

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления концевой сепарационной установки подготовки нефти

УДК 681.51:004.896:621.928:622.276.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Усов Алексей Павлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	к.т.н.		

Консультант

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

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Елена Вячеславовна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

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 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 (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
гр. 3-8Т52	Усову Алексею Павловичу

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления концевой сепарационной установки подготовки нефти
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-64/с от 28.02.2020 г.
---	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы	05.06.2020 г.
---	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – концевая сепарационная установка. Режим работы – непрерывный. Вид сырья – нефть. АС должна обеспечивать следующее: местный визуальный контроль основных параметров технологического процесса; автоматическое поддержание остановки и блокировку программы заданного технологического режима работы установки; плановую</p>
---	--

	автоматическую остановку установки; аварийную автоматическую пуска установки с подачей звуковой и световой сигнализации при отклонении от установленных значений основных технологических параметров.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Исследование объекта, подбор оборудования, разработка структурной и функциональной схем АСУ, расчет экономической эффективности, безопасность труда, экология.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Функциональная схема автоматизации; Схема соединения внешних проводок; Перечень входных/выходных сигналов технологического процесса; SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП. Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП. Матвиенко Владимир Владиславович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель/консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Усов Алексей Павлович		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – бакалавр
 Отделение (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 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:	05.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2020 г.	Основная часть	60
25.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
30.05.2020 г.	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	К.Т.Н.		

Консультант

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Усову Алексею Павловичу

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Отделение автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Принять по действительным ценам Ставка НДС – 20 % Ставка социального налога – 30 %
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, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление графика работ Расчёт полных затрат на ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка технико-экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Альтернативы проведения ТП
3. График проведения и бюджет ТП
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности ТП

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		15.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Усов Алексей Павлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Усову Алексею Павловичу

Школа	ИИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка автоматизированной системы управления концевой сепарационной установки подготовки нефти	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является помещение операторной. В операторной рабочей зоной является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров концевой сепарационной установки.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ [13]. 2.ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [14].
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Повышенная или пониженная влажность воздуха; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шумов на рабочем месте; 4. Электромагнитное излучение. 5. Электрический ток (источником является ПК, пульт управления). 6. Повышенная загазованность воздуха (на площадке концевой сепарационной установки).
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на литосферу, гидросферу происходит в результате аварий с разливом нефти, неправильной утилизации электронных компонентов и люминесцентных ламп. Воздействие на атмосферу

	происходит в результате выбросов химических реагентов, связанных с технологическим процессом.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, взрыв.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Матвиенко В.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Усов Алексей Павлович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 91 страницы, 14 рисунков, 20 таблиц, 27 использованных источника, 4 приложений.

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, КОНЦЕВАЯ СЕПАРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА, НЕФТЬ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАТЧИКИ, SCADA, ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ.

Объектом исследования является концевая сепарационная установка подготовки нефти.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом концевой сепарационной установки с использованием программируемого логического контроллера (ПЛК) и выбранной SCADA-системы.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы будут разработаны: функциональные схемы автоматизации, схемы подключения внешних проводок, алгоритмы защит, перечень оборудования, перечень входных/выходных сигналов.

Благодаря, разработанной автоматизированной системы планируется сократить число аварий, увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений параметров концевой сепарационной установки.

Эффективность разработанной автоматизированной системы управления технологическим процессом концевой сепарационной установки заключается в снижении возможных ошибочных действий обслуживающего персонала и получении надежной системы.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2007, САПР AutoCAD 2007, математического пакета MathCAD и представлена на компакт-диске (в конверте на обороте обложки).

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.

интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN): Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

видеокадр: Область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.

мнемосхема: Представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

мнемознак (мнемосимвол): Представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

интерфейс оператора: Совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

профиль АС: Подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000-3-99.

протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet): Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами.

технологический процесс (ТП): Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов).

система управления базами данных (СУБД): Совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным.

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

SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных): Инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных.

OPC-сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

стандарт: Образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними др. подобных объектов. Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации,

хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

объект управления: Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления.

программируемый логический контроллер (ПЛК): Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.

диспетчерский пункт (ДП): Центр системы диспетчерского управления, где сосредотачивается информация о состоянии производства.

автоматизированное рабочее место (АРМ): Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием, как правило, используют SCADA-системы.

тег: Идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

корпоративная информационная система (КИС): Масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления.

пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор: устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД – регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдает управляющий сигнал, являющийся

суммой трех слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

ФЮРА. 425280: Код организации разработчика проекта (ТПУ); 425280 это код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (в соответствии с шестизначной классификационной характеристикой ОКП этот код означает программно-технические комплексы для распределенного автоматизированного управления технологическим объектом, многофункциональные).

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими обозначениями и сокращениями:

ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America) – Американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей;

API (Application Program Interface) – интерфейс прикладных программ;

EI (External Environment Interface) – интерфейс внешнего окружения;

HMI (Human Machine Interface) – человеко-машинный интерфейс;

IP (International Protection) – степень защиты;

ODBC (Open DataBase Connectivity) – программный интерфейс доступа к базам данных (открытая связь с базами данных);

OLE (Object Linking and Embedding) – протокол, определяющий взаимоотношение объектов различных прикладных программ при их компоновке в единый объект/документ;

OPC (Object Protocol Control) – OLE для управления процессами;

OSE/RM (Open System Environment Reference Model) – базовая модель среды открытых систем;

OSI (Open Systems Interconnection) – эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

SNMP (Simple Network Management Protocol) – протокол управления сетями связи на основе архитектуры TCP/IP;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

КСУ – Концевая сепарационная установка;

ПО – программное обеспечение.

