

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
Разработка автоматизированной системы блока сепаратора второй ступени установки комплексной подготовки нефти

УДК 004.896:622.767.63:622.279.8.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Зарницын А. Ю			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИН	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		
Руководитель ОАР	Леонов С.В	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Уровень образования – бакалавр
Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2018/2019 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)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООП ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Воронин А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы блока сепаратора второй ступени установки комплексной подготовки нефти
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (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>Объект исследования: трехфазный сепаратор. Цель работы: Повышение качества процессов и обеспечение экономической выгоды. Режим работы: непрерывный.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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>Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводок; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранных форм АС;</i>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013;</i> <i>структурная схема;</i> <i>схема соединения внешних проводок;</i> <i>схема информационных потоков;</i> <i>экранные формы;</i> <i>алгоритм поддержания давления в трёхфазном сепараторе</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Зарницын Александр Юрьевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович

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

Тема ВКР:

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. «Портрет» потребителя 2. Оценка конкурентоспособности ИР 3. Матрица SWOT 4. Модель Кано 5. ФСА диаграмма 6. Оценка перспективности нового продукта 7. График разработки и внедрения ИР 8. Инвестиционный план. Бюджет ИП 9. Основные показатели эффективности ИП 10. Риски ИП	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Конотопский В.Ю	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович

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

Тема ВКР:

Разработка автоматизированной системы блока сепаратора второй ступени установки комплексной подготовки нефти	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является автоматизированная система управления второй ступенью сепарации УКПН. Данная установка используется в нефтегазовой области для разделения нефтяной эмульсии на фракции.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014); СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"; Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.</i>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>Анализ выявленных опасных факторов:</i> - повышенный шум - освещенность - отклонение микроклимата от нормы - электробезопасность - электромагнитные излучения

3. Экологическая безопасность:	- анализ воздействия выделившихся паров газа в процессе продувки и сжигания их в атмосферу - анализ попадания бурового раствора и вод закачиваемых в пласт на окружающую среду
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения – пожар, взрыв.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Толстогузов Юрий Викторович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 99 страниц, 27 рисунков, 27 таблиц, 1 списка использованных источников из 29 наименований и 7 приложений.

Объектом исследования является блок второй ступени сепарации установки комплексной подготовки нефти.

Цель работы – разработка автоматизированной системы, позволяющей контролировать объект с помощью промышленного контроллера и производить управление технологическим процессом через выбранную SCADA – систему.

В данной работе была разработана автоматизированная система управления и контроля технологического процесса, спроектированная на основе отечественного оборудования, с применением промышленного контроллера ОВЕН и системы MasterSCADA. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сделает ведение технологического процесса более безопасным для жизни людей.

Содержание

Реферат	9
1 Техническое задание	16
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП	16
1.2 Требования к составу системы	16
1.3 Требования к системе	17
1.3.1 Требования к системе в целом	17
1.3.2 Требования к техническому обеспечению	17
1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению	17
1.3.4 Требования к программному обеспечению	17
1.3.5 Требования к математическому обеспечению	18
1.3.6 Требования к информационному обеспечению	19
2 Описание технического процесса	20
2.1 Описание технологического процесса работы УКПН	20
2.2 Описание технологического процесса второй ступени сепарации	20
2.3 Разработка структурной схемы	22
2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации	24
2.5 Разработка схемы информационных потоков	25
2.6 Разработка схемы внешних проводок	27
3 Выбор аппаратной части автоматизированной системы	29
3.1 Выбор контроллерного оборудования	29
3.2 Выбор датчика давления	31
3.3 Выбор уровнемера	32
3.4 Выбор расходомера	34

3.5 Выбор датчика температуры.....	36
3.6 Выбор регулирующего клапана.....	37
4 Разработка информационной части	40
4.1 Алгоритм сбора данных	40
4.2 Алгоритм автоматического регулирования параметра технологического процесса.....	40
4.3 Разработка дерева экранных форм	43
4.4 Разработка экранных форм АС.....	45
4.5 Настройка OPC – сервера.....	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	51
5.1 Организация и планирование работ	51
5.1.1 Продолжительность этапов работ.....	52
5.1.2 Расчет накопления готовности проекта	58
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	59
5.2.1 Расчет материальных затрат.....	59
5.2.2 Расчет заработной платы	60
5.2.3 Расчет затрат на социальный налог	61
5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	62
5.2.5 Расчет амортизационных расходов	63
5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	64
5.2.7 Расчет прочих расходов	64
5.2.8 Расчет общей себестоимости разработки	64
5.2.9 Расчет прибыли.....	65
5.2.10 Расчет НДС.....	65

5.2.11	Цена разработки НИР	65
5.2.12	Оценка экономической эффективности проекта	65
6.	Социальная ответственность	66
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	66
6.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	67
6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	68
6.2	Профессиональная социальная безопасность.	70
6.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	71
6.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве.....	71
6.2.3	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов.	81
6.3	Экологическая безопасность.....	82
6.3.1	Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду.	82
6.3.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	83
6.3.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	83
6.4	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.	84
6.4.1	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	85
	Заключение	86
	Список используемых источников.....	88
	Приложение А Трех уровневая структура автоматизированной системы.....	91

Приложение Б Функциональная схема автоматизации трехфазного сепаратора второй ступени сепарации.....	92
Приложение В Схема информационных потоков	93
Приложение Г Схема внешней проводки	94
Приложение Д Алгоритм слежения за уровнем давления.....	95
Приложение Е Автоматизированная система управления	96
Приложение 3 Перечень сигналов.....	99

Обозначения и сокращения

В работе используются следующие обозначения и сокращения:

УКПН – Установка комплексной подготовки нефти;

АСУ – Автоматизированная система управления;

ОУ – Объект управления;

ИУ – Исполнительные устройства;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СИ – Средства измерения;

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь;

КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;

МИ – Методика измерений;

АС – Автоматизированная система;

ПК – Персональный компьютер;

ФСА – Функциональная схема автоматизации;

МКД – Исполнительный механизм контура регулирования давления;

ДНС – Дожимная насосная станция;

ЦПС – Центральный пункт сбора;

УПВ – Установка подготовки воды;

ППД – Установка поддержания пластового давления;

КНС – Кустовая насосная станция;

SCADA – Диспетчерское управление и сбор данных.

Введение

В выпускной квалификационной работе рассматривается автоматизация второй ступени сепарации установки комплексной подготовки нефти. Актуальность использования автоматизированных устройств с каждым годом все больше и больше растет, т.к. это научное направление, которое позволяет с помощью саморегулирующих и математических методов повысить точность системы, сделать ее самостоятельной. Это дает возможность свести к минимуму участие человека в ведении технологического процесса, опасного для здоровья.

В работе рассматривается пример эффективного согласования, подбора оборудования, создания интерактивных связей и системы по управлению технологическим процессом второй ступени сепарации, что очень востребовано в наше время. Были использованы современные виды оборудования и коммуникационных связей, что позволяет системе долгое время оставаться актуальной за счет своей гибкости и возможности модернизации, интеграции другого стороннего оборудования.

1 Техническое задание

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Установка комплексной подготовки нефти (УКПН) необходима для окончательного отделения нефти от сопутствующих компонентов: воды, газа, механических примесей, солей.

В работе рассматривается автоматизация второй ступени сепарации УКПН, поэтому автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) должна соответствовать следующим параметрам:

1. возможность качественного поддержания технологического режима по заданному алгоритму;
2. выводить на экран сообщение об аварийной ситуации;
3. в реальном времени отображать состояние устройств;
4. возможность изменения настроек, параметров ТП.

Основные цели создания АСУ ТП:

1. повышение точности контроля за ТП;
2. снижение трудозатрат;
3. повышение безопасности, снижение рисков;
4. повышение интеллектуального потенциала за счёт поручения рутинных операций машине.

1.2 Требования к составу системы

Состав системы:

1. Трёхфазный сепаратор;
2. Электродегидратор;
3. Расходомеры;
4. Сигнализаторы уровня;
5. Датчики давления;
6. Уровнемеры;
7. Датчик температуры;
8. Исполнительные механизмы.

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к системе в целом

Разрабатываемая автоматизированная система управления обязана отвечать требованиям ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования» с учетом нижеизложенных требований.

1.3.2 Требования к техническому обеспечению

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружной установке, должно быть пригодно для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий. Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки приборов должно соответствовать уровню или быть выше от класса взрывоопасной зоны и должно соответствовать ПУЭ и ПБ 09-540-03. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с агрессивной средой должны иметь антикоррозионное покрытие, позволяющее им там без вреда находиться. Все оборудование должно быть защищено от статического электричества и поэтому необходимо провести заземление на заземляющую шину.

1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2014.

Все СИ должны проходить первичные и периодические проверки в установленном законодательством Российской Федерации, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами.

1.3.4 Требования к программному обеспечению

Программные средства автоматизированной системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать следующим требованиям:

1. Удобный, интуитивно понятный интерфейс;
2. Удобство пользования;
3. Достаточная функциональность;
4. Высокая скорость опроса;

5. Возможность модификации.

Операционные требования:

1. Знание операционной системы;
2. Специальное прикладное и дополнительное ПО.

Функции конфигурации:

1. Создание БД на вход - выходных сигналах;
2. Создание мнемосхем;
3. Обработка запросов;
4. Добавление информации;
5. Редактирование информации;
6. Выдача информации;
7. Формирование протоколов.

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций АСУ ТП УУГ, в работе которых эти данные не участвуют.

Промышленные языки программирования должны соответствовать стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3.

1.3.5 Требования к математическому обеспечению

Алгоритмы системы должны определяться на стадии проектирования системы в целом, обеспечивать регламентированный режим и производить безопасную остановку работы системы, а также приводить к снижению или исключению возможностей ошибочных действий производственного персонала при ведении технологического процесса. Алгоритмы системы должны разрабатываться на основе утвержденного технологического регламента.

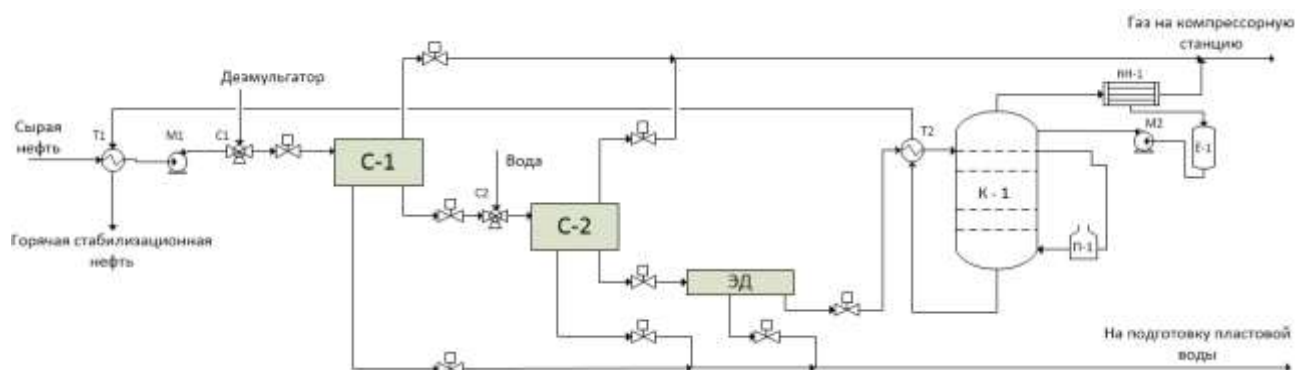
1.3.6 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение должно быть достаточным для выполнения всех поставленных задач, а также в случае необходимости обеспечить возможность коммуникации со смежными и другими системами АСУ.

2 Описание технического процесса

2.1 Описание технологического процесса работы УКПН

УКПН представляет собой небольшую станцию по первичной подготовке нефти. На рисунке 1 приведена технологическая схема процесса комплексной подготовки нефти.



M1, M2 – насос; T1, T2 – теплообменник; C1 – первая ступень сепарации; C1, C2 – смеситель; C2 – вторая ступень сепарации; ЭД – электродегидратор; K1 – стабилизационная колонна; КН1 – конденсатор-холодильник; Е1 – емкость орошения; П1 – печь.

Рисунок 1 – Установка комплексной подготовки нефти [1]

2.2 Описание технологического процесса второй ступени сепарации

Подготовка нефти заключается в её разгазировании, стабилизации, обезвоживании и обессоливании, поэтому используется процесс ступенчатой сепарации с промежуточным нагревом в теплообменниках. В начале водонефтяная эмульсия поступает на первую ступень сепарации, совместно с ней поступают попутный газ, пластовая вода, механические примеси, где происходит частичное разделение газа, нефти и воды. Далее для обессоливания нефть смешивается с водой в смесителе. После чего нефтяная эмульсия направляется на вторую ступень сепарации, на рисунке 2 приведена схема трёхфазного сепаратора.



Рисунок 2 – Схема трехфазного сепаратора НГСВ 1,0 – 3400 [2]

Эмульсия подается в сепаратор отбойник, выполненный в виде ступенчато расположенных полок. Пройдя отбойник, эмульсия попадает в основную секцию сепаратора, в которой происходит разделение водонефтяной эмульсии.

Далее эмульсия проходит через пеногаситель, снижающий турбулентность потока. Затем эмульсия достигает переливной перегородки. Нефть переливается через перегородку и попадает в секцию сбора нефти, откуда выводится из аппарата.

Газ направляется в каплеуловительную секцию, где задерживаются оставшиеся в газе капли жидкости с помощью ситчатого каплеуловителя.

Вода удаляется из секции сбора воды.

Уровень нефти в сепараторе определяется уровнемером LT 4-1 и поддерживается регулирующим клапаном CV 7-1, расположенным на выкидной линии со стороны сепаратора.

Уровень воды определяется уровнемером LT 9-1 и поддерживается регулирующим клапаном CV 9-3, установленным на линии выходной воды ведущей к установке поддержания пластового давления.

Давление газа в аппарате определяется датчиком давления РТ 5-1 и поддерживается регулирующим клапаном CV 5-4, установленным на выходной линии, после чего газ уходит на компрессорную станцию.

Предусмотрен сигнал тревоги по низкой температуре для предупреждения о возможности отложений парафинов, замерзания и образования гидратов, поэтому контролируется датчиком температуры ТТ 13-1.

Расход отходящего газа и расход нефти из сепаратора контролируются электромагнитными расходомерами: FT 3-1, FT 11-1, FT 8-1.

Для обеспечения защиты технологического процесса при аварийных ситуациях предусмотрена установка на сепараторе датчика уровня LT 2-1, контролирующего уровень нефтяной эмульсии в основной секции сепараторе.

Параметры трехфазного сепаратора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры трехфазного сепаратора НГСВ 1,0 – 3400

Параметр	Значение
Полный объем сепаратора, м ³	200
Объем сферических днищ, мм	13,4
Высота сепаратора, мм	3400
Производительность по нефти и воде, м ³ /ч	560
Производительность по газу, м ³ /ч	51300
Рабочее давление (не более), МПа	1,0

2.3 Разработка структурной схемы

Структурная схема системы приведена в приложении А.

