07-82. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012472>.

25. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>

Приложение А
(обязательное)
Функциональная схема технологического процесса

Приложение Б
(обязательное)
Функциональная схема автоматизации



ФЮРА.425280.006.01			
Функциональная схема автоматизации			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лесных Г.И.		
Проб.	Семенов Н.М.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
		Лист	Листов 1
ТПУ ИШИТР Группа 8Т91			
Формат А3			

Приложение В
(обязательное)
Закладная датчика давления

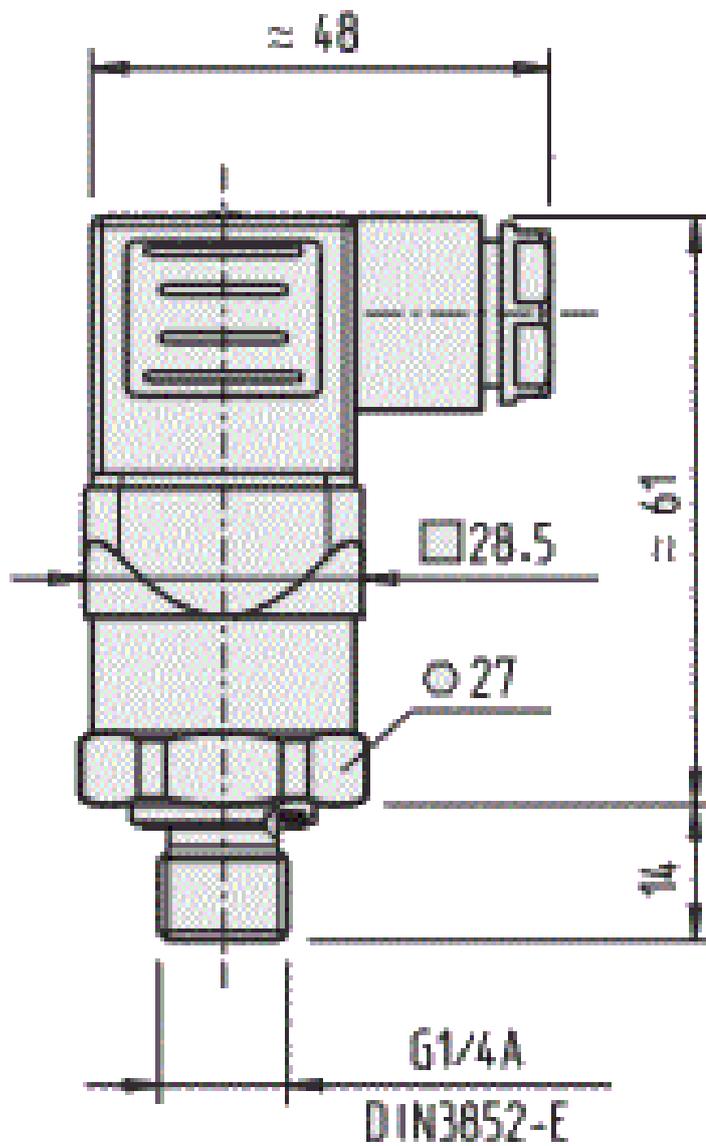


Рисунок В.1 – Закладная датчика давления

Приложение Г
(обязательное)
Трехуровневая схема автоматизации

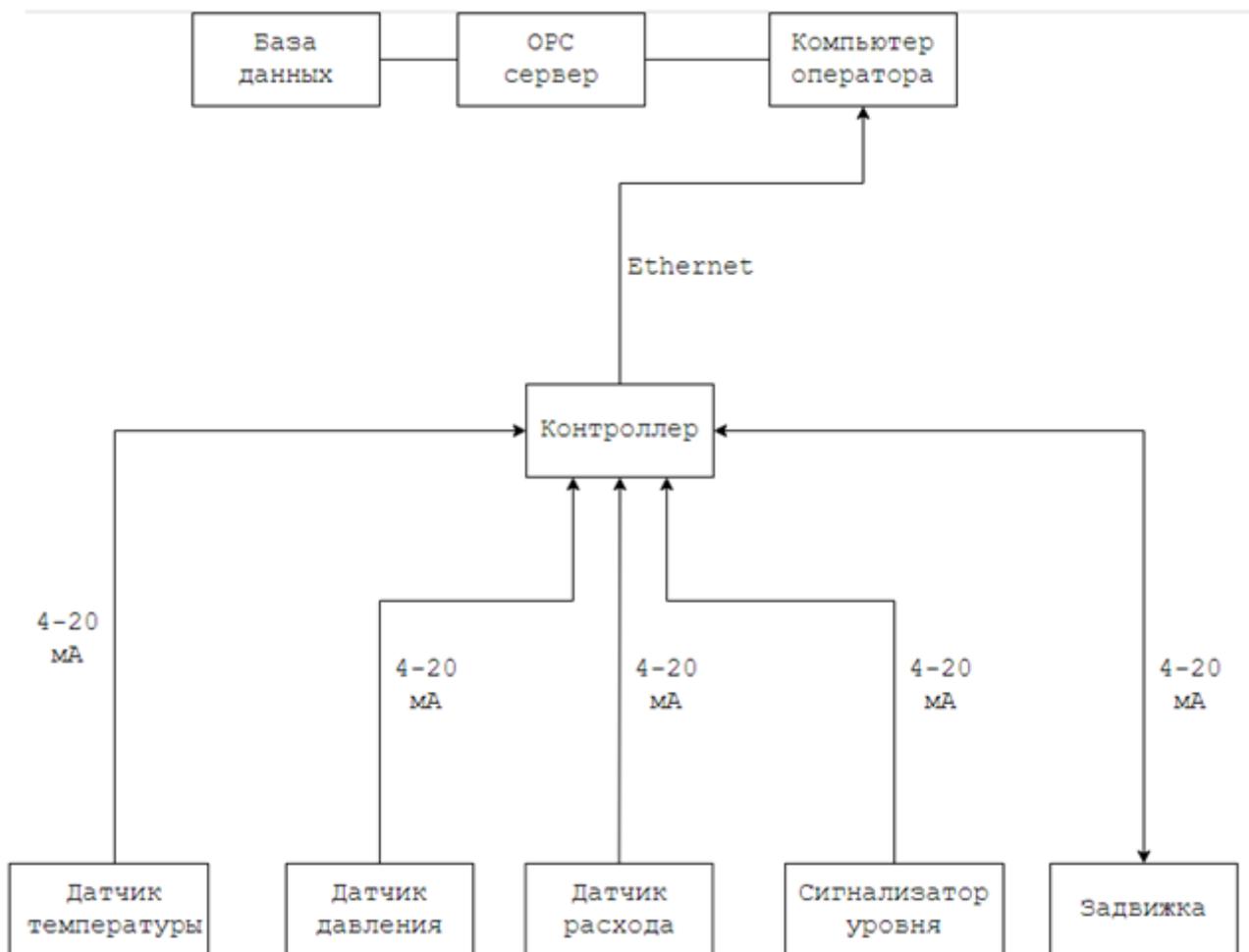


Рисунок Г.1 – Трехуровневая схема автоматизации