Оглавление

Введение	18
1 Техническое задание	19
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП	19
1.2 Требования к техническому обеспечению	20
1.3 Требования к метрологическому обеспечению	21
1.4 Требования к программному обеспечению	22
1.5 Требования к математическому обеспечению	23
1.6 Требования к информационному обеспечению	23
2 Технические решения разрабатываемой АС	25
2.1 Описание технологического процесса	25
2.2 Выбор архитектуры АС	26
2.3 Разработка структурной схемы АС	28
2.4 Функциональная схема автоматизации	30
2.5 Схема информационных потоков	31
2.6 Выбор средств реализации	34
2.6.1 Выбор контроллерного оборудования	25
2.6.2 Выбор оборудования передачи данных	38
2.6.3 Выбор датчика давления	39
2.6.4 Выбор датчика температуры	41
2.6.5 Выбор датчика уровня	43
2.7 Выбор исполнительных механизмов	45
2.8 Разработка схемы внешних проводок	47
2.9 Разработка алгоритмов управления АС	47
2.9.1 Алгоритм сбора данных измерений	48
2.9.2 Алгоритм автоматического управления технологическим параметром	49
2.10 Разработка программного обеспечения ПЛК	53
2.11 Экранные формы АС	53

3	Планирование научно-исследовательских работ	56
3.1	Структура работ в рамках научного исследования	56
3.2	Разработка графика проведения научного исследования	57
3.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
3.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	62
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование	64
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	65
3.3.4	Расчет затрат на единый социальный налог	66
3.3.5	Расчет затрат на электроэнергию	66
3.3.6	Расчет амортизационных расходов	67
3.3.7	Расчет прочих расходов	68
3.3.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	69
3.4	Оценка экономической эффективности проекта	70
4	Социальная ответственность	71
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
4.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	71
4.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	72
4.2	Профессиональная социальная ответственность	73
4.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	74
4.2.1.1	Отклонение показателей микроклимата	74
4.2.1.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	76
4.2.1.3	Электромагнитное и ионизирующее излучения	76
4.2.1.4	Недостаточная освещенность рабочего места	77
4.2.1.5	Электробезопасность	79
4.2.1.6	Нервно-психические перегрузки	80
4.2.1.7	Повышенная загазованность воздуха	81
4.2	Экологическая безопасность	81

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
4.3.1 Перечень возможных чрезвычайных ситуаций	82
4.3.2 Пожарная безопасность	82
Заключение	83
Список используемых источников	85
Приложение А (обязательное)	
Функциональная схема автоматизации	88
Приложение Б (обязательное)	
Схема внешних проводок	89
Приложение В (обязательное)	
Перечень входных/выходных сигналов технологического процесса	90
Приложение Г (обязательное)	
Алгоритм сбора данных с канала измерения давления	91

Введение

Специфика современного рынка нефтегазодобывающего комплекса, природно-климатические условия и социальная инфраструктура районов добычи заставляют непрерывно искать пути повышения рентабельности производства, совершенствования процесса управления и планирования. При этом в самом общем случае, основными способами увеличения эффективности предприятий являются оптимизация и модернизация производства, снижение производственных потерь и технологического расхода энергоносителей, увеличение достоверности и скорости получения информации, необходимой для принятия управленческих решений.

Автоматизация – это применение комплекса средств, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем. Автоматизация производственных процессов приводит к увеличению выпуска, снижению себестоимости и улучшению качества продукции, уменьшает численность обслуживающего персонала, повышает надежность и долговечность машин, дает экономию материалов, улучшает условия труда и техники безопасности.

Автоматизация освобождает человека от необходимости непосредственного управления механизмами. В автоматизированном процессе производства роль человека сводится к наладке, регулировке, обслуживании средств автоматизации и наблюдению за их действием. Эксплуатация средств автоматизации требует от обслуживающего персонала высокой квалификации [1].

Целью ВКР является разработка эффективной автоматизированной системы управления технологическим процессом концевой сепарационной установки подготовки нефти.

Практическая значимость данной ВКР заключается в применении материалов работы на практике в нефтегазовой отрасли.

1 Технические требования к разрабатываемой АС

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Основной задачей ВКР является разработка автоматизированной системы управления концевой сепарационной установки подготовки нефти с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

Разрабатываемая система предназначена для автоматизации следующих функций:

- дистанционного контроля над ходом технологического процесса, состояния технологического оборудования и средств КИПиА;
- выполнения автоматического, дистанционного ручного управления исполнительными устройствами;
- настройки параметров функционирования объекта;
- ведения архива технологической информации;
- изготовления печатных копий отчетов и сообщений системы.

Разрабатываемая АСУ ТП должна реализовывать следующие задачи:

- централизованный контроль и управление технологическими процессами концевой сепарационной установки;
- обеспечение надежной работы оборудования и предотвращения аварийных ситуаций;
- повышение эффективности технологических процессов концевой сепарационной установки;
- передача текущей информации в центральный диспетчерский пункт (ЦДП).

Целями создания АСУ ТП являются:

- обеспечение надежной и безаварийной работы производства;
- стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;
- увеличение выхода товарной продукции;

- уменьшение материальных и энергетических затрат;
- снижение непроизводительных потерь человеческих, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, сокращение эксплуатационных расходов;
- выбор рациональных технологических режимов с учетом показаний промышленных анализаторов, установленных на потоках, и оперативной корректировки стратегии управления по данным лабораторных анализов;
- улучшение качественных показателей конечной продукции;
- предотвращение аварийных ситуаций;
- автоматическая и автоматизированная диагностика оборудования АСУ ТП [2].

1.2 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках, в зависимости от зоны расположения объекта должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 50 °С до 50 °С и влажности не менее 80 % при температуре 35 °С. Все внешние части оборудования, которые находятся под напряжением, должны быть защищены от случайных прикосновений, а само оборудование иметь заземление [2].

Все датчики должны иметь унифицированный ток на выходе из диапазона (4 – 20) мА, а также HART протокол для контроля технологических параметров.

Датчики, используемые в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Технические средства системы по взрывопожароопасности должны соответствовать ПУЭ и ПБ 09-540-03. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с сероводородсодержащей или другой агрессивной средой, должны быть

выполнены из коррозионностойких материалов либо для их защиты необходимо использовать разделители сред.

Степень защиты технических средств от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

- 1) время наработки на отказ не менее 50 тыс. час;
- 2) срок службы не менее 10 лет.

Программно-технический комплекс АС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

1.3 Требования к метрологическому обеспечению

Измерительные каналы (ИК) системы должны обеспечивать получение результатов измерения с нормируемой точностью. В качестве нормируемой метрологической характеристики принимается предел допускаемой погрешности ИК в нормальных условиях эксплуатации. Форма представления метрологической характеристики ИК – приведенная погрешность, выраженная в процентах относительно диапазона измерения.

Метрологическое обеспечение осуществляется в целях создания основы обеспечения качества эксплуатации оборудования и получения результатов измерений, использование которых позволяет:

- эффективно вести технологический процесс при соблюдении условий безопасности;

- исключить или свести к минимуму риск принятия ошибочных решений и действий при управлении оборудованием;
- достоверно контролировать безопасность обслуживающего персонала и состояние окружающей среды [2].