Автоматизирование состоит в управлении регулирующими клапанами, контролирующими уровень, расход и давлением. Командами «включить/выключить», «остановить/запустить», «открыть/закрыть» реализуется централизованное управление.

Объект управления – блок второй ступени сепарации. Все системные параметры поступают в SCADA-систему. SCADA-система обеспечивает дистанционное (диспетчерское), автоматическое управление функциями распределенных устройств, а также наблюдение за параметрами системы. Необходимо, чтобы система была открытая, распределенная с иерархической структурой.

Применительно к объекту управления:

а. датчики: уровнемеры для воды (ЛТ 4-1) и нефти (ЛТ 9-1) в сепараторе, сигнализатор уровня (ЛТ 2-1), датчик давления (РТ 5-1), датчик температуры (ТТ 13-1), расходомеры (FT 3-1, FT 8-1, FT 3-1).

б. исполнительные механизмы: регулирующие клапаны с электроприводами (позиции 5-4, 7-1, 9-3), ручные клапаны.

Средний уровень: ПЛК, модули ввода/вывода, обменивающиеся информацией по протоколам связи Fieldbus (Profibus, Modbus TCP, Modbus RTU).

Стоит отметить, что ПЛК собирает и обрабатывает информацию, затем реализует алгоритмы автоматического регулирования и программно-логического управления, защищает и блокирует процессы, а также обменивается данными с вышестоящим уровнем и реализует команды вышестоящего уровня.

Применительно к объекту управления используется локальный контроллер ОВЕН ПЛК-160 и предлагающиеся к нему модули ввода/вывода.

Третий уровень: компьютеры с HMI (SCADA-пакеты).

Оператор наблюдает за ходом процессов с любого компьютера сети, но управление осуществляется с одного компьютера или функции управления распределяют между несколькими компьютерами.

Применительно к объекту управления верхний уровень состоит из коммуникационного контроллера, АРМ оператора, сервера базы данных, InSAT Modbus OPC - сервер. На АРМ оператора установлена операционная система Windows 8.1.

Во второй ступени сепарации осуществляются замеры уровня водонефтяной эмульсии, нефти, воды, давления, температуры, расхода и тока на электродегидраторе.

Так как интернет-технологии всё больше интегрируются в задачи управления, причем даже на уровне технологического оборудования, современная иерархия АСУ выглядит следующим образом (рисунок 3).



Рисунок 3 – Современная иерархия АСУ [3]

2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизация – технический документ, который входит в основной комплект рабочих чертежей проектируемой СА, ФСА создается для отображения значимых технических решений.

На функциональной схеме автоматизации представляют технологическое оборудование, а также связующие компоненты (например, трубо- и газопроводы) автоматизированной системы, средства автоматизации и контуры, отвечающие за управление, регулирование и контроль.

Функциональная схема автоматизация может быть выполнена развернутым или упрощенным способами. Различие развернутого способа в том, что на схеме изображаются месторасположения и состав каждого отдельного контура и средств автоматизации. Средства автоматизации и приборы изображаются в виде условных графических изображений [3].

Структурная схема системы приведена в приложении Б.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Структурная схема системы приведена в приложении В.

Данная схема состоит из трех уровней хранения и сбора информации:

1. Нижний уровень (уровень сбора и обработки) - на данном уровне представлены данные физических устройств ввода/вывода, включающие в себя данные дискретных и аналоговых сигналов;
2. Средний уровень (уровень текущего хранения) - данный уровень представляет собой буферную базу данных;
3. Верхний уровень (уровень архивного хранения) – сбор и хранение информации.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

1. Расход газа на второй ступени сепарации, $\text{м}^3/\text{ч}$;
2. Расход воды на второй ступени сепарации, $\text{м}^3/\text{ч}$;
3. Расход нефти на второй ступени сепарации, $\text{м}^3/\text{ч}$;
4. Расход воды на электродегидраторе, $\text{м}^3/\text{ч}$;
5. Расход нефти на электродегидраторе, $\text{м}^3/\text{ч}$;
6. Давление на второй ступени сепарации, МПа;
7. Уровень воды на второй ступени сепарации, мм;
8. Уровень нефти на второй ступени сепарации, мм;
9. Сигнал состояния задвижек, %;
10. Температура на второй ступени сепарации, °С;
11. Ток на электродегидраторе, А.

Каждый элемент управления и контроля имеет идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура идентификатора следующая:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где:

1. AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
 - PRE – давление;
 - LVL – уровень;

- CON – расход;
 - CTR – управляющий сигнал;
 - TPR – температура;
 - AMP – ток;
2. BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
- SEP – сепаратор;
 - EDR – электродегидратор;
 - KL1 – регулятор уровня в сепараторе К-1;
 - KL2 – регулятор уровня в сепараторе К-2;
 - KL3 – регулятор уровня в сепараторе К-3;
 - TR1 – трубопровод сепаратора;
 - TR2 – трубопровод электродегидратора;
3. CCC(C) – уточнение, до 4-х символов:
- VHOD – входной трубопровод на сепаратор;
 - VYHD – выходной трубопровод с сепаратора;
 - GAZ – газ;
 - GJS – газожидкостная смесь;
 - EDG – вода;
 - OIL – нефть;
 - LVL1 – уровень отсека 1;
 - LVL2 – уровень отсека 2;
 - TSP – температура в сепараторе;
4. DDD(DD) – примечание, до 5 символов:
- REG – регулирование;
 - DAN – аварийная сигнализация;

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Кодировка сигналов SCADA

Расшифровка кодировки	Кодировка
Расход выходящего газа из сепаратора	CON_TR1_GAZ
Расход воды в сепараторе	CON_TR1_WAT
Расход нефти в сепараторе	CON_TR1_OIL
Управление клапаном уровня 1 отсека	CTR_KL1_LVL1_REG
Управление клапаном уровня 2 отсека	CTR_KL2_LVL2_REG
Сигнализатор уровня в сепараторе	LVL_SPR_GJS_DAN
Давление в сепараторе	CON_SPR_GJS_DAN
Управление клапаном давления газа сепаратора	CTR_KL3_GAS_REG
Температура в сепараторе	TPR_SEP_GJS_REG
Ток в электродегидраторе	AMP_EDR_EDG_DAN
Расход воды из электродегидратора	CON_TR2_WAT
Расход нефти из электродегидратора	CON_TR2_OIL

2.6 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней электрической цепи проводки приведена в приложении Г. На ней изображены принципы подключения, установки электрических связей полевого оборудования со щитом КИПиА. На данной схеме представлены следующие приборы:

1. Датчик давления «Метран-150CG»;
2. Волновой радарный уровнемер «Ризур - 900»;
3. Датчик расхода «Метран-370»;
4. Датчик расхода «Метран-331»;
5. Датчик температуры «Метран 250».

Для прокладки кабеля от приборов до трех распределительных коробок должен использоваться экранированный и негорючий кабель, четырехжильного исполнения с внутренним сечением жилы 1,5 мм, поэтому был выбран кабель КВВГЭнг 4х1,5 (рисунок 12).



Рисунок 12 - Кабель КВВГЭнг 4х1,5 в разрезе [14]

Для прокладки кабеля от трех распределительных коробок до щита КИПиА также используется экранированный и негорючий кабель, десятижильного исполнения с внутренним сечением жилы 1,5 мм, поэтому был выбран кабель КВВГЭнг 10х1,5 (рисунок 13).

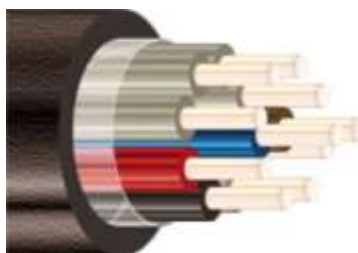


Рисунок 13 – Кабель КВВГЭнг 10х1,5 в разрезе [14]

Кабеля состоят из токопроводящей медной жилы, ПВХ изоляции, ПВХ оболочки, обмотки из медного или алюминиевого экрана.

3 Выбор аппаратной части автоматизированной системы

3.1 Выбор контроллерного оборудования

Для проектирования блока второй ступени сепарации необходимо выбрать контроллерное оборудование. В рамках импортозамещения выбор производится из отечественного оборудования. Очень давно себя с лучшей стороны зарекомендовала компания Овен, она предлагает большое количество оборудования для различных автоматизированных систем, выпускает хорошие контроллеры, способные полностью удовлетворить потребности системы по автоматизации второй ступени сепарации. Выбор пал на ПЛК160 рисунок 4.



Рисунок 4 – ПЛК 160

ОВЕН ПЛК160 – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными и аналоговыми входами/выходами на борту для автоматизации средних систем [4].

Данная модель содержит достаточное количество аналоговых и дискретных входов и выходов (таблица 3).

Таблица 3 – Показатель количества входов и выходов

Контроллер	Количество
Дискретные входы	8
Дискретные выходы	4
Аналоговые входы	16
Аналоговые выходы	12

Аналоговые выходы могут быть нескольких типов:

- По току (4 – 20) мА;
- По напряжению (0 – 10) В;
- Универсальные – программно-переключаемые.

Все контроллеры данной линейки имеют большое количество интерфейсов на борту, работающих независимо друг от друга:

- Ethernet;
- До трех последовательных портов;
- USB Device для программирования контроллера.

Таблица 4 - Поддерживаемые интерфейсы и протоколы

Протокол	Интерфейс	Применение
ОВЕН	RS-232	Поддержка модулей ввода/вывода ОВЕН Мх110
	RS-485	Работа в сетях ОВЕН совместно с ТРМ2хх
Modbus RTU	RS-232	Поддержка модулей ввода/вывода и операторских панелей (например, ОВЕН СП3хх), связь со SCADA-системами
Modbus	RS-485	
ASCII		
Modbus TCP	Ethernet 10/100 Mbps	Связь со SCADA-системами
DCON	RS-232	Поддержка модулей ввода/вывода ICP DAS I-7ххх, ADAM-4ххх, операторских панелей
	RS-485	
GateWay (протокол CODESYS)	RS-232	Программирование контроллера, отладка
	Ethernet 10/100 Mbps	пользовательской программы
	USB-Device	Связь с контроллерами других производителей на базе CODESYS Работа с OPC-сервером CODESYS
Mass Storage Device	USB-Device	Работа с файлами архивов данных и файлами проекта

Контроллеры данной линейки также поддерживают работу с нестандартными протоколами по любому из портов, что позволяет подключать такие устройства, как электросчетчики, газосчетчики, водосчетчики, считыватели штрих-кодов и т.п.

Программирование контроллеров осуществляется в профессиональной, распространенной среде CODESYS v.2.3.x, максимально соответствующей стандарту МЭК 61131:

- Поддержка 5 языков программирования для специалистов любой отрасли;
- Мощное средство разработки и отладки комплексных проектов автоматизации на базе контроллеров;
- Функции документирования проектов;
- Количество логических операций ограничивается только количеством свободной памяти контроллера;
- Практически неограниченное количество используемых в проекте счетчиков, триггеров, генераторов.

3.2 Выбор датчика давления

Для поддержания рабочего давления и безопасной работы сепаратора, необходимо установить датчик давления. Выбор осуществлялся из представленного списка претендентов отечественной разработки представленных в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение датчиков давления

	ЭЛЕМЕР-100	Элемер-аир-30	Метран-150CG
Наличие взрывозащиты	есть	есть	есть
Температурный диапазон эксплуатации	(минус 40 – 70) °C	(минус 40 – 125) °C	(минус 40 – 80) °C
Рабочий диапазон	(0 – 2,4) МПа	(0 – 2,4) МПа	(0 - 6,30) МПа
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Питание	24 В	24 В	24 В
Погрешность измерения, %	0,15 %	0,1 %	0,1 %
Стоимость	35 100 руб.	37 120 руб.	24 000 руб.

Выбор датчика давления остановлен на «Метран-150 CG». Датчики давления «Метран-150 CG» предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими

процессами. Они обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин - давления избыточного, абсолютного, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал.



Рисунок 5 – Датчик давления «Метран-150CG» [8]

Датчики предназначены для работы во взрывобезопасных и взрывоопасных условиях. Взрывозащищенные датчики имеют вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» или «искробезопасная электрическая цепь».

3.3 Выбор уровнемера

Для контроля минимального и максимального уровня водонефтяной эмульсии, воды, нефти нужно выбрать датчики уровня. Выбор осуществлялся из представленного списка претендентов отечественной разработки представленных в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение уровнемеров

	УЛМ 11	УР-203Ех	РИЗУР-900
Наличие взрывозащиты	есть	есть	есть
Температурный диапазон эксплуатации	(минус 40 – 50) °С	(минус 40 – 150) °С	(минус 60 – 75) °С

Окончание таблицы 6 – Сравнение уровнемеров

	УЛМ 11	УР-203Ех	РИЗУР-900
Рабочий диапазон	(0,6 – 30) м.	(0,5 – 15) м.	(0,1 – 6) м.
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Питание	24 В	24 В	24 В
Погрешность измерения	1 мм.	1 мм.	2 мм.
Цена	25 000 руб.	58 650 руб.	20 000 м

Выбор датчика давления остановлен на «РИЗУР-900» (рисунок 6). Сигнализаторы жидкости ультразвуковые предназначены для контроля уровня различных жидкостей и сыпучих сред в открытых или закрытых, в том числе, находящихся под давлением емкостях в технологических установках промышленных объектов химической, нефтехимической, медицинской, пищевой и других отраслях промышленности. Также могут использоваться в качестве индикатора наличия (отсутствия) жидкости в контролируемом объеме на заранее заданной высоте емкости. Контролируемые жидкости: нефть и ее легкие фракции, вода, другие жидкости, сыпучие продукты, не формирующие отложения на материале чувствительного элемента и не разрушающие его. В соответствии с исполнением возможно использование сигнализаторов в качестве приборов контроля наличия твердого осадка в емкостях, а также уровня раздела сред с различными плотностями (например, нефть и вода).

Сигнализаторы могут использоваться в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими объектами, в других устройствах автоматики, воспринимающих сигналы постоянного тока. Могут применяться в системах очистки и фильтрования, в резервуарах для охлаждающих и смазывающих жидкостей, в системах защиты насосов, а также в пищевой промышленности в контакте с пищевыми продуктами.

Сигнализаторы могут осуществлять выдачу различных типов сигналов, например «сухой контакт» и «токовая петля» по 2-х и 4-х проводных схемам.



Рисунок 6 – Ультразвуковой уровнемер «Ризур - 900»

Приборы «РИЗУР - 900» имеют кольцевой чувствительный элемент, выполненный в виде кольцевой проточки на внутренней поверхности трубки с наружным диаметром 16мм или 20мм. Генерация ультразвуковых импульсов и их прием производится пьезопреобразователем. Принцип действия сигнализатора основан на определении затухания акустических импульсов в чувствительном элементе, которое значительно увеличивается при погружении его в контролируемую жидкость.