**Приложение Д
(обязательное)
Схема соединения внешних проводок**

ФЮРА.425280.006.01

Параметр	Давление		Уровень		Температура	Расход нефти	Расход газа
Место импульса	На входе сеп-ра	На выходе сеп-ра	Сепаратор	Сепаратор	Сепаратор	На выходе сеп-ра	На выходе сеп-ра
Тип датчика	A-10	A-10	Nivelco SPA	Nivelco SPA	ТПУ-205	ELUGB	ELUGB
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1

Лист: примеч.

Справ. №

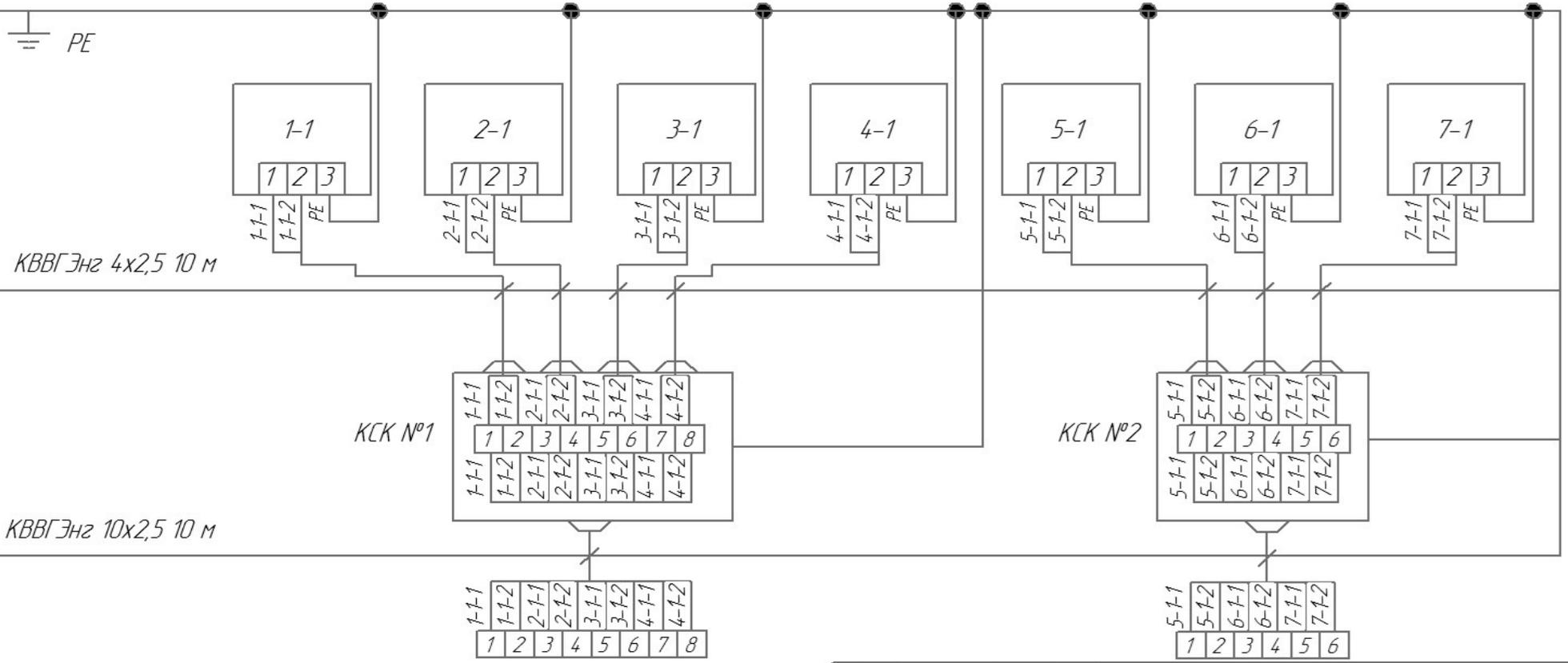
Лист: и дата

Инд. № докл.

Взам. инв. №

Лист: и дата

Инд. № посл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лесных Г.И.			
Проб.	Семенов Н.М.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.425280.006.01

Схема внешних проводов

Лист	Масса	Масштаб
у		1:1
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т91
Формат А3

Копировал