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения массового расхода жидкости всей установки в целом должны быть не более $\pm 2,5 \%$.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности датчиков для измерения давления должны быть не более $\pm 1,5 \%$.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности датчиков для измерения температуры должны быть не более $\pm 1,5 \%$.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности датчиков для измерения уровня должны быть не более $\pm 1,0 \%$.

На погрешность измерений установки не должно влиять отклонение напряжения питания от номинального (220/380 В) в пределах $\pm 20 \%$.

1.4 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) АС включает в себя:

- системное ПО (операционные системы);
- инструментальное ПО;
- общее (базовое) прикладное ПО;
- специальное прикладное ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;
- создание мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния

технологических объектов;

- конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов)

[1].

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики). Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3.

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

1.5 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

Методы и алгоритмы должны быть представлены в форме, допускающей их реализацию в программном обеспечении. При создании математического обеспечения низовой автоматики следует пользоваться стандартным набором функций, реализуемых программно-техническими средствами [2].

1.7 Требования к информационному обеспечению

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;

- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
 - структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
 - информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.
- В состав информационного обеспечения должны входить:
 - унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности;
 - распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
 - средства ведения и управления базами данных.

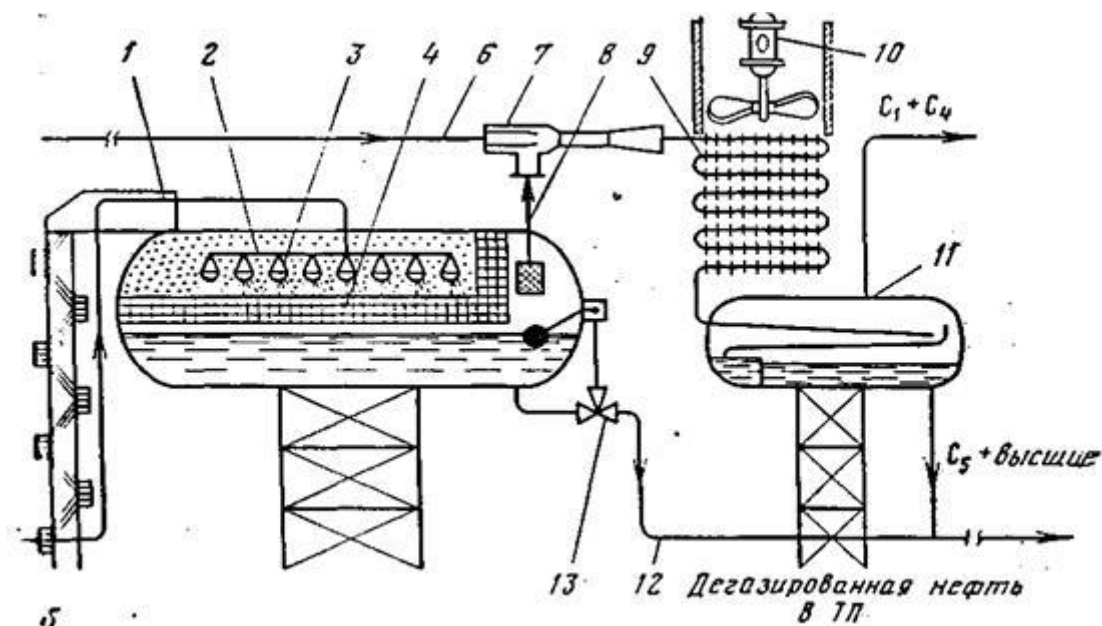
2 Технические решения разрабатываемой АС

2.1 Описание технологического процесса

Концевые сепарационные установки предназначены для окончательной дегазации нефти до требуемых значений давления насыщенных паров и очистки попутного газа. Применяются на установках сбора и подготовки продукции нефтяных месторождений. Газ, выделившийся в концевых сепараторах, имеет ценные сырьевые качества, но из-за низкого давления и отсутствия компрессоров сжигается, либо идет на бытовые нужды.

В концевом сепараторе должны доизвлекаться все легкие углеводороды ($C_1 - C_4$ до пентана), а тяжелые углеводороды должны оставаться в нефти и идти на НПЗ.

Принципиальная схема КСУ показана на рисунке 1 [3].



- 1 – нефтепровод; 2,3 – форсуночные разбрызгиватели; 4 – сетка;
6 – газопровод; 7 – эжектор; 8 – отвод из сепаратора; 9 – холодильник;
11 – сепаратор; 12 – нефтепровод

Рисунок 1 – Принципиальная схема КСУ

Товарная нефть после УПН по нефтепроводу, подается в раздаточный коллектор - форсуночные разбрызгиватели, предназначенные для дробления

капель нефти с целью увеличения их поверхности контакта с газовой средой. Измельченные капельки нефти попадают на каплеуловительную сетку и стекают с нее в виде струек или крупных капель. Дегазированная нефть поступает в товарный парк (ТП) самотеком по нефтепроводу. Дегазирование нефти осуществляется при высоких температурах и в газ переходит значительное количество пентановых и гексановых фракций. Много этих фракций содержится также во 2-й ступени сепарации, после которой газ по газопроводу поступает к эжектору. Выходя из сопла с большой скоростью, газ создает условия для дополнительного дегазирования нефти и возможности транспортирования газа по отводу из сепаратора. Из эжектора газ поступает в холодильник, где поддерживается температура. Тяжелые углеводороды конденсируются и поступают вместе с газом в сепаратор, где происходит их разделение [3].

2.2 Выбор архитектуры АС

В основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит понятие ее профиля. Профиль – это набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи [2].

Основными целями применения профилей являются:

- повышение качества оборудования АС;
- снижение трудоемкости проектов АС;
- обеспечение расширяемости (масштабируемости) АС по набору прикладных функций;
- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Эти цели достигаются при использовании открытых систем, что неразрывно связано с применением соответствующих стандартов.

Основные функциональные профили АС:

- профиль прикладного программного обеспечения;

- профиль среды АС;
- профиль защиты информации в АС;
- профиль инструментальных средств, встроенных в АС.

В качестве функционального профиля программного обеспечения АС будем использовать SCADA SIMANTIC WinCC, которая является открытой распределенной системой с архитектурой клиент-сервер. Профиль среды АС будет базироваться на операционной системе Windows 7. Профиль защиты информации будет включать в себя стандартные средства защиты Windows. Профиль инструментальных средств будет основываться на среде OpenPCS.

Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель (Open System Environment/Reference Model), согласно [2]. На рисунке 2 показана схема концептуальной модели OSE/RM.