3.4 Выбор расходомера

Для контроля расхода воды и нефти требуется подобрать расходомер. Выбор осуществлялся из представленного списка приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение расходомеров

	UFM 3030	KROHNE MFC 300	Метран-370
Наличие взрывозащиты	есть	есть	есть
Температурный диапазон эксплуатации	(минус 50 – 60) °С	(минус 50 – 70) °С	(минус 60 – 75) °С
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Питание	24 В	24 В	24 В
Погрешность измерения	1,0 %	0,5 %	0,5 %
Цена, руб.	165 000 руб.	76 000 руб.	50 000 руб.

Для контроля уровня нефти и воды в трехфазном сепараторе был выбран расходомер электромагнитный «Метран-370» (рисунок 8).



Рисунок 8 – Электромагнитный расходомер «Метран-370» [11]

Расходомер электромагнитный «Метран-370» предназначен для измерения объемного расхода электропроводящих жидкостей.

Расходомер предназначен для работы во взрывобезопасных и взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно Ех-маркировке по ГОСТ ИЕС 60079-14, регламентирующих применение электрооборудования во взрывоопасных, пылевых и газовых средах.

Расходомеры состоят из следующих частей:

- датчика расхода Метран-371;
- измерительного преобразователя 8732Е.

Сенсор расхода, представляющий собой трубу из нержавеющей стали с приваренными к ней фланцами, ставится в трубопровод. На трубе, в свою очередь, установлены две катушки возбуждения и два изолированных от трубы электрода.

В проводнике, движущемся перпендикулярно направлению магнитного поля, возникает ЭДС, пропорциональная скорости движения проводника (ЭДС перпендикулярна, как к направлению движения проводника, так и к направлению магнитного поля).

Магнитное поле формируется катушками возбуждения. Преобразователем при помощи электродов расходомера измеряется разность потенциалов ЭДС.

Измеренная разность потенциалов преобразователем усиливается и обрабатывается, а далее формируется выходной сигнал расходомера.

В процессе сепарации идет процесс выделения газа и для его контроля требуется специальный расходомер, выбор пал на ту же компанию, что и при выборе расходомера для контроля воды и нефти. Использовать «Метран 370» не представляется возможным т.к. считывать газовую среду он не будет, был подобран расходомер «Метран 331» (рисунок 9).



Рисунок 9 - Вихревой расходомер «Метран 331»

Счетчик газа «Метран 331» предназначен для измерения объемного расхода, абсолютного давления и температуры газа, вычисления расхода и объема газа, приведенных к Стандартным условиям в соответствии с ГОСТ 293963 и ГОСТ 30319.296 (для природного газа).

3.5 Выбор датчика температуры

Для протекания нормального технологического процесса и предотвращения отложений парафинов, замерзания или образования гидратов нужно вести контроль температуры, требуется выбрать датчик температуры, выбор осуществлялся из представленного списка приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Список датчиков температуры

	Rosemount 3144P	Метран-288	Метран 250
Наличие взрывозащиты	есть	есть	есть
Температурный диапазон эксплуатации	(минус 50 – 185) °C	(минус 50 – 70) °C	(минус 60 – 75) °C

Окончание таблицы 8 – Список датчиков температуры

	Rosemount 3144P	Метран-288	Метран 250
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Рабочий диапазон	(минус 200 – 850) °C	(минус 50 – 500) °C	(минус 50 – 200) °C
Питание	24 В	24 В	24 В
Погрешность измерения	0,1 %	0,3 %	0,3 %
Цена	67 334 руб.	16 640 руб.	14 730 руб.

Для контроля за температурой был выбран термопреобразователь сопротивления взрывозащищенный ТСП «Метран 250» (Рисунок 10).



Рисунок 10 – Датчик температуры «Метран 250» [12]

Принцип измерения температуры при помощи термопреобразователя сопротивления (ТС) основан на зависимости сопротивления чувствительного элемента (ЧЭ) ТС от температуры измеряемой среды. ТС состоит из одного или двух ЧЭ, представляющих собой намотку из медной или платиновой проволоки или тонкопленочный термодатчик, помещенных в защитную арматуру, состоящую из стальной трубки и головки с клеммой-колодкой для крепления выводов.

3.6 Выбор регулирующего клапана

Клапан регулирующий предназначен для проведения автоматизированного управления технологическими процессам с целью непрерывного регулирования параметров рабочей среды путем изменения пропускной способности на техническом трубопроводе. Для данного проекта

подойдет клапан компании «Авангард» (рисунок 11), специализирующийся на производстве различной запорной арматуры. Для наших задач подойдет проходной двухседельный фланцевый клапан с аналоговым электроприводом ВЭП ВЭП-13Х-4000, где управление происходит по команде контроллера. Выходной орган перемещается пропорционально входному сигналу.



Рисунок 11 – Клапан стальной регулирующий двухседельный фланцевый с ЭИМ PN6 [13]

В таблице 9 приведены технические характеристики описанного выше клапана.

Таблица 9 – Технические характеристики клапана стального регулирующего

Технические характеристики	Значение
Корпус	Легированная сталь
Рабочее давление	До 3 Мпа
Температура рабочей среды	(минус 40 – 425) °С
Температура окружающей среды	(минус 40 – 40) °С
Присоединение	Фланцевое

Для управления клапаном применятся электропривод ВЭП-13Х-4000 с аналоговым управляющим сигналом (4 – 20) мА. Характеристики электропривода представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики электропривода

Технические характеристики	Значение (при различных вариантах исполнения)
Номинальное время полного хода, с	100; (160 ± 10) %
Номинальный полный ход штока, мм	50; (80±10) %
Напряжение питания	220 В, 50 Гц или 24 В, 50 Гц
Сигналы управления	(4 – 20) мА, (0 – 10) В
Сигнал обратной связи	(4 – 20) мА
Температура окружающей среды	(минус 40 – 40) °С
Степень защиты	IP67

4 Разработка информационной части

4.1 Алгоритм сбора данных

Был разработан алгоритм работы канала по поддержанию давления в сепараторе (приложение Д).

4.2 Алгоритм автоматического регулирования параметра технологического процесса

В качестве регулирования будем использовать пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор, он позволяет обеспечить быстрое и качественное регулирование за кратчайшие сроки с минимальной чувствительностью к стороннему возмущающему воздействию. ПИД-регулятор используется в САУ для поддержания заданного параметра максимально близкого значения.

ПИД-регулятор сравнивает отклонение разницы двух сигналов между задающим и измеренным значением, после чего по найденной ошибке формирует управляющий сигнал. Первый сигнал пропорционален этому отклонению, второй пропорционален интегралу отклонения, а третий пропорционален производной отклонения.

Процесс регулирования и поддержания давления осуществляется путем подачи на вход блока управления двух сигналов: сигнала управления, являющегося задающим, $y^*(t)$ и текущего $y(t)$, значение которого приходит с датчика давления. Далее находится ошибка $e(t) = y^*(t) - y(t)$, относительно которой формируется управляющий сигнал $u(t)$.

По рассогласованию регулятор уровня формирует задание по положению регулирующего органа. Заданное положение регулирующего органа устройства сравнивается с его текущим положением. На основе рассогласования по положению блок управления формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм [15].

Передаточные функции участка регулирующего поддержания давления в сепараторе имеют вид (1) – (5).

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{T_{p+1}} e^{-\tau_0 p}, \quad (1)$$

$$T = \frac{2Lf c^2}{Q}, \quad (2)$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad (3)$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{p}{2\Delta p}}, \quad (4)$$

$$f = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (5)$$

где $Q_k(p)$ – объемный расход газа после регулирующего устройства;

$Q(p)$ – измеренный объемный расход газа ;

p – плотность газа

c – скорость газа

f – площадь сечения трубы;

Δp – разница давления между трубопроводом и сепаратором;

τ_0 – запаздывание;

L – длина участка трубопровода между датчиком расхода и регулирующим устройством;

d – диаметр выходящей трубы на которой установлен датчик расхода и регулирующее устройство;

T – постоянная времени.

Преобразуем формулы (1) – (5) в формулы (6) и (7).

$$T = \frac{2Lf}{Q} \cdot \left(\frac{Q}{f} \sqrt{\frac{p}{2\Delta p}} \right)^2 = \frac{LQ}{f} \cdot \frac{p}{\Delta p}, \quad (6)$$

$$\tau_0 = \frac{L}{Q} \cdot \frac{\pi r^2}{2}. \quad (7)$$

Рассчитаем передаточные функции по формулам (6) и (7). Исходные данные для расчетов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики объекта управления

Наименование	Ед. изм.	Значение
Плотность природного газа	кг/м ³	0,68
Объемный расход газа	м ³ /ч	51300
Длина трубопровода	м	5
Диаметр трубы	мм	200
Перепад давления на трубопроводе	МПа	0,5

Передаточная функция объекта управления:

$$T = \frac{LQ}{f} \cdot \frac{p}{\Delta p} = \frac{5 \cdot \frac{51300}{3600}}{\frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4}} \cdot \frac{0,68}{50986} = 0,03 \text{ с} ,$$

$$\tau_0 = \frac{L}{Q} \cdot \frac{\pi r^2}{4} = \frac{5}{\frac{51300}{3600}} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,01 \text{ с} ,$$

$$W(s) = \frac{1}{T_s + 1} e^{-\tau_0 s} = \frac{1}{0,03 + 1} e^{-0,01 s} .$$

Передаточная функция задвижки:

$$W_3(p) = \frac{1}{j_3 \cdot p'} = \frac{1}{0,5 \cdot p \cdot L \cdot f \cdot r^2 \cdot p'} = \frac{1}{0,5 \cdot 0,68 \cdot 5 \cdot 0,03 \cdot 0,2^2 \cdot p'} = \frac{1}{0,002 \cdot p'} .$$

Передаточная функция электропривода:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1} = \frac{3,14}{1,18 \cdot p + 1} .$$

Передаточная функция преобразователя:

$$W_{чп}(p) = \frac{2,5}{0,393 \cdot p + 1} .$$

На рисунке 14 представлена структурная схема, разработанная в среде Matlab, предназначенная для поддержания давления в сепараторе.

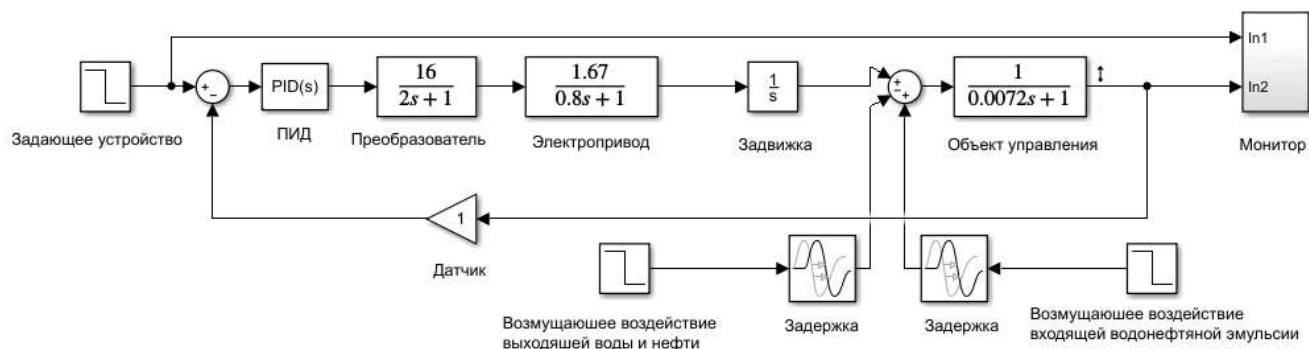


Рисунок 14 - Структурная схема регулирования

Выбор параметров ПИД регулятора осуществлялся путем использования автоматической настройки ПИД регулятора (рисунок 15) в среде Matlab для получения приемлемой характеристики переходного процесса.

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 0.0157

Integral (I): 0.0001

Derivative (D): 0.1

☒ Use filtered derivative

Filter coefficient (N): 109

Рисунок 15 – Скриншот технических характеристик ПИД регулятора полученных с помощью автоматической настройки

При поступлении возмущающих воздействий (рисунок 16) на объект видно, что линия графика несколько искажается, но за счет ПИД регулятора снова стремится выйти на заданное значение.

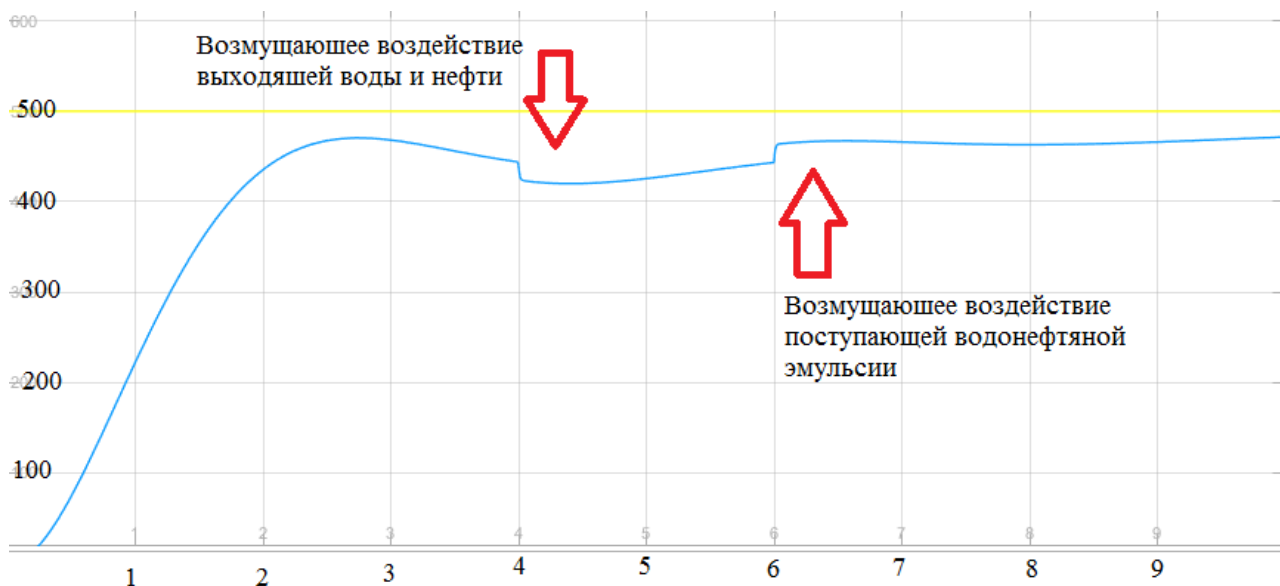


Рисунок 16 – График переходного процесса

4.3 Разработка дерева экранных форм

Управление САУ выполнено с использованием российской вертикально-интегрированной SCADA-системы компании «ИнСАТ». Мощные вычислительные возможности программного продукта позволяют реализовать

различные алгоритмы с помощью внутренних встроенных редакторов. Данная SCADA-система может работать с различными производителями оборудования через OPC технологии.