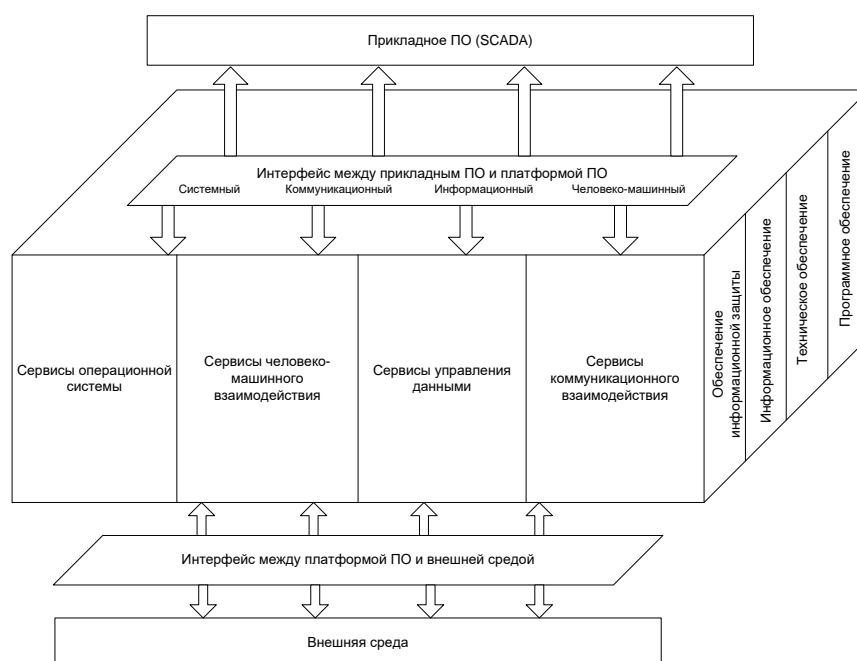


Рисунок 2 – Концептуальная модель архитектуры OSE/RM

Из рисунка 2 видно, что концептуальная модель OSE/RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда АС – полевой уровень;

- платформа сервисов – сервисы классов API и EEI с соответствующими интерфейсами;
- прикладное ПО – верхний уровень, включает в себя SCADA-системы, СУБД и HMI.

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой клиент-сервер. Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. Суть OPC сводится к следующему – предоставить разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс (набор функций обмена данными с любыми устройствами АС) [4].

Текущие стандарты:

- OPC AE (Alarm & Events), предоставляющий функции уведомления по требованию о различных событиях;
- OPC DA (Data Access), описывающий набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК и другими устройствами;
- OPC DX (Data Exchange), предоставляющий функции организации обмена данными между OPC-серверами через сеть Ethernet;
- OPC Security;
- OPC XML-DA, предоставляющий гибкий управляемый правилами формат обмена данными через Intranet-среду.

2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является концевая сепарационная установка. В соответствии с ТЗ разработаем систему автоматизированного управления. Все измеряемые и контролируемые параметры системы поступают в SCADA систему, отвечающую за обеспечение автоматического дистанционного наблюдения и дискретного управления функциями большого количества распределенных устройств. В установке КСУ измеряется температура, давление, уровень, а в трубопроводах – давление. Исполнительными

устройствами являются задвижки и клапана с электроприводами.

Выберем трехуровневую архитектуру АС. На каждом из этих уровней реализуется непосредственное управление технологическими процессами. Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой.

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков (измерительных преобразователей), осуществляющих сбор информации о ходе технологического процесса, приводов и исполнительных устройств, реализующих регулирующие и управляющие воздействия, кабельных соединений, клеммников и нормирующих преобразователей.

Средний уровень (контроллерный) состоит из контроллеров и прочих устройств аналого-цифрового, цифро-аналогового, дискретного, импульсного и т.д. преобразования, и устройств для сопряжения с верхним уровнем (шлюзов). Отдельные контроллеры могут быть объединены друг с другом при помощи контроллерных сетей. Контроллерные сети строятся на базе интерфейса RS-485, совместимого с серверами OPC и SCADA-системами.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) состоит из компьютеров, объединенных в локальную сеть Ethernet с использованием в качестве передающей среды медной витой пары или оптоволокна (при больших расстояниях). Протокол передачи данных – для удаленных подключений TCP/IP [2].

Датчики с нижнего уровня поставляют информацию среднему уровню управления локальным контроллерам (PLC), которые могут обеспечить реализацию следующих функций:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование;
- исполнение команд с пункта управления;

- самодиагностику работы программного обеспечения и состояния самого контроллера;
- обмен информацией с пунктами управления.

Разработанная трехуровневая архитектура АС представлена на рисунке 3.