Дерево экранных форм приведено в Приложении Л.

В системе приняты следующие пользователи:

- разработчик;
- диспетчер по обслуживанию;
- начальник цеха;
- начальник смены;
- старший оператор;
- оператор.

Для каждого пользователя можно индивидуально настроить личные права доступа рисунок 17.

Проект Навигация по объектам Экспортировать архив Доступ через Internet ▶ Переменная ▶ Событие ▶ Исполнительный механизм ▶ Журналы ▶ Тренды ▶ Открыть документ ▶ Напечатать документ ▶ Сохранить документ	Индекс	Должность	Локально	Глобально	Журнал действий	Сообщение	Подтверждение
	7	Просмотр	☒	☒	☒	☐	☐
	6	Оператор	☒	☒	☒	☐	☐
	5	Старший оператор	☒	☒	☒	☐	☐
	4	Начальник смены	☒	☒	☒	☐	☐
	3	Начальник цеха	☒	☒	☒	☐	☐
	2	Диспетчер	☒	☒	☒	☐	☐
	1	Разработчик	☒	☒	☐	☐	☐

Рисунок 17 – Окно предоставления пользователям прав доступа в режиме разработчика

После ввода логина и пароля появляется мнемосхема основных объектов: II ступень сепаратора и электродегидратор. В зависимости от уровня пользователя предоставляется право выбора по визуальному и интерактивному доступу для управления и просмотра доступных опций и параметров.

В MasterSCADA имеется возможность добавления именных пользователей с присвоением должности. При необходимости можно производить сброс пароля (рисунок 18 и 19).

Индекс	Тип	Роль / Должность	Оператор	Сброс пароля	Дата и время изменения пароля	Окончание срока действия пароля	Блокировка оператора	Дата и время разблокировки	Интервал рабочих дней
7	Должность	Просмотр							
6	Должность	Оператор	Иванов	☐	05.05.2019 23:11		☐		☐ Настроить интервал
5	Должность	Старший оператор	Смирнов	☐	05.05.2019 23:10		☐		☐ Настроить интервал
4	Должность	Начальник смены							
3	Должность	Начальник цеха	Петров	☐	05.05.2019 23:10		☐		☐ Настроить интервал
2	Должность	Диспетчер							
1	Должность	Разработчик	Сидоров	☐	05.05.2019 23:10		☐		☐ Настроить интервал

Рисунок 18 – Окно операторы и безопасность

Рисунок 19 – Пример рабочего окна по идентификации пользователя при входе в систему

4.4 Разработка экранных форм АС

Разработанные экранные формы приведены в приложении Е.

Ниже приведено описание рабочих окон SCADA-системы.

1. Вторая ступень нефтегазового сепарации, где на мнемосхеме отображаются основные параметры технологического процесса: давление, температура, расход, уровень, ток.

2. Экранная форма экстренных сообщений, где отображаются аварии (например, выход контролируемого параметра за пределы уставок или неисправность какого-то прибора). Снятие блокировок выполняется при отказе первичных датчиков, проведении проверок исправности измерительных каналов, ремонте или замене приборов установкой деблокировочных ключей.

При снятии блокировок необходимо предусмотреть симуляцию работы прибора, т.е. подачу имитирующего сигнала работы отключаемого прибора в систему АСУ ТП, также фиксируется время включения и отключения деблокировки, точка измерения и значение параметра, по которому произведена деблокировка.

3. Журналы и тренды – это экранные формы, на которых ведутся и фиксируются все действия, и ведутся записи всех параметров в реальном времени.

4.5 Настройка OPC – сервера

Перечень тег сигналов приведен в приложении 3.

При разработке был взят OPC-сервер «MasterOPC Universal Modbus Server», разработанный компании «ИнСАТ». Целью данного продукта является обеспечение совместной работы средств автоматизации нижнего уровня с верхним уровнем клиента, в частности со SCADA-системой, то есть это программа, которая используется в качестве посредника для доступа к данным, поступающим от аппаратных средств по стандарту OPC.

Настройка OPC – сервера:

1) Настройка последовательного порта [17], через который будет подключаться к нижнему уровню, чаще всего используют тот тип узла, который поддерживает контроллер, в частности это сети «TCP/IP» или протокол «Modbus RTU» через последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232. Но в данной работе используется тип подключения «PROGRAM», т.к. нет возможности взаимодействовать с интерфейсами напрямую. Именно по этой причине будет использоваться симулятор.

Пример настроек типов подключения через «TCP/IP», «Modbus RTU» и «PROGRAM» изображены на рисунках 20, 21 и 22 соответственно.

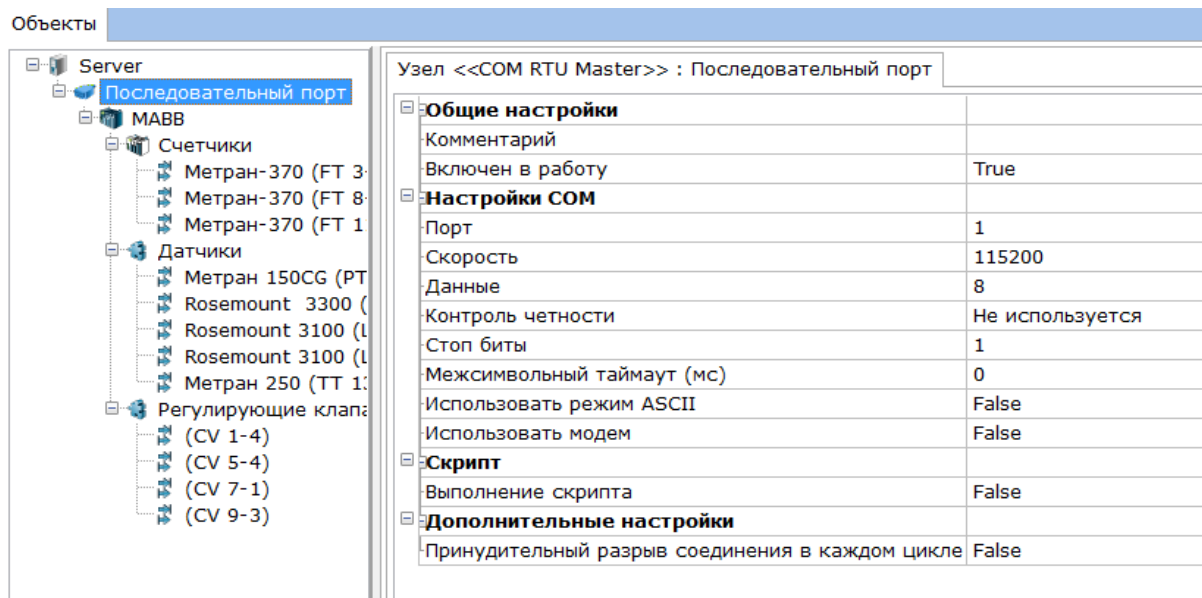


Рисунок 20 – Пример подключения OPC-сервера через Modbus RTU

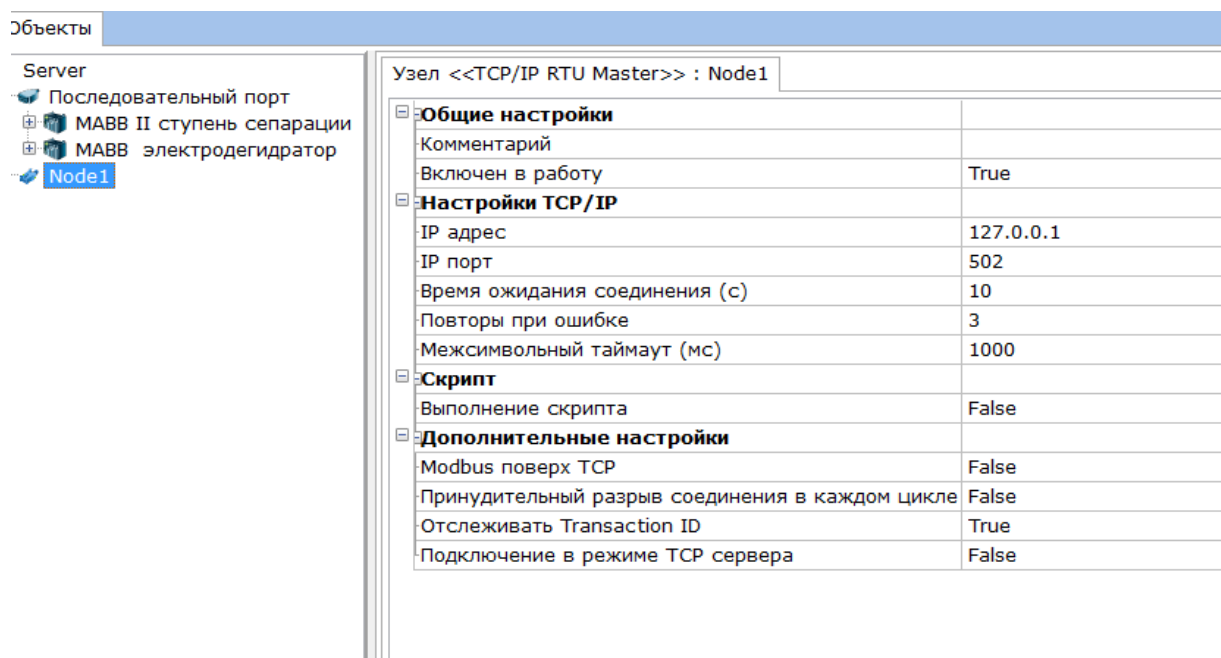


Рисунок 21 - Пример подключения OPC-сервера через Modbus TCP/IP



Рисунок 24 – Параметры тега для расходомера «Метран-370» позиции FT 8-1

4) Запуск OPC-сервера (рисунок 25).

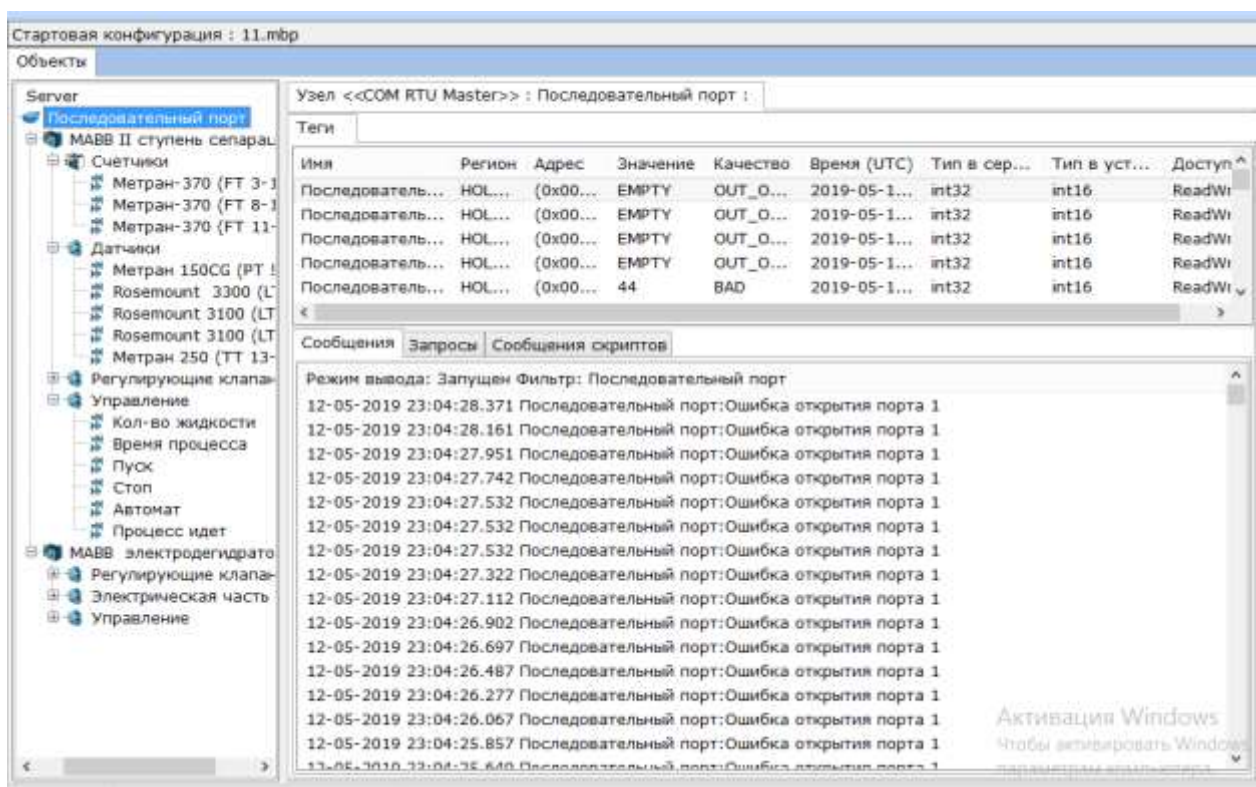


Рисунок 25 – Окно работы OPC-сервера

5) Для подключения и считывания данных с OPC-сервера в MasterSCADA необходимо произвести его поиск с последующим его

добавлением в проект, после чего можно считать все переменные и группы (рисунок 26) [17].

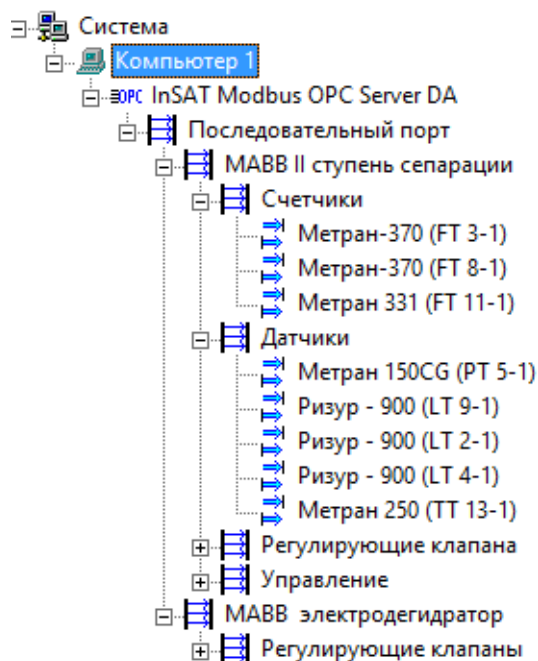


Рисунок 26 – Дерево системы

б) Привязка необходимых тегов к полям вывода SCADA-системы (рисунок 27).