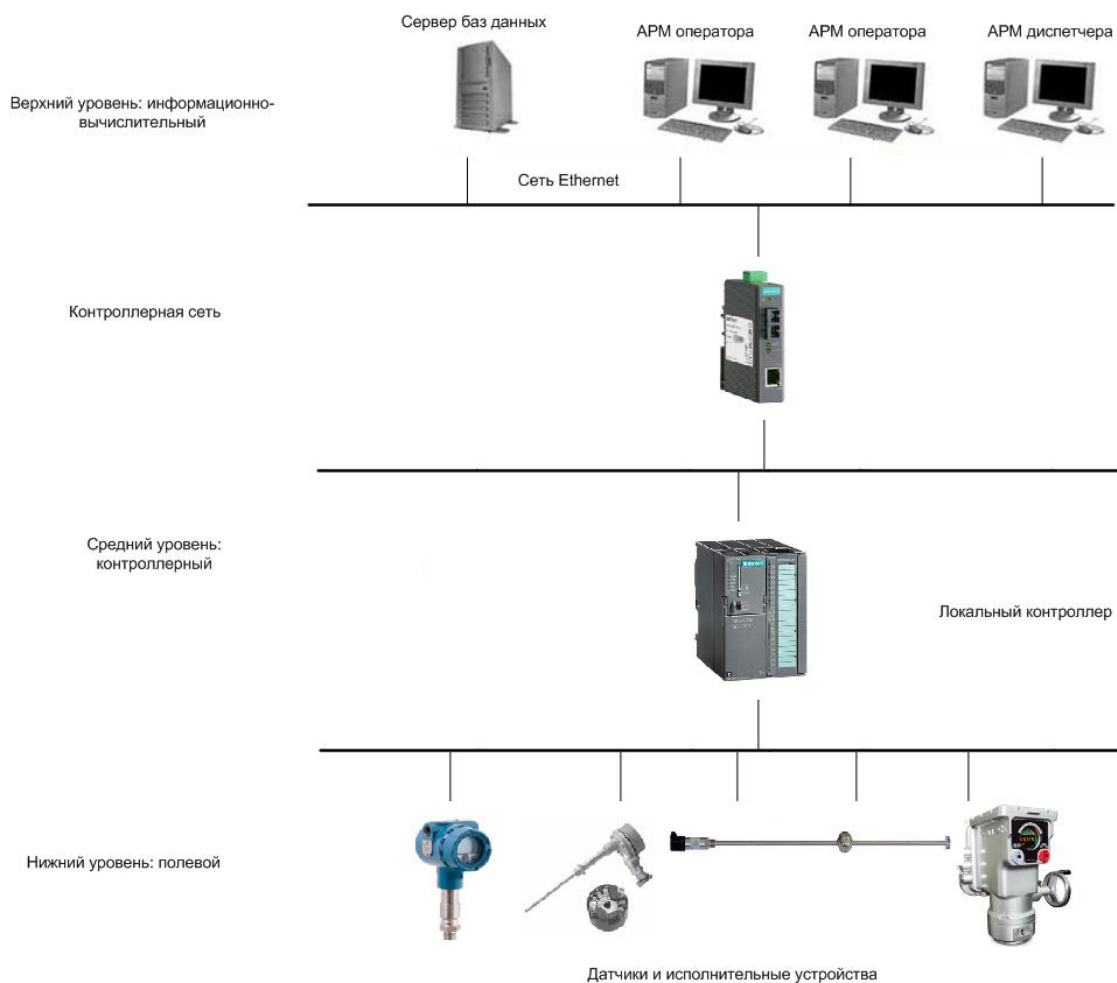


Рисунок 3 – Трехуровневая структура АС

2.4 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматического контроля и управления предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации ТП. Объектом управления в таких

системах является совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с встроенными в него запорными и регулируемыми органами.

ФСА является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений [2].

Функциональная схема автоматизации КСУ выполнена согласно требованиям, ГОСТ 21.208–2013 [5] и приведены в приложении А.

2.5 Схема информационных потоков

Схема информационных потоков (рисунок 4), включает в себя три уровня сбора и хранения информации [2]:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

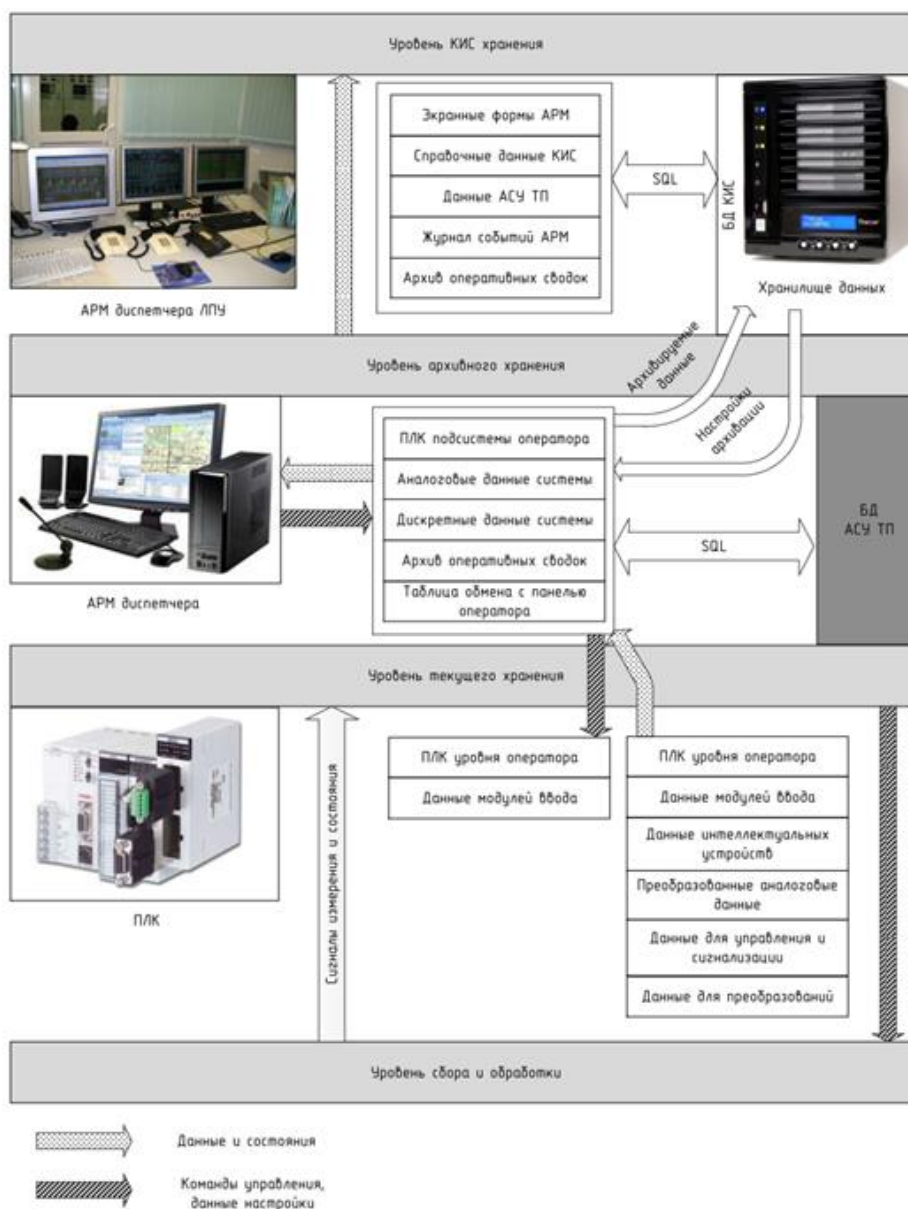


Рисунок 4 – Схема информационных потоков

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранам формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами

и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet [2].

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

- температура в концевой сепарационной установке, °С;
- уровень в концевой сепарационной установке, мм;
- давление в концевой сепарационной установке, МПа;
- управление исполнительными механизмами.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид: AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- TEM – температура;
- PRS – давление;
- LV1 – уровень 1;
- LV2 – уровень 2;
- REG – регулирование;
- STS - состояние.
- BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
- KS - концевой сепаратор;
- LT – задвижка с электроприводом;
- KL – клапан с электроприводом;
- CCCC – уточнение, не более 4 символов:
- OPN - открыть;
- CLS - закрыть;
- OPND – процент открытия;
- STP – стоп;
- ALRM – авария;
- POPN – открывается;

- PCLS – закрывается;
- REMT – дистанционный режим;
- WORK – в работе;
- H – верхнее предельное значение;
- L – нижнее предельное значение;
- HH - аварийное верхнее значение;
- LL – аварийное нижнее значение;
- DDDDD – примечание, не более 5 символов:
- ZD1 – задвижка с электроприводом выход газа на ФНД;
- ZD2 – задвижка с электроприводом выход газа на ВКС;
- ZD3 – задвижка с электроприводом выход нефти из КСУ;
- ZD4 – задвижка с электроприводом ввод нефти в КСУ;
- ZD5 – задвижка с электроприводом ввод газа в КСУ;
- ZD6 – задвижка с электроприводом выход в дренажную емкость.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Перечень сигналов разрабатываемой АСУТП в SCADA-системе представлен в Приложении В.

2.6 Выбор средств реализации

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно-технические средства АС включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют

электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

Приборы и датчики выбраны с учетом обеспечения взрывобезопасности при эксплуатации, т.е. применено оборудование взрывозащищенное со степенью защиты «взрывонепроницаемая оболочка», либо «искробезопасная электрическая цепь», которая обеспечивается таким же видом взрывозащиты входных блоков контроллера [2].

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

Для автоматизации концевой сепарационной установки были рассмотрены следующие варианты ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300, ControlLogix 5560 компании Allen-bradley, ModiconM238 компании Schneider-electric и ПЛК 150 компании ОВЕН. В таблице 1 отображены сравнительные характеристики.

Таблица 1 – Технические характеристики контроллеров

Характеристики	Siemens SIMATIC S7 -300	Allen- bradleyControlLogix 5560	Schneider Electric Modicon M238	ОВЕНПЛК 150
Количество точек	256	256	256	16
Подключение доп. модулей ввода/вывода	До 8192	До 2048	До 2048	До 512
Интерфейсы связи	RS 485, PROFIBUS,	RS-232/Ethernet	RS-232/RS-485/Ethernet	RS-232/RS-485/Ethernet

Характеристики	Siemens SIMATIC S7 -300	Allen- bradleyControlLogix 5560	Schneider Electric Modicon M238	ОВЕНПЛК 150
	Ethernet			
Протокол связи	IEC/MOD BUS/U- NET	MODBUS/IEC	MODBUS/IE C/TREI- NET/SNTP	MODBUS
Поддержка функций ПИД регулирования	да	нет	да	да
Дополнительная память	До 2048 МБ	До 2048 МБ	До 2048 МБ	До 2048 МБ
Резервное питание	да	нет	да	нет
Языки программирования	FBD, LD, CFC	FBD, LD, CFC, ST	FBD, LD, CFC, ST	FBD, LD, ST
Время наработки на отказ	100 000 часов	80 000 часов	100 000 часов	50 000 часов
Стоимость в рублях	297 000	275 000	467 000	58 000

С учётом вышеприведённых характеристик, а также по соотношению цена-качество в основе системы АСУ будем использовать ПЛК SIMATICS7-300 от компании «Siemens», который показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Внешний вид контроллера SIMATIC S7-300

Siemens SIMATIC S7-300 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция данного ПЛК, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. Эффективному применению рассматриваемого контроллера способствует: возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей, и коммуникационных процессоров [6].

ПЛК имеет модульную конструкцию и может включать в свой состав:

- модуль центрального процессора (CPU);
- модули блоков питания (PS);
- сигнальные модули (SM);
- коммуникационные процессоры (CP);

- функциональные модули (FM);
- интерфейсные модули (IM).

2.6.2 Выбор оборудования передачи данных

Для передачи информации от ПЛК на верхний уровень были рассмотрены следующие варианты: MOXA IMC-21-S-SC, D-Link DMC-характеристики.

Таблица 2 – Технические характеристики медиаконвертеров

Параметр	MOXA IM C-21-S-SC	D-Link DM C-F20SC-BXD	PLANET GTP-802S
Разъемы	RJ-45, SC	RJ-45, SC	RJ-45, SC
Длина волны	1310 нм	1310 нм 1550 нм	1310 нм
Расстояние	40 км	20 км	10 км
Мощность оптического передатчика	минус 5 дБм	макс.: минус 3 дБм мин.: минус 12 дБм	минус 3 дБм
Чувствительность	минус 34 дБм	минус 32 дБм	минус 32 дБм
Цена в рублях	15 186	2350	6852

В результате анализа был выбран медиаконвертер MOXA IMC-21-S-SC, так как данная модель очень хорошо зарекомендовала себя, по характеристикам и надежности, среди конкурентов [7]. Внешний вид данной модели показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид медиаконвертера

2.6.3 Выбор датчика давления

Выбор датчика давления проходил из следующих вариантов приборов: Овен ПД-200, Rosemount-3051S и MC3000. В таблице 3 отображены характеристики датчиков давления.

Таблица 3 – Основные характеристики датчиков давления

Параметр	Овен ПД-200	Rosemount-3051S	MC3000
Измеряемые среды	воздух, пар, различные жидкости	жидкости, в т.ч. нефтепродукты; пар, газ, газовые смеси	жидкости, в т.ч. нефтепродукты; пар, газ, газовые смеси
Температура окружающей среды	от минус 40 до 70 °С	от минус 51 до 85 °С	от минус 40 до 80 °С
Температура измеряемой среды	от минус 40 до 100 °С	от минус 75 до 205 °С	от минус 50 до 100 °С
Основная погрешность измерений	до ± 0,1 %	до ± 0,055 %	до ± 0,1 %
Диапазоны измеряемых	(0,00063 – 6,0) МПа	мин. (0 – 0,025) кПа;	(0 – 100) МПа

Параметр	Овен ПД-200	Rosemount-3051S	МС3000
давлений		макс. (0 – 68,9) МПа	
Выходные сигналы	(4 – 20) мА на базе HART-протокола	(4 – 20) мА; HART; Foundation Fieldbus; HART-протокол	(4 – 20) мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола
Цена в рублях	39780	66500	37140

В результате анализа по соотношению цена и качество наиболее подходящим является МС3000, внешний вид которого представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид датчика давления МС3000

Датчик давления МС3000 предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами.

Датчик осуществляет непрерывное преобразование значения давления (абсолютного, избыточного, вакуумметрического и мановакуумметрического давления жидкостей и газов, а также разности давлений и уровня жидкости) в унифицированный сигнал постоянного тока по ГОСТ 2252085 и отображение значения измеряемого параметра на цифровом индикаторе.