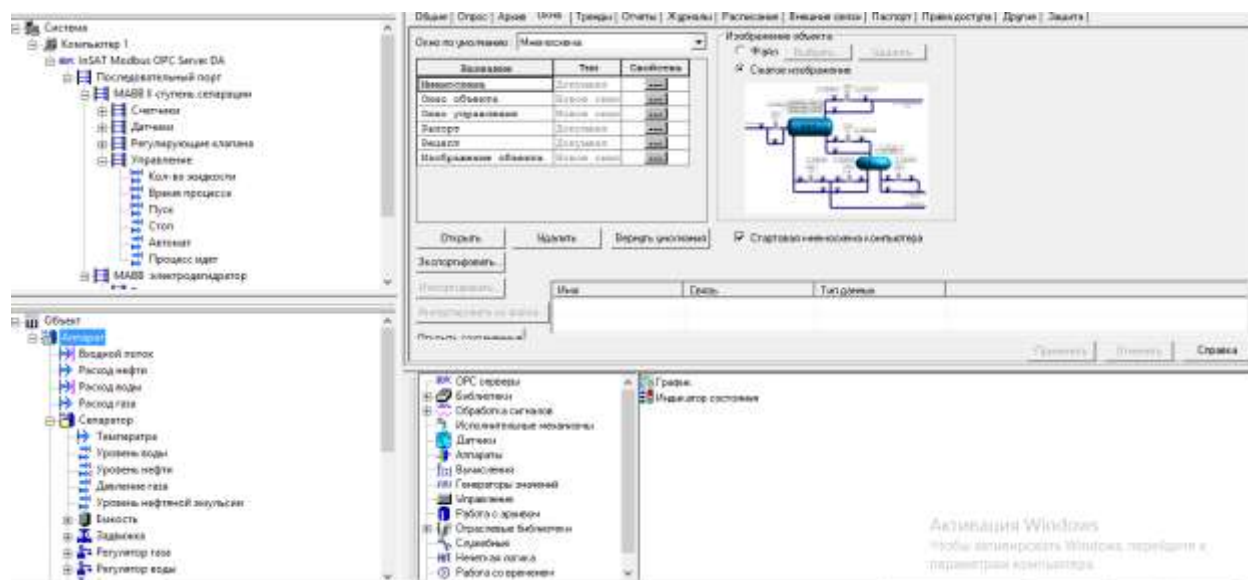


Рисунок 27 – Дерево экранных форм объекта и системы

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела заключается в комплексном описании и анализе финансово-экономических аспектов выполненной работы. В работе оценены полные денежные затраты на проект, описаны результаты разработки. Также раздел содержит комплексную оценку научно-технического уровня ВКР на основе полученных данных.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации проекта необходимым этапом является рациональное планирование занятости его участников и сроки проведения отдельных работ. Данный раздел содержит перечень работ, упорядоченных в порядке исполнения. Для каждого этапа определены исполнители и рациональная продолжительность. Так как степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна, наиболее наглядным для демонстрации результатов планирования работ данной ВКР является линейный график реализации проекта. Исполнителями проекта являются научный руководитель (НР) и студент-инженер (И). Описание и перечень этапов, исполнителей и их нагрузка занесены в таблицу 12.

Таблица 12 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ этапа	Этапы работы	Исполнители	Нагрузка исполнителей
1	Разработка технического задания	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
2	Изучение предметной области	И	И – 100 %
3	Подбор материалов по теме	НР, И	НР – 20 % И – 100 %
4	Календарное планирование работ по теме	НР, И	НР – 20 % И – 100 %

Окончание таблицы 12 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ этапа	Этапы работы	Исполнители	Нагрузка исполнителей
5	Разработка структурной схемы	И	И – 100 %
6	Разработка алгоритмов управления	И	И – 100 %
7	Выбор оборудования и их поставщиков	И	И – 100 %
8	Выбор и настройка OPC - сервера	И	И – 100 %
8	Разработка экранных форм	И	И – 100 %
8	Проведение тестирования работоспособности	И	И – 100 %
9	Наладочные работы по настройке SCADA системы	И	И – 100 %
10	Проведение тестирования работы SCADA системы, проверка на устойчивость	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
12	Составление пояснительной записки	И	И – 100 %
13	Оформление графического материала	И	И – 100 %
14	Подведение итогов	НР, И	НР – 60 % И – 100 %

5.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может, осуществляется двумя методами: технико-экономическим и опытно-статистическим.

Так как исполнитель работы не располагает необходимыми нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами: аналоговым и экспертным.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя ВКР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой ВКР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы). Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула (8).

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

где t_{min} - минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Чтобы построить линейный график необходимо рассчитать по формуле длительность этапов, определяемых в рабочих днях и перевести длительность в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле (9):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (9)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ $K_{д} = 1,2$;

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (10):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (10)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (11):

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (11)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205.$$

Таблица 13. Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР, И	2	4	2,8	1,01	3,36	1,22	4,03
Разработка технического задания	И	2	3	2,4	-	2,88	-	3,45
Изучение предметной области	НР, И	4	7	5,2	1,24	6,24	1,49	7,48
Подбор материалов по теме	НР, И	10	15	12	2,88	14,4	3,45	17,28
Календарное планирование работ по теме	И	2	4	2,8	-	3,36	-	4,03
Разработка структурной схемы	И	5	10	7	-	8,4	-	10,08
Разработка алгоритмов управления	И	5	7	5,8	-	6,96	-	8,35
Выбор оборудования и их поставщиков	И	3	7	4,6	-	5,52	-	6,62

Окончание таблицы 13. Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Выбор и настройка OPC - сервера	И	3	6	4,2	-	5,04	-	6,04
Разработка экранных форм	И	5	9	6,6	-	7,92	-	9,5
Проведение тестирования работоспособности	И	3	5	3,8	-	4,56	-	5,47
Наладочные работы по настройке SCADA системы	НР, И	3	5	3,8	1,36	4,56	1,64	5,47
Проведение тестирования работы SCADA системы, проверка на устойчивость	И	3	5	3,8	-	4,56	-	5,47
Составление пояснительной записки	И	6	9	7,2	-	8,64	-	10,36
Оформление графического материала	И	5	10	7	-	8,4	-	10,08
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,481	7,44	5,37	8,92
Итого:				85,2	10,99	98,88	13,19	122,68

Таблица 14. Линейный график работ

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	1,22	4,03											
2	-	3,45											
3	1,49	7,48											
4	3,45	17,28											
5	-	4,03											
6	-	10,08											
7	-	8,35											
8	-	6,62											
9	-	6,04											
10	-	9,5											
11	-	5,47											
12	1,64	5,47											
13	-	5,47											
14	-	10,36											
15	-	10,08											
16	5,37	8,92											

НР –

И

5.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Расчет накопления готовности проекта демонстрирует оценку текущих результатов работы над проектом (таблица 15). Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- ТР_{общ.} – общая трудоемкость проекта;
- ТР_i (ТР_k) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- ТР_{iH} – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;
- ТР_{ij} (ТР_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой (12).

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m ТР_{km}}, \quad (12)$$

Таблица 15 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Постановка задачи	3,40	3,40
Разработка технического задания	2,91	6,31
Изучение предметной области	6,31	12,62
Подбор материалов по теме	14,56	27,18
Календарное планирование работ по теме	3,40	30,58
Разработка структурной схемы	8,50	39,08
Разработка алгоритмов управления	7,04	46,12
Выбор оборудования и их поставщиков	5,58	51,70
Выбор и настройка ОРС - сервера	5,10	56,80
Разработка экранных форм	8,01	64,81

Окончание таблицы 15 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Проведение тестирования работоспособности	4,61	69,42
Наладочные работы по настройке SCADA системы	4,61	74,03
Проведение тестирования работы SCADA системы, проверка на устойчивость	4,61	78,64
Составление пояснительной записки	8,74	83,98
Оформление графического материала	8,50	92,48
Подведение итогов	7,52	100

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав сметы затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию технологического оборудования;
- амортизационные отчисления;
- транспортные расходы;
- накладные расходы.

5.2.1 Расчет материальных затрат

Для расчета материальных затрат (таблица 16) учитываются стоимость материалов, покупных изделий, а также специально приобретенное оборудование, инструменты и другие материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Кроме того, статья включает транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими

процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю.

Таблица 16 – Расчет капитальных затрат

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт.	Цена за ед, руб.	Сумма, руб.
1	Ноутбук Lenovo IdeaPad 330-15AST	1	16990	16 990
2	USB-флешка SanDisk Cruzer Glide 32Gb	1	690	690
3	ПО SCADA-система «MasterSCADA»	1	бесплатно	бесплатно
4	ПО OPC – сервер «MasterOPC Universal Modbus Server»	1	бесплатно	бесплатно
	Итого:			17 80

5.2.2 Расчет заработной платы

В данном разделе рассчитываются основные заработные платы всех исполнителей проекта, состоящие из тарифной заработной платы, премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ взяты из регламентирующих документов с официального сайта ТПУ.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-м}}$) рассчитывается по формуле (13).

$$ЗП_{\text{дн-м}} = МО / 25,083, \quad (13)$$

Учитывая, что в 2019 году 301 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе) и 276 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 23 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 17. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 13. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:

- $K_{ПР} = 1,1$;
- $K_{доп.ЗП} = 1,113$ (для пятидневной рабочей недели);
- $K_{доп.ЗП} = 1,188$ (для шестидневной рабочей недели);
- $K_p = 1,3$.

Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент.

Для научного руководителя: $K_H = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,69$;

Для инженера: $K_I = 1,62$.

Таблица 17 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	1342,09	11	1,69	24949,45
И	15470	616,75	100	1,62	99913,5
Итоо:					124842,95

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы (14) по проекту, т.е.

$$C_{соц.} = C_{зн} * 0,3, \quad (14)$$

Итого, для нашей разработки:

$$C_{\text{соц.}} = 123012,7 * 0,3 = 37452,8 \text{ руб.}$$

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (15).

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (15)$$

Где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для города Томска $Ц_{\text{э}} = 4,42 \text{ руб./кВт час (с НДС)}$.

Время работы оборудования вычисляется по формуле (16) на основе итоговых данных из таблицы 20 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (16)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$.

Мощность, потребляемая оборудованием, находится по формуле (17).

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C, \quad (17)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для маломощного технологического оборудования коэффициент $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию при использовании технологического оборудования приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию

Вид оборудования	Время работы технологического оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность оборудования $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Ноутбук Lenovo IdeaPad 330-15AST	99*8*0,6	0,060	126
Итого:			126

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула (18).

$$C_{AM} = \frac{H_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (18)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования (276 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 247 * 8 = 1976$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования входе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ноутбука Lenovo IdeaPad 330-15AST срок полезного использования составляет приблизительно (3 – 4) года, а для USB-флешка SanDisk Cruzer Glide 32Gb приблизительно (5 – 10) лет.

Тогда: $C_{A(ноутбук)} = 1:3,5 = 0,285$;

Тогда: $C_{A(флешка)} = 1:7,5 = 0,133$.

$C_{AM} (\text{Lenovo IdeaPad 330-15AST}) = (0,285 * 16990 * 475,2 * 1) / 1976 = 1164,5 \text{ руб.}$
 $C_{AM} (\text{USB-флешка SanDisk Cruzer Glide 32Gb}) = (0,133 * 690 * 475,2 * 1) / 1976 = 22 \text{ руб.}$

Итого: 1186,5 руб.

5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

В прочие расходы могут быть включены: расходы на пользование интернетом, размножение материалов, аренду спецоборудования, командировки, почтовые и телеграфные расходы и т.п.

- Копировальные услуги – 500 руб.
- Услуги связи – 1000 руб.
- Транспортные расходы (ГСМ) – 2000 руб.

Итого по данному пункту $500 + 1000 + 2000 = 3500 \text{ руб.}$

5.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов и высчитываются по формуле (19)

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{зн}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{ин}}) \cdot 0,1, \quad (19)$$

$$C_{\text{проч.}} = (126 + 124842,95 + 37452,8 + 1186,5 + 3500) \cdot 0,1 = 5475 \text{ руб.}$$

5.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Автоматизация второй ступени сепарации установки комплексной подготовки нефти» (таблица 19).

Таблица 19 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{зп}$	124842,95
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	37452,8
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	126
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	1186,5
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{нр}$	3500
Прочие расходы	$C_{проч}$	5475
Итого:		172 583,3

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 172\,583,3$ руб.

5.2.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Для данного проекта прибыль составляет 17 258,3 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

5.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае $\text{НДС} = (172\,583,3 + 17\,258,3) * 0,2 = 37\,968,3$ руб.

5.2.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $\text{ЦНИР(ВКР)} = 172\,583,3 + 17\,258,3 + 37\,968,3 = 227\,809,3$ руб.

5.2.12 Оценка экономической эффективности проекта

Так как результат данной работы не доведён до степени готовности к конкретному технологическому применению и кроме того является локальной разработкой и в связи с этим оценка его экономической эффективности некорректна.

6. Социальная ответственность

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления второй ступени сепарации УКПН. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенная или пониженная влажность воздуха, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны. Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением, высокой напряженностью зрительной работы и большой нагрузкой на кисти рук при работе с периферийными устройствами ЭВМ.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую основу обеспечения безопасности деятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации, а также подзаконные акты: указы президентов, постановления, принимаемые правительством Российской Федерации и входящих в него государственных образований, местными органами власти и специально уполномоченными на то органами. Среди них прежде всего Министерство природных ресурсов РФ, Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, Министерство труда и социального развития РФ, Министерство здравоохранения РФ, Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и их территориальные органы.

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным

нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

– повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса. Рабочее место является основной подсистемой производственного процесса.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400 – 500) мм и углам наклона вперед до 15°, и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки (300 ± 20) мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $\pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах (260 – 400) мм;

- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной (50 – 70) мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах (230 ± 30) мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах (350 – 500) мм.

Рабочее место АРМ - оператора следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии (100 – 300) мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо - восток.

Выполняя планировку рабочего места необходимо учитывать следующее:

1. Рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм;

2. Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой (1,5 – 2,0) м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600 – 700) мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения от 0,4 до 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого

оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики;

3. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

4. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию;

5. Стул не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм.

6.2 Профессиональная социальная безопасность.

Социальная безопасность — это состояние и характеристика меры достижения оптимального уровня безопасности функционирования, воспроизводства и развития социальной системы, которое обеспечивается совокупностью, осуществляемых государством и обществом, политических, правовых, экономических, идеологических, организационных и социально-психологических мер, позволяющих сохранять существующие в обществе конституционный строй, социальную стабильность, не допуская их ослабления и тем более подрыва.

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Работа на персональных электронно-вычислительных машинах относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда. По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. В связи с тем, что на состояние здоровья работника химические и биологические факторы существенного влияния не оказывают, то рассматриваются лишь две группы факторов.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ-12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ ТП

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ-12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Рабочей зоной оператора является помещение диспетчерской, Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров по очистки нефти на УКПН.	1. Отклонения микроклимата от нормы. 2. Недостаточная освещенность. 3. Повышенный уровень шумов 4. Электромагнитные излучения	1. Электро-безопасность 2. Пожаро-взрывобезопасность	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [1] Освещение – СП 52.13330.2016 [3] Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [4] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5]

6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве.