Датчик имеет исполнение по взрывозащите: «искробезопасная электрическая цепь «ia» с уровнем взрывозащиты «особовзрывобезопасный» (0) с маркировкой взрывозащиты «0ExiallBT5X» [8].

2.6. Выбор датчика температуры

Выбор датчика температуры проходил из следующих вариантов приборов: Метран-286, Rosemount 648 и ТСПУ Метран-276. В таблице 4 отображены характеристики датчиков температуры.

Таблица 4 – Основные характеристики датчиков температуры

Параметр	Метран-286	Rosemount 648	Метран-276
Измеряемые среды	жидкость, нефть	жидкость, нефть	жидкость, нефть
Температура окружающей среды	от минус 40 до 70 °С	от минус 40 до 70 °С	от минус 40 до 70 °С
Температура измеряемой среды	от минус 50 до 500 °С	от минус 50 до 500 °С	от минус 50 до 500 °С
Приведенная погрешность измерений	± 0,40 %	± 0,225 %	± 0,50 %
Выходные сигналы	(4 – 20) мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола	(4 – 20) мА; HART; Foundation Fieldbus; беспроводной HART-протокол	(4 – 20) мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола
Цена в рублях	22109	81420	19600

В результате анализа был выбран Метран-286, являющийся интеллектуальным преобразователем температуры для применения в системах АСУ ТП, подходит для работы с агрессивными средами [9]. Внешний вид Метран-286 показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид датчика температуры

Конструктивно Метран-286 состоит из первичного преобразователя и электронного преобразователя (ЭП), встроенного в корпус соединительной головки. В качестве первичного используются чувствительные элементы из термопарного кабеля по ГОСТ 6616.

ЭП преобразует сигнал первичного преобразователя температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока (4 – 20) мА с наложенным на него цифровым сигналом HART.

Принцип действия основан на эффекте Зеебека (термоэлектрическом эффекте). Между соединенными проводниками имеется контактная разность потенциалов; если стыки связанных в кольцо проводников находятся при одинаковой температуре, сумма таких разностей потенциалов равна нулю. Когда же стыки находятся при разных температурах, разность потенциалов между ними зависит от разности температур. Коэффициент пропорциональности в этой зависимости называют коэффициентом термо-ЭДС. У разных металлов коэффициент термо-ЭДС разный и, соответственно, разность потенциалов, возникающая между концами разных проводников,

будет различная. Помещая спай из металлов с отличными коэффициентами термо-ЭДС в среду с температурой T_1 , мы получим напряжение между противоположными контактами, находящимися при другой температуре T_2 , которое будет пропорционально разности температур T_1 и T_2 [9].

2.6.5 Выбор датчика уровня

Выбор уровнемера проходил из следующих вариантов приборов: NevelcoNivotrack, емкостной уровнемер МПУ100 и ПЛП 2000. В таблице 5 отображены характеристики уровнемеров.

Таблица 5 – Основные характеристики уровнемеров

Параметр	NevelcoNivotrack	МПУ100	ПЛП 2000
Измеряемые среды	жидкости, хим. реагенты	вода, нефть и нефтепродукты, хим. реагенты, дренажные стоки	жидкость, нефтепродукты
Диапазон измерений	(0,5 – 5) м	(0,085 – 6) м	(0 – 4) м
Абсолютная погрешность измерений	± 1 мм	± 5 мм	± 1 мм
Температура окружающей среды	от минус 40 до 90 °С	от минус 40 до 50 °С	от минус 45 до 85 °С
Рабочая температура	от минус 40 до 90 °С	от минус 40 до 50 °С	от минус 45 до 85 °С
Выходные сигналы	(4 – 20) мА /HART	RS-485/RS-232	(4 – 20) мА /HART
Цена в рублях	88300	77850	55000

В результате анализа по соотношению цена и качество был выбран уровнемер ПЛП 2000, внешний вид которого представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Внешний вид уровнемера

Датчик уровня предназначен для непрерывного контроля уровня жидких продуктов, в различных технологических емкостях. Принцип работы датчика основан на измерении интервала времени, за который магнитоотражающий импульс, возникающий в месте расположения поплавка, достигает акустического преобразователя.

Выходной сигнал нормирован в диапазоне (4 – 20) мА (токовая петля).

Датчик является универсальным средством измерения линейных перемещений и обладает высокой разрешающей способностью, точностью и помехозащищенностью.

Имеет взрывозащищенное исполнение 0ExiaПВТ5 и допускает использование широкой номенклатуры искробезопасных барьеров мировых производителей.

Измерительный элемент датчика изготавливается из высококачественной нержавеющей стали, а также, в целях защиты измерительного элемента от возможного налипания сгустков и улучшения скольжения поплавка, на измерительный элемент датчика, возможно, нанести покрытие PTFE (тефлон, фторопласт).

Диапазон измерения может быть скорректирован в зависимости от условия измерений. Например, если в баке масла высотой в метр рабочее изменение уровня происходит между отметками 50см и 60см, датчику можно задать измерение именно этого диапазона с небольшими припусками, точность измерения в этом случае 0,2 % от выбранного диапазона [10].

2.7 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

Электрический привод – это электромеханическая система для приведения в движение исполнительных механизмов рабочих машин и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса. Современный электропривод — это совокупность множества электромашин, аппаратов и систем управления ими. Он является основным потребителем электрической энергии (до 60 %) и главным источником механической энергии в промышленности. Определение по ГОСТР 50369-92 Электропривод - электромеханическая система, состоящая из преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса.

Для управления запорной и регулирующей арматурой выбран малогабаритный электропривод РэмТЭК компании НПП ТЭК, внешний вид которого изображен на рисунке 10.



Рисунок 10 – внешний вид электропривода РэмТЭК

Электроприводы РэмТЭК предназначены для дистанционного и местного управления запорной, и запорно-регулирующей трубопроводной арматурой различных диаметров и давлений в химической, нефтяной, газовой, энергетической отраслях промышленности. Взрывозащищенные электроприводы РэмТЭК сертифицированы в соответствии со всеми ключевыми стандартами и специально спроектированы для работы в агрессивных и взрывоопасных условиях окружающей среды. Электроприводы РэмТЭК имеют уровень взрыва защиты «взрывобезопасное электрооборудование». В таблице 8 отображены основные характеристики данного электропривода [11].