Отклонения показателей микроклимата

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, состояние микроклимата в помещении,

используемом для разработки, оказывает существенное влияние на качество работы и производительность труда.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ.

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных значениях наблюдается высокий уровень работоспособности и обеспечивается нормальное состояние организма работника.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [1] и приведены в таблице 21 и 22.

Таблица 21 – Оптимальные и допустимые параметры температуры и влажности воздуха

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	
	Оптимальный	Допустимый	Оптимальный	Допустимый
Холодный	(22 – 24)	(18 – 25)	(40 – 60)	(15 – 75)
Теплый	(23 – 25)	(20 – 28)	(40 – 60)	55 при 28 °С

Таблица 22 – Оптимальные и допустимые параметры скорости движения воздуха

Период года	Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальный	Допустимый
Холодный	0,1	Не больше 0,1
Теплый	0,1	(0,1 – 0,2)

Для обеспечения нормальных метеоусловий и снижения концентрации вредных веществ в операторной предусмотрены естественная и искусственная

вентиляция. Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные короба, искусственная вентиляция – общая приточно вытяжная. Кратность воздуха $K = 3$ ч – 3. Предусмотрено включение снаружи автомеханической вентиляции.

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха.

Воздуховоды изготавливают из не искрящего и нержавеющей материала, чтобы не возникло статистических зарядов. Воздуховоды заземляют.

В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно и приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение
Объем до 20 м^3 на человека	Не менее 30
$(20 - 40) \text{ м}^3$ на человека	Не менее 20

Недостаточная освещённость рабочей зоны

По санитарно-гигиенических нормам (таблица 24) рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Отсутствие хорошего освещения может привести к профессиональным заболеваниям, а также ухудшению концентрации работников. Работа оператора в основном проводится за дисплеем персонального компьютера, что вынуждает его работать с контрастным фоном, в случае недостаточной освещённости рабочего места. В результате у работника может ухудшиться зрения, а также возникнуть переутомление. Тоже самое происходит и при избыточном освещении помещения.

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). Наименьший размер объекта различения составляет (0,3 – 0,5) мм [2].

Таблица 24 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характер зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд	Подразряд	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк	Средний КЕО при верхнем или верхнем и боковом освещении	Минимальный КЕО при боковом освещении
Высокой точности	(0,3 - 0,5)	Б	1	Не менее 70	300	3,0	1,2
			2	Менее 70	200	2,5	1,0

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 25. [3]

Таблица 25 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	(300 – 500) Лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 Лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

В случае отключения рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение $E = 10$ Лк.

Эвакуационное освещение предусмотрено в проходах, на лестницах, которое обеспечивает освещенность в помещениях 0,5 Лк, на открытых территориях 0,2 Лк.

Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [4].

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 26.

Таблица 26 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	93	79	70	68	58	55	52	52	60

Для снижения уровня шума применяют: подавление шума в источниках; звукоизоляция и звукопоглощение; увеличение расстояния от источника шума; рациональный режим труда и отдыха.

Электромагнитное излучение

Все приборы, работающие от электросети, оказывают влияние на окружающее их электромагнитное поле – физическое поле, которое взаимодействует со всеми телами, обладающими хотя бы минимальным электрическим зарядом. К таким телам принадлежит и человеческий организм. Наше тело вырабатывает немало электрических импульсов. Сигналы нервной системы, сокращения сердечной мышцы и ряд других функций осуществляются при помощи тока электрических импульсов по живым волокнам. Электромагнитное излучение от приборов создает возмущения в физическом поле. В настоящий момент общая «масса» таких возмущений уже стала критической и превратилась в своеобразный вид экологического загрязнения, который невозможно увидеть невооруженным глазом.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является дисплей компьютера. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечнососудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью

излучения и индивидуальными особенностями организма.

Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5]. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих места, оборудованных ПВМ представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность поражения электрическим током существует всегда, если имеется контакт с устройством, питаемым напряжением 36 В. и выше, тем более от электрической сети 220 В. Это может произойти по оплошности в случае прикосновения к открытым токоведущим частям, но чаще всего из-за различных причин (перегрузки, не совсем качественная изоляция, механические повреждения и др.). В процессе эксплуатации может ухудшиться изоляция токоведущих частей, в том числе шнуров питания, в результате чего

они могут оказаться под напряжением, и случайное прикосновение к ним чревато электротравмой, а в тяжелых случаях — и гибелью человека.

Зоной, повышенной электроопасности являются места подключения электроприборов и установок. Нередко подключающие розетки располагают на полу, что недопустимо. Часто совершается другая ошибка — перегрузка розеток по мощности, и, как следствие, происходит нарушение изоляции, приводящее к короткому замыканию.

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении токоведущими частями оборудования.

Согласно с [6] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [7]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50 %;
- средняя температура около 24 °С;
- наличие непроводящего полового покрытия.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов.

При безопасных условиях труда исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. Всегда ли в условиях реального производства можно так организовать технологический процесс, чтобы значения воздействующих на работающих опасных и вредных производственных факторов равнялись нулю (чтобы на работающих не действовали опасные и вредные производственные факторы).

Эта задача в принципе эквивалентна задаче создания безопасной техники, т. е. достижения абсолютной безопасности труда. Однако абсолютная безопасность либо технически недостижима, либо экономически нецелесообразна, так как стоимость разработки безопасной техники обычно превышает эффект от ее применения. Поэтому при разработке современного оборудования стремятся создать максимально безопасные машины, оборудование, установки и приборы, т. е. свести риск при работе с ними к минимуму. Однако этот параметр не может быть сведен к нулю.

Защита от вредных и опасных производственных факторов обеспечивается снижением их уровня в источнике и применением профилактических и предохранительных мер. При этом компетентность людей в области производственных опасностей и способов защиты от них -- необходимое условие обеспечения их безопасности.

Одна из самых распространенных мер по предупреждению неблагоприятного воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов - использование средств коллективной и индивидуальной защиты. Первые из них предназначены для одновременной защиты двух и более работающих, вторые - для защиты одного работающего.

6.3 Экологическая безопасность.

В процессе эксплуатации УКПН, возможна утечка газа или нефти и могут появляться источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу».

В процессе хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду.

На УПГ происходит выделение газоконденсатов с последующим сбором в емкости для сбора газоконденсата. При хранении в емкости газоконденсат выделяет пары, которые по степени воздействия на организм человека, относятся к 4 классу опасности (вещества малоопасные).

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению испарения газоконденсатов, путем герметизации емкости для сбора газоконденсата и откачивании его по соответствующему графику.

6.3.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду.

Технологические объекты разработки месторождения оказывают влияние на все элементы природной среды: атмосферу, почво-грунты, растительность и животный мир. Основными источниками выбросов в атмосферу являются:

- факельное сжигание, выпуск и продувка газа;
- работа двигателей внутреннего сгорания;
- пыль, поднимаемая летом транспортными средствами;
- утечки газа и испарение легких углеводородов.

В атмосферу могут попадать углекислый газ, окись углерода, окислы азота, сернистые соединения, метан, метанол, летучие компоненты

деэмульгаторов и ингибиторов коррозии, сажа и др. Основными источниками загрязнения водоемов являются пластовые воды, буровые растворы и жидкости для ремонта скважин, технические и сточные воды, включая бытовые.

6.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Перечень мероприятий по охране окружающей среды, направленных на защиту окружающей природы:

1. Приобретение нового или модернизация старого оборудования, отвечающего более высоким стандартам качества;
2. Внедрение технологий по более эффективной очистке нефти;
3. Внедрение установок для рециркуляции отработанных и дымовых газов;
4. Разработка систем очистки и систем по измерению и контролю содержания вредных веществ;
5. Совершенствование организационных процессов управления природоохранной деятельностью;
6. Расчет рисков для состояния окружающей среды при реализации предприятием программ по очистке и другим природоохранным мероприятиям;
7. Расследование причин и последствий выбросов вредных веществ в окружающую среду, подготовку предложений по их предупреждению;
8. Разработку мер по улучшению охраны окружающей среды на основе изучения и обобщения передового опыта отечественных и зарубежных предприятий;
9. Ведение учета показателей, характеризующих состояние окружающей среды;

6.3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В процессе эксплуатации второй ступени сепарации УКПН возможно образование опасной чрезвычайной ситуации, такой как пожар или взрыв. Исследуемый объект классифицируется, как пожаровзрывоопасный и для

предотвращения данных ситуаций требуется комплекс ряда профилактических мер по предотвращению и борьбе с их локализацией.

6.4 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага. Пожары на предприятиях приносят значительный материальный ущерб, поэтому пожарной безопасности уделяют особое внимание.

Взрыв – это происходящий внезапно (мгновенно) процесс превращения вещества с выделением большого количества энергии в ограниченном объеме.

К основным причинам пожаров и взрывов на УКПН можно отнести следующие:

- непредвиденная утечка природного газа, что может привести к опасной концентрации природного газа (5 – 15) %;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- негерметичное соединение приборов и датчиков;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории УКПН (курение и т. п.).

Пожарная безопасность должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения утечки природного газа;
- предотвращения образования на территории УКПН горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход газа, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего УКПН, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

Как известно, горение природного газа или взрыв происходит в непроветриваемых помещениях при ПДК (5 – 15)%.

6.4.1 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Основным приемом для предотвращения возгорания является своевременное перекрытие запорной арматуры, с целью отключения участка возгорания от подачи газа. Также на территории УКПН должен иметься пожарный щит с наличием средств пожаротушения. Наличие в неветриваемых помещениях сигнализаторов с чувствительными элементами, сигнализирующие об утечки газа. На территории УКПН быть установлены знаки пожарной безопасности для обозначения места расположения пожарного инвентаря, оборудования, гидрантов, колодцев и т.д., проходов к нему, схема эвакуации, а также для обозначения запретов на действия, нарушающие пожарную безопасность.

УКПН оборудован лафетными стояками, системами пожарного водопровода. При пожаре включаются противопожарные насосные станции. Наружная установка по периметру оснащена пеногенераторными стояками, системами паротушения.

Мероприятия по предупреждению пожара:

- электрооборудование взрывозащищенного исполнения;
- напряжение для переносного электроинструмента и освещение не более 42В;
- систематическая проверка исправности заземления;

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была создана автоматизированная система управления второй ступени сепарации установки комплексной подготовки нефти. Был изучен технологический процесс разделения нефтяной эмульсии, а также оборудование, необходимое для проведения данного процесса. На основе полученных знаний были разработаны структурные и функциональные схемы автоматизации, позволяющие подобрать подходящее по характеристикам оборудование, учитывая все особенности системы. Для контроля параметров процесса сепарации было выбрано отечественное оборудование в рамках импортозамещения. Для автоматизированной системы были выбраны КИП и исполнительные устройства: датчик давления «Метран-150CG», волновой радарный уровнемер «Ризур - 900», датчик расхода «Метран-370», датчик расхода «Метран-331», датчик температуры «Метран 250», клапан регулирующий односедельный компании «Авангард». Промышленный контроллер «ОВЕН ПЛК160», SCADA-система «MasterSCADA».

Была разработана схема электрических подключений, позволяющая произвести коммуникационные соединения для последующей передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора.

Для обеспечения возможностей совместной работы средств автоматизации, функционирующих на разных аппаратных платформах, в разных промышленных сетях и производимых разными фирмами, было разработано дерево экранных форм, выполнена настройка OPC-сервера и собрана мнемосхема второй ступени сепарации.

Для нормальной работы и безопасного протекания технологического процесса были разработаны алгоритмы управления, контролирующие работу оборудования. В процессе сепарации ведется журнал логирования и записываются линии тренда. В случае превышения максимально допустимых значений параметров процесса появляется окно предупреждения.

Таким образом, разработанная система автоматизации позволяет вести контроль работы оборудования, используемого в процессе сепарации. Гибкость настройки системы позволяет при необходимости в любой момент изменить параметры ведения процесса, что удовлетворяет современным требованиям автоматизации

Список используемых источников

1. Установка комплексной подготовки нефти [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://uchebana5.ru/cont/1928371-pl11.html>
2. Схема трехфазного сепаратора НГСВ 1,0 – 3400 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.tehnoeo.ru/product/separ/separato2/>
3. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
4. Промышленный контроллер «ОВЕН ПЛК160» контроллер для средних систем автоматизации [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.owen.ru/product/plk160>
5. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 464 с
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 2006. – 376 с
7. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
8. Датчик давления «Метран-150CG» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://data.lact.ru/fl/s/16/557/basic/1490/144/Rukovodstvo_po_ekspluatatsii_Metran_150_SPGK-5225.pdf
9. Волновой радарный уровнемер «Rosemount 3300» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.pea.ru/fileadmin/files/emerson/urovnmery/Volnovodnye_radarnye_urovnmery_Rosemount_serii_3300.pdf
10. Бесконтактный ультразвуковой уровнемер «Rosemount 3100» [Электронный ресурс] Режим доступа:

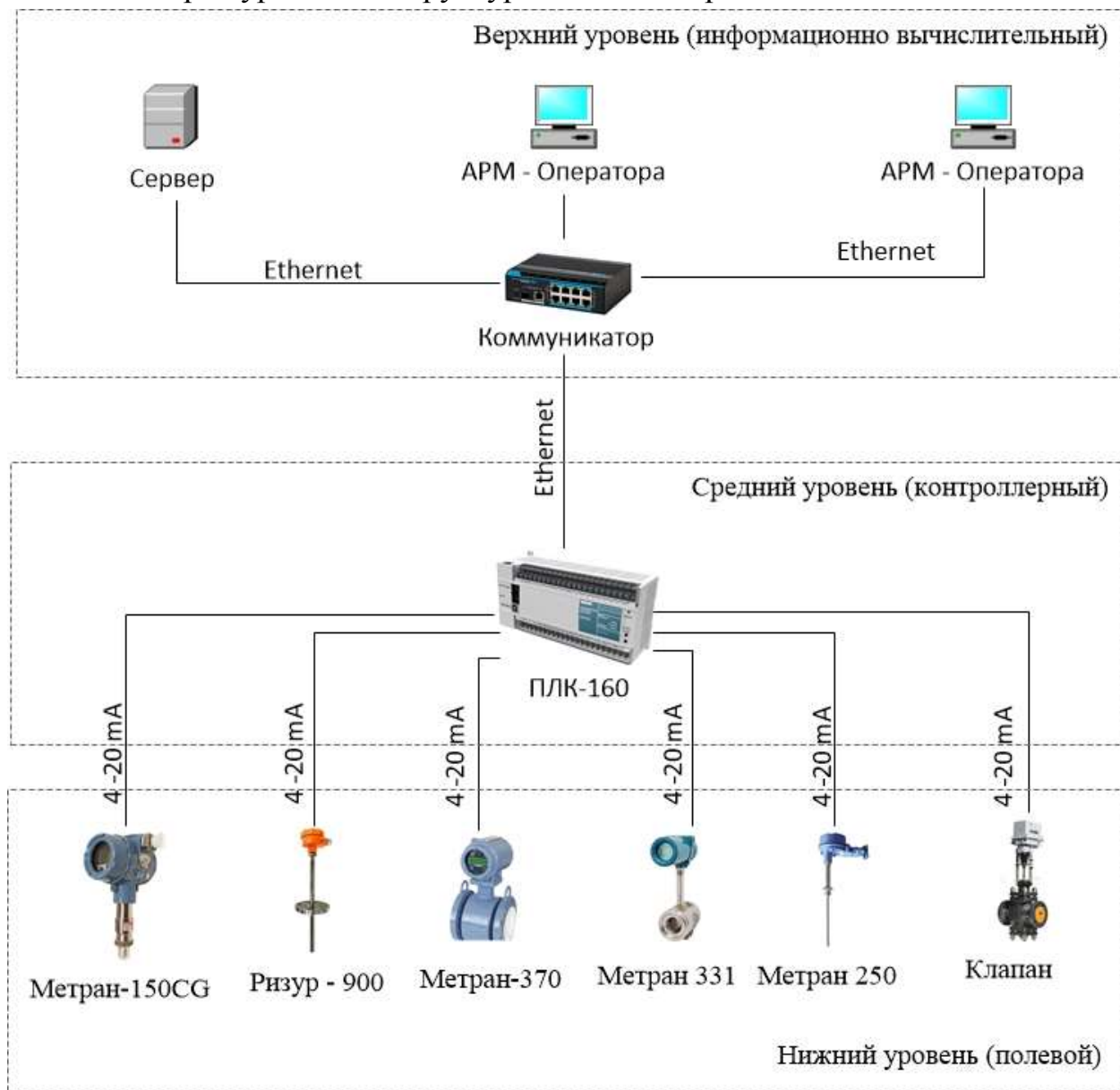
- http://www.pea.ru/fileadmin/files/emerson/urovnemery/Beskontaktnye_ultrazvukovye_urovnemery_Rosemount_cerii_3100.pdf
11. Электромагнитный расходомер Метран-370 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://promhimtech.ru/wpcontent/uploads/2018/06/Metran-370.pdf>
 12. Датчик температуры «Метран 250» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://promhimtech.ru/wp-content/uploads/2018/06/Metran-370.pdf>
 13. Клапан стальной регулирующий двухседельный фланцевый с ЭИМ PN6 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.kmzperm.ru/goods/40718740-klapan_stalnoy_reguliruyushchi_dvukhsedelny_flantsevy_s_eim_pn6_3mpa
 14. Кабель КВВГЭнг [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://kps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-\(0,66kv\)/kvvgeng/kabel-kvvgeng-4x1_5.html](https://kps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-(0,66kv)/kvvgeng/kabel-kvvgeng-4x1_5.html)
 15. Ушева, Н.В. Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти [Текст] / НВ. Ушева, О.Е. Мойзес, С.Ф. Ким, С.Н. Гизатуллина С.Н. // Известия ВУЗов Химия и химическая технология.-2014.-Т.57. Вып.11.- С.101-103.
 16. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
 17. Черных И.В. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>
 18. MasterSCADA. Вводная и видеоуроки [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/scada/thread896128.html>
 19. MasterOPC Вводная и видеоуроки [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://masteropc.insat.ru/about-masterscada/video/>
 20. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с

- 21.Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014);
- 22.Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
- 23.СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах";
- 24.Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
- 25.ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 26.ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 27.ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 28.ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 29.ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

Приложение А

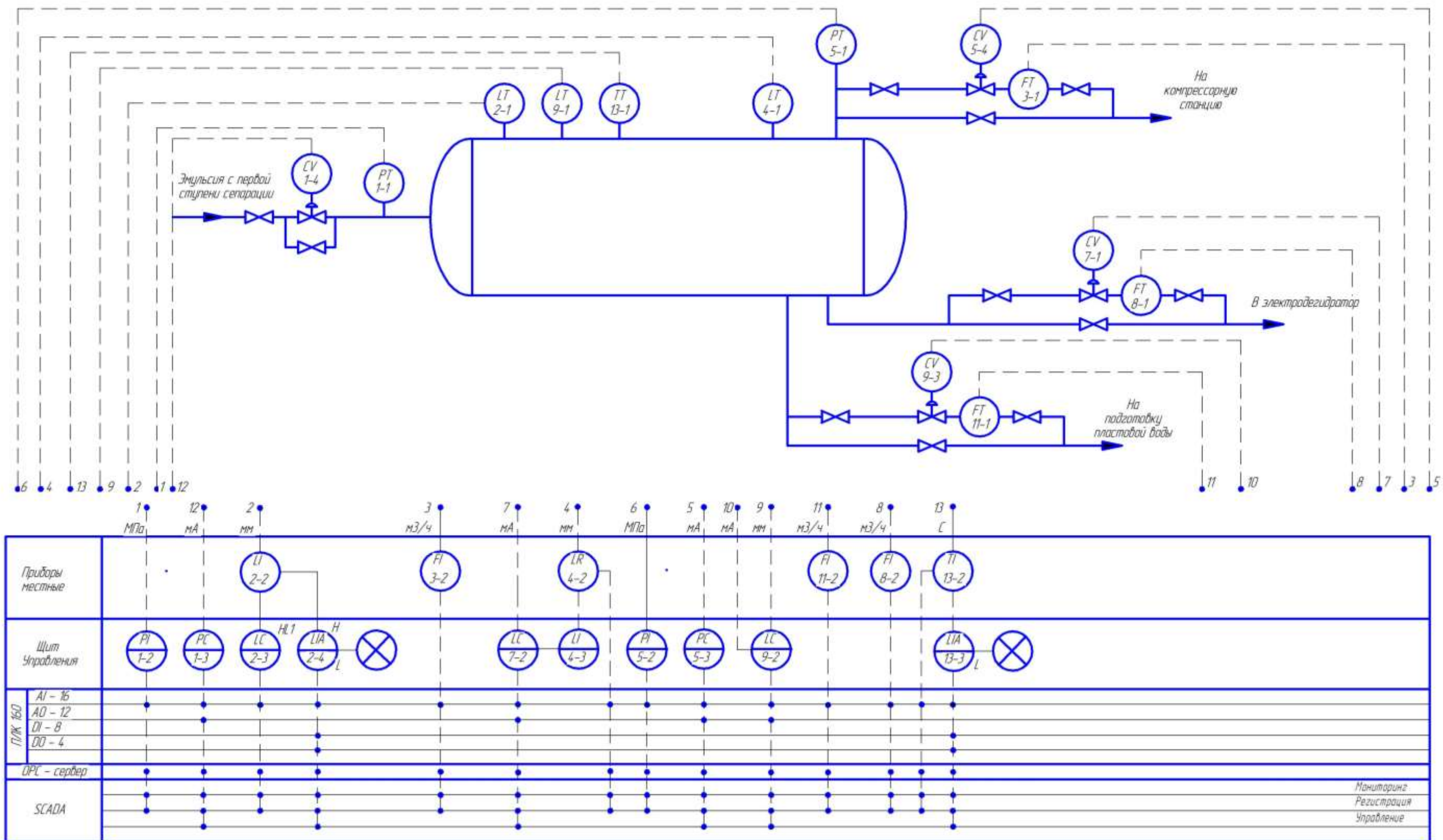
(обязательное)

Трех уровневая структура автоматизированной системы

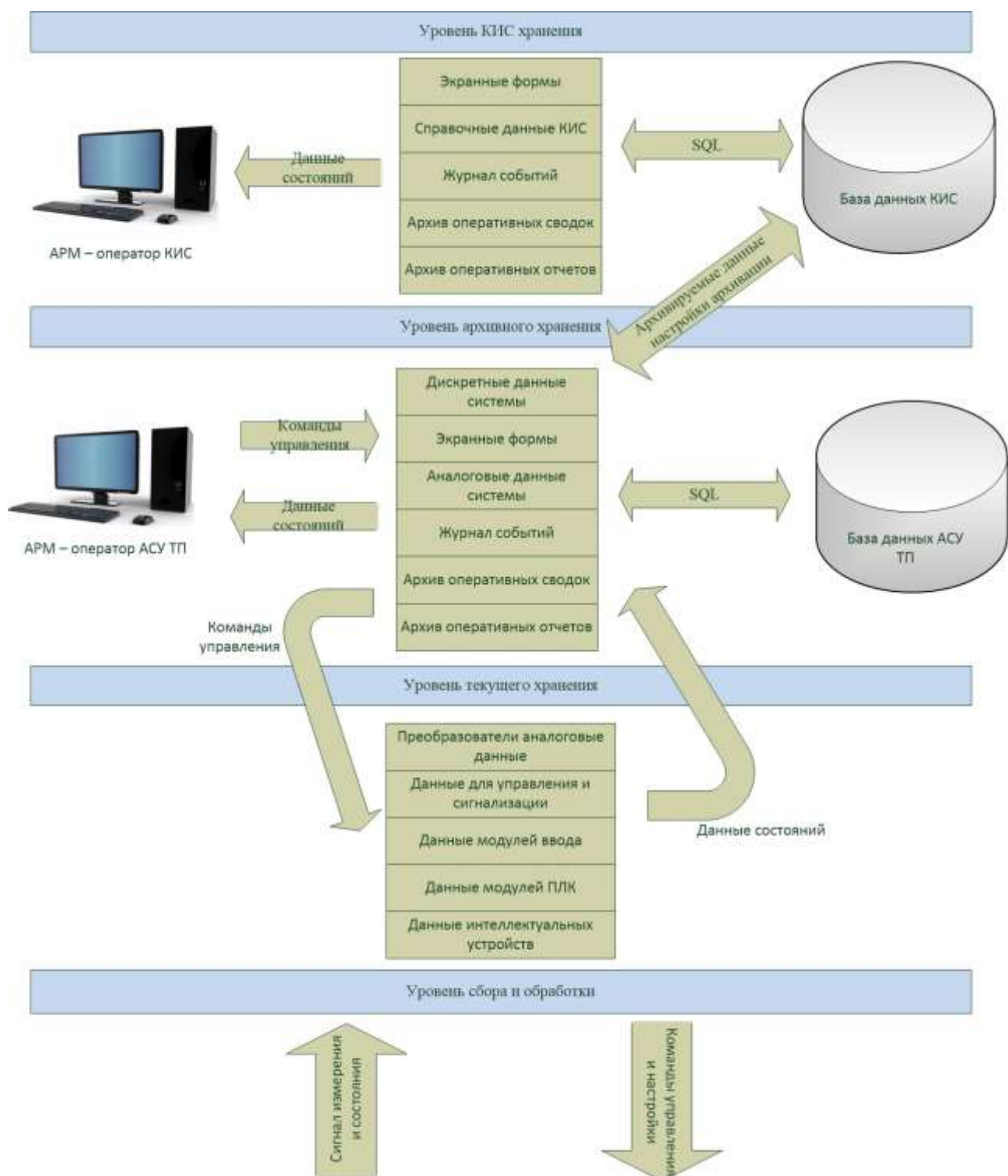


(обязательное)

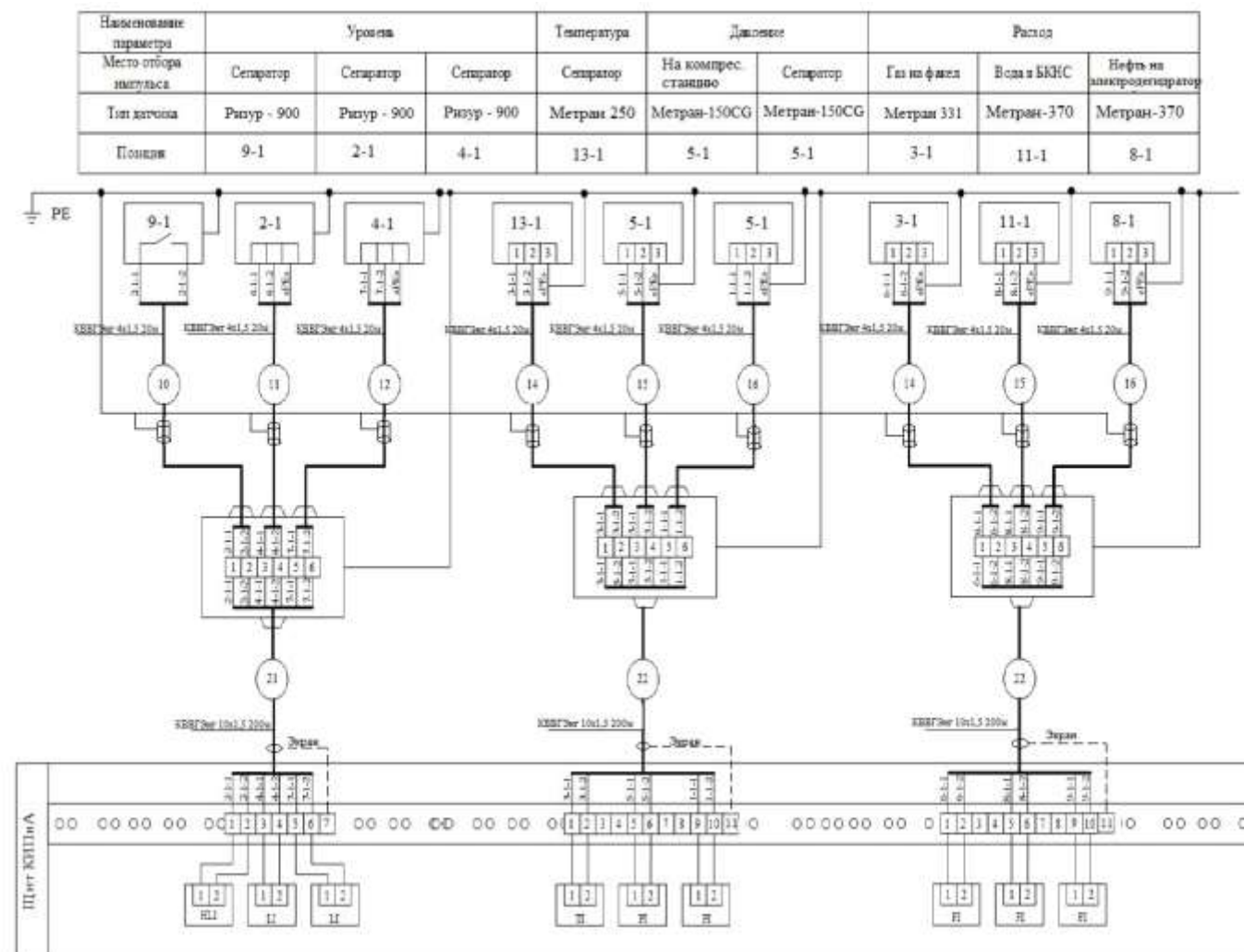
Функциональная схема автоматизации трехфазного сепаратора второй ступени сепарации



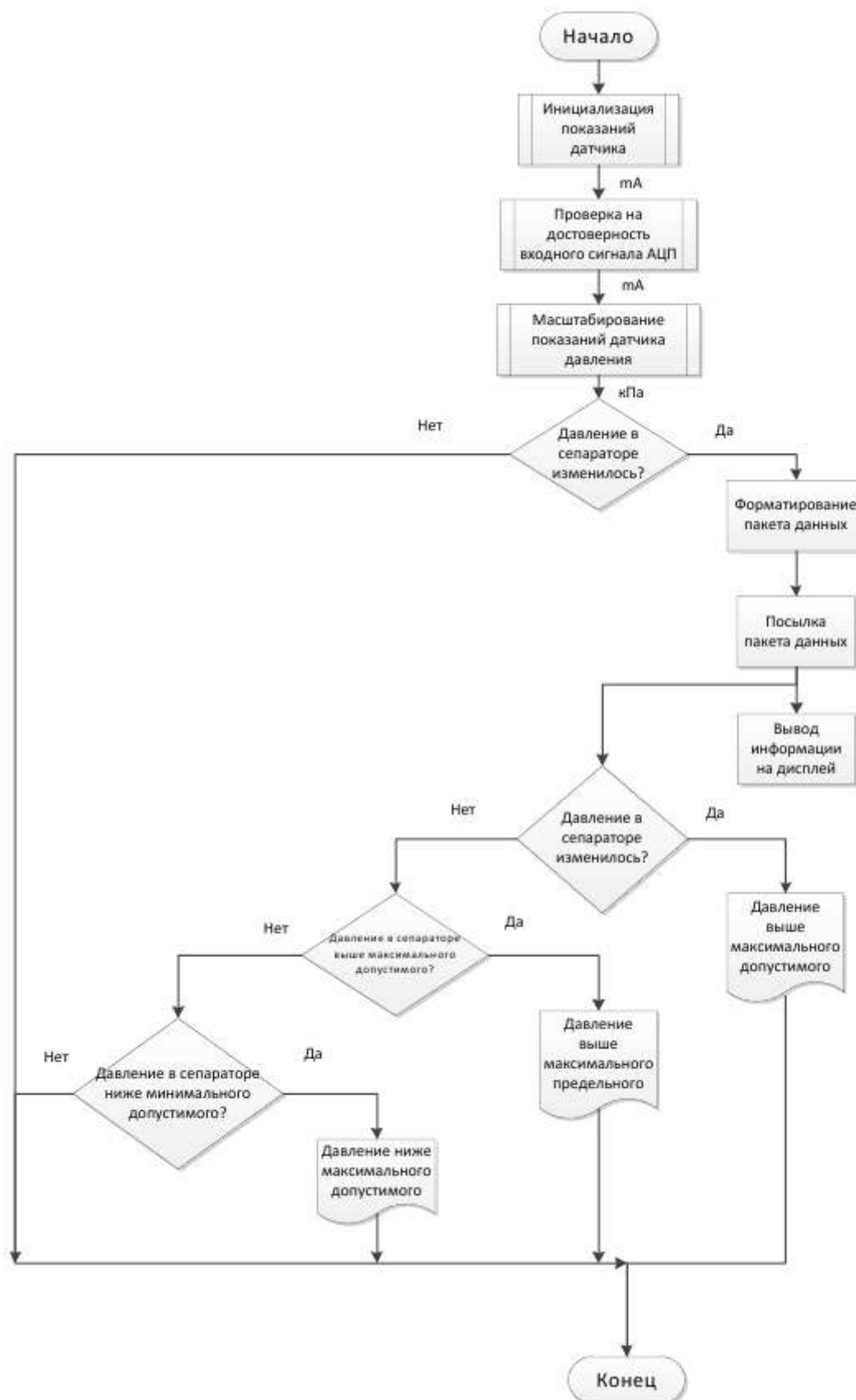
Приложение В (обязательное) Схема информационных потоков



Приложение Г (обязательное) Схема внешней проводки



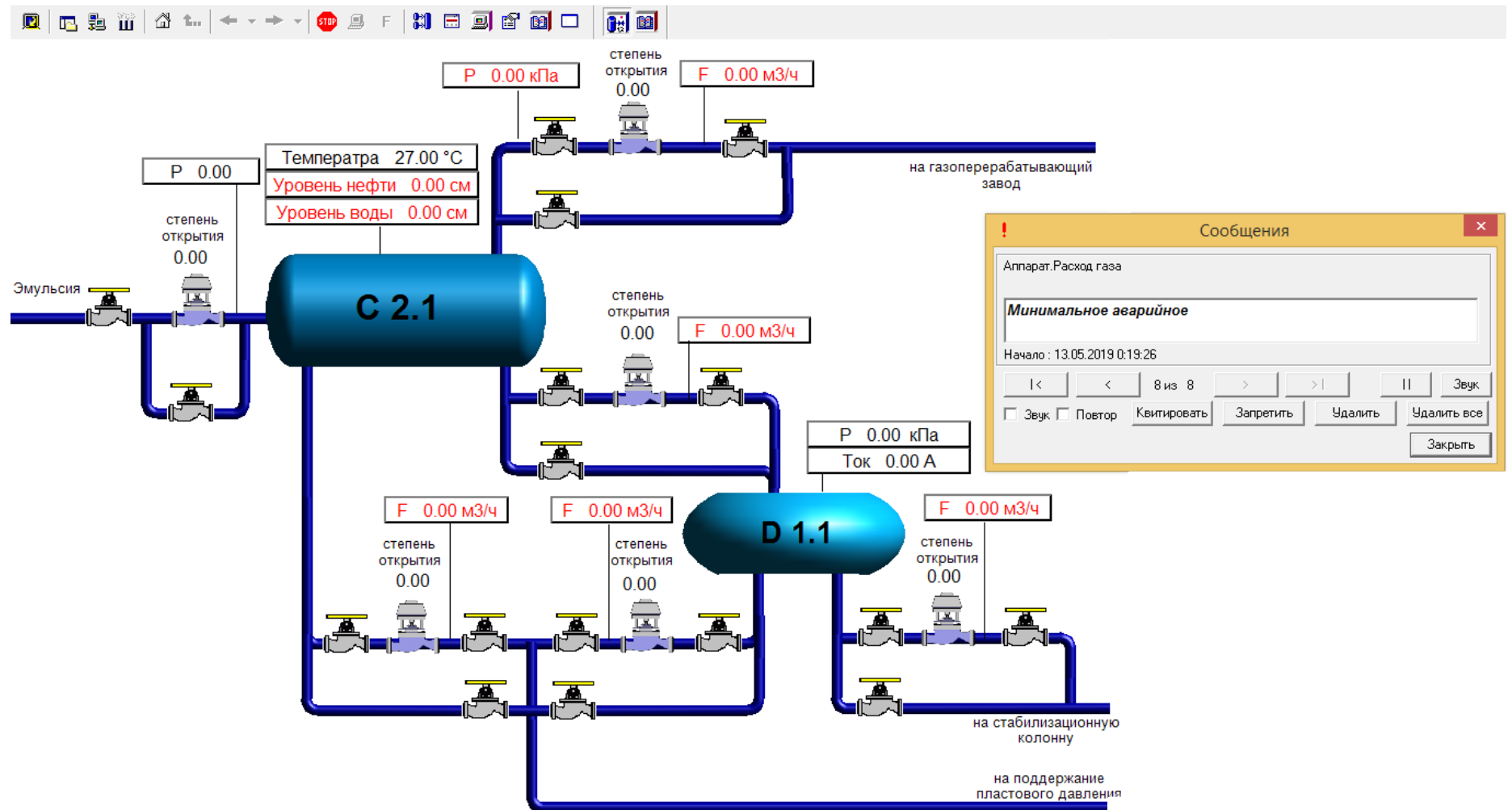
Приложение Д
(обязательное)
Алгоритм слежения за уровнем давления



Приложение Е

(обязательное)

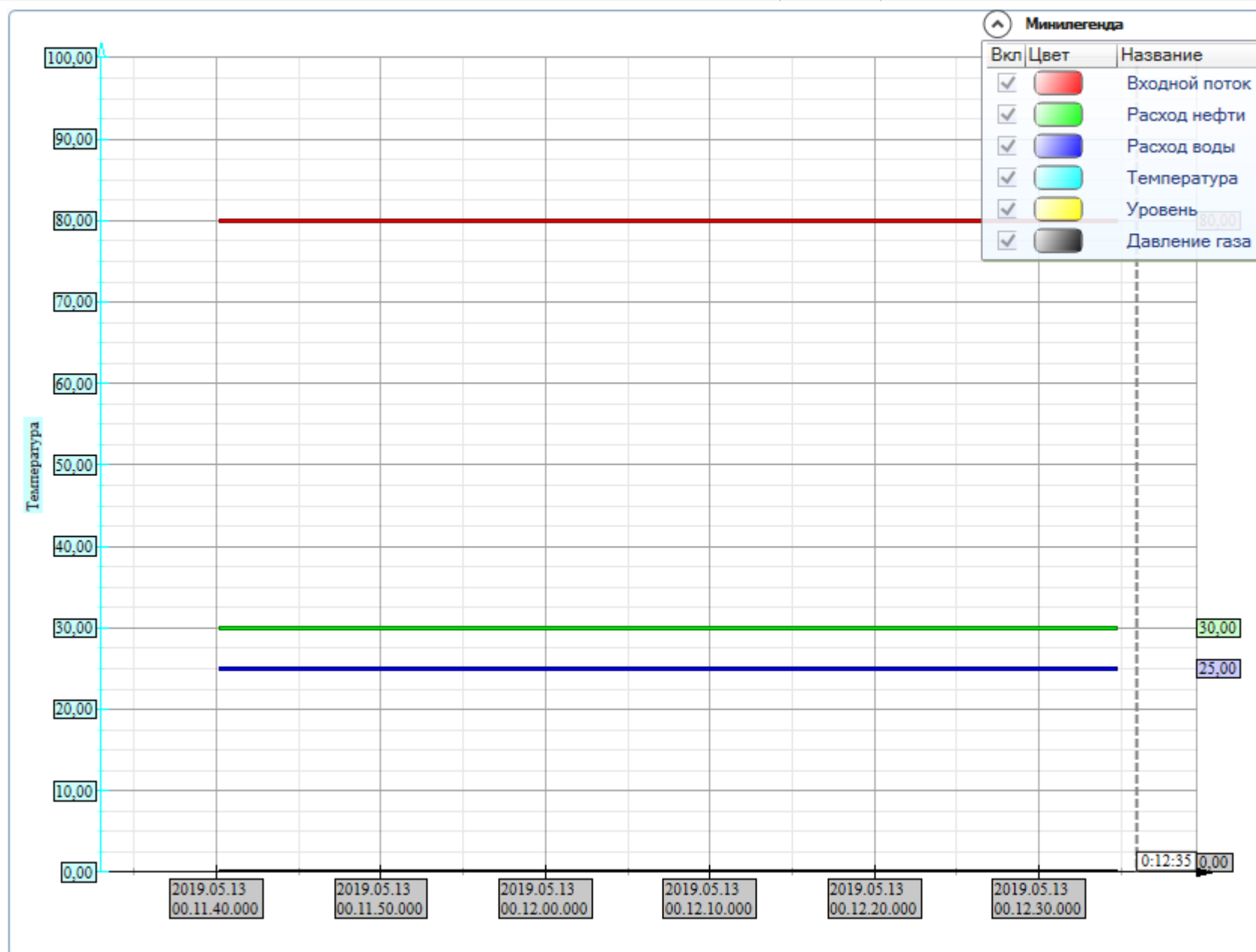
Автоматизированная система управления



Легенда Настройки						Прим.	Квитировать
Квит	Начало	Конец	Сообщение	Источник	Объект		
☒	13.05.2019 00:19:26		Минимальное аварийное	Расход газа	Аппарат		
☒	13.05.2019 00:19:24		Минимальное аварийное	Расход воды	Аппарат		
☒	13.05.2019 00:19:21		Минимальное аварийное	Расход нефти	Аппарат		
☒	13.05.2019 00:19:12		Минимальное аварийное	Уровень нефтяной эмульсии	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:19:12		Минимальное аварийное	Давление газа	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:19:12		Минимальное аварийное	Уровень нефти	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:19:12		Минимальное аварийное	Уровень воды	Аппарат.Сепаратор		
	13.05.2019 00:17:13		Минимальное аварийное	Расход воды	Аппарат		
☒	13.05.2019 00:17:10		Минимальное аварийное	Расход нефти	Аппарат		
☒	13.05.2019 00:17:08		Минимальное аварийное	Расход газа	Аппарат		
☒	13.05.2019 00:16:48		Минимальное аварийное	Уровень нефтяной эмульсии	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:16:48		Минимальное аварийное	Давление газа	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:16:48		Минимальное аварийное	Уровень нефти	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:16:48		Минимальное аварийное	Уровень воды	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:11:40		Минимальное аварийное	Уровень нефтяной эмульсии	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:11:40		Минимальное аварийное	Давление газа	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:11:40		Минимальное аварийное	Уровень нефти	Аппарат.Сепаратор		
☒	13.05.2019 00:11:40		Минимальное аварийное	Уровень воды	Аппарат.Сепаратор		

Активация Windows 18 записей
 Чтобы активировать Windows, перейдите к
 параметрам компьютера.

10 мин 0 сек



Приложение 3
(обязательное)
Перечень сигналов

Наименование сигнала	Идентификатор	Диапазон измерений	Единицы измерения	Тип сигнала
Расход выходящего газа из сепаратора	CON_TR1_GAZ	От 0 до 2000	м ³ /ч	(4 – 20) мА
Расход воды в сепараторе	CON_TR1_WAT	От 0 до 1000	м ³ /ч	(4 – 20) мА
Расход нефти в сепараторе	CON_TR1_OIL	От 0 до 1000	м ³ /ч	(4 – 20) мА
Управление клапаном уровня 1 отсека	CTR_KL1_LVL1_REG	От 0 до 100	%	(4 – 20) мА
Управление клапаном уровня 2 отсека	CTR_KL2_LVL2_REG	От 0 до 100	%	(4 – 20) мА
Сигнализатор уровня в сепараторе	LVL_SPR_GJS_DAN	-	-	DI
Давление в сепараторе	CON_SPR_GJS_DAN	От 0 до 1000	кПа	(4 – 20) мА
Управление клапаном давления газа в сепараторе	CTR_KL3_GAS_REG	От 0 до 100	%	(4 – 20) мА
Температура в сепараторе	TPR_SEP_GJS_REG	От 0 до 250	Градусы Цельсия	(4 – 20) мА
Ток в электродегидраторе	AMP_EDR_EDG_DAN	От 0 до 250	А	(4 – 20) мА
Расход воды из электродегидратора	CON_TR2_WAT	От 0 до 1000	м ³ /ч	(4 – 20) мА
Расход нефти из электродегидратора	CON_TR2_OIL	От 0 до 1000	м ³ /ч	(4 – 20) мА