Таблица 8 – Основные характеристики

Тип исполнения приводного органа	вращательный
Крутящий момент, Нм	40 – 15000
Частота вращения, об/мин	от 0,75 до 450
Протоколов связи	Modbus RTU, PROFIBUS DP, PROFINET, FF H1
Напряжение питания переменного тока	380 В/220 В
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 60 до 50
Выходные сигналы	(4 – 20) мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола

2.8 Разработка схемы внешних проводок

Схема соединений внешних проводок – это комбинированная схема, на которой изображены электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерно оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, воздуховодах и т.д.), вне щитов и на щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов [2].

Сигналы, приходящие со всех датчиков и исполнительных механизмов, по контрольным кабелям поступают в клеммные соединительные коробки, откуда они попадают на щит оператора. Клеммная соединительная коробка (КСК) предназначена для соединения кабелей при монтаже различного технологического оборудования. Выберем коробки КСК-12 на 12 контактов соответственно.

В качестве контрольных кабелей, передающих сигнал от первичных преобразователей и ИМ, возьмем кабель КВВГЭнг-LS. Данный кабель представляет собой кабель с медной жилой и поливинилхлоридной оболочкой, не распространяющей горение с низким дымо- и газовыделением.

КВВГЭнг-LS предназначен для эксплуатации в кабельных сооружениях и помещениях для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В номинальной частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В.

Количество жил в контрольных кабелях выберем равным 5 и 14 при соединении приборов с КСК и со шкафом управления, неиспользуемые жилы являются резервными.

Полученные схемы соединения внешних проводок концевой сепарационной установки приведены в приложении Б.

2.9 Разработка алгоритмов управления АС

В автоматизированной системе на разных уровнях управления могут

использоваться различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме);
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование расхода, уровня и т. п.) (реализуются на ПЛК);
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК);
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК);
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) [2].

В данной ВКР разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений;
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

2.9.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных измерений, блок-схема которого представлена в приложении Г.

Суть данного алгоритма в формировании сигналов, передача их на местный щит управления в контроллер, выработка управляющих сигналов в случае превышения уставок и передача их на исполнительные механизмы, передача сигнала измерения в SCADA систему SIMANTIC WinCC, где происходит мониторинг оператором, ее запись в архив и построение трендов по полученной информации.

2.9.2 Алгоритм автоматического управления технологическим параметром

Одним из этапов проектирования является разработка алгоритма автоматического регулирования технологического параметра. В данной системе таким параметром является, уровень нефти в КСУ. Алгоритм управления обеспечивает контроль уровня нефти в резервуаре по показаниям датчика уровня нефти.

Алгоритм работы представлен следующим образом:

- на вход ПИД-регулятора поступает сигнал, определяющий заданное значение уровня нефти, а также сигнал непосредственно с уровнемера;
- на основании ошибки – разности этих сигналов, контроллер вырабатывает управляющее воздействие в виде токового сигнала (4 – 20) мА, поступающего на вход частотного преобразователя;
- частотный преобразователь, используя информацию с контроллера, выдает силовой сигнал на электропривод. Изменяя частоту поступающего на электропривод напряжения, ЧП контролирует скорость его вращения;
- электропривод оказывает непосредственное механическое воздействие на исполнительный орган – клапан, регулирующий уровень нефти в КСУ.

На рисунке 11 приведена разработанная структурная схема системы автоматического регулирования уровня воды.

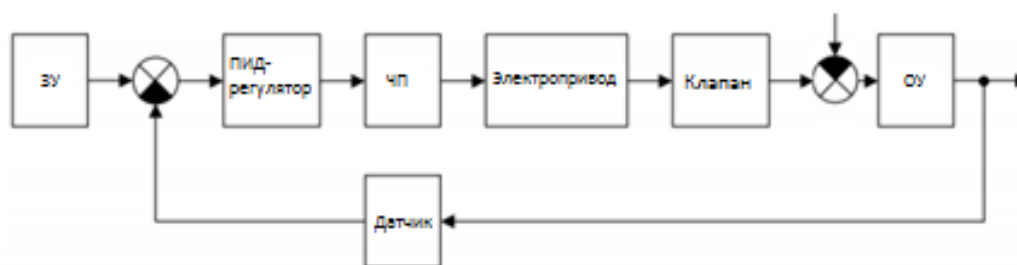


Рисунок 11 – Структурная схема контура регулирования уровня нефти в КСУ

Структурная схема состоит из следующих блоков:

- *пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора* (ПИД-регулятор)

$$W_{pid}(s) = k_p + k_i \frac{1}{s} + k_d s, \quad (1)$$

где k_p, k_i, k_d – коэффициенты настройки ПИД-регулятора;

- *частотный преобразователь* описывается апериодическим звеном первого порядка с постоянной времени 0,1 с, в соответствии с технической документацией, и коэффициентом передачи

$$k_{чп} = \frac{f}{I} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ Гц/мА}, \quad (2)$$

где f – частота управляющего сигнала, изменяющаяся от 0 до 50 Гц, I – управляющий токовый сигнал;

- *асинхронный электропривод* для управления задвижкой представляет собой апериодическое звено первого порядка с постоянной времени электропривода 0,2 с, в соответствии с технической документацией, и коэффициентом передачи

$$k_{ао} = \frac{\omega}{f} = \frac{200}{50} = 4 \text{ рад/с/Гц}, \quad (3)$$

где ω – скорость вращения асинхронного двигателя, входящего в состав электропривода;

- В электроприводе РэмТЭК используется четверть оборотный редуктор, для данного редуктора передаточное отношение равно 72 к 1, передаточная функция редуктора примет вид:

$$k_{ред} = \frac{1}{72}; \quad (4)$$

- передаточная функция клапана представляет собой интегратор с нелинейным звеном, ограничивающим процент открытия клапана от 0 до 100 %.

$$W_{кл}(s) = \frac{1}{s}; \quad (5)$$

- в качестве объекта управления выступает концевая сепарационная установка, передаточная функция которого определяется как передаточная функция резервуара:

$$W_{oy}(s) = \frac{k_{oy}}{s}, \quad k_{oy} = \frac{1}{2L\sqrt{Dh-h^2}}, \quad (6)$$

где L и D – длина и внутренний диаметр КСУ, м; h – уровень раздела фаз нефть-вода, м;

- датчик представляет собой передаточную функцию – коэффициент, который принимаем равным 1.

Моделирование процесса было выполнено в графической среде Simulink программного обеспечения Matlab, полученная операторно-структурная схема, представлена на рисунке 12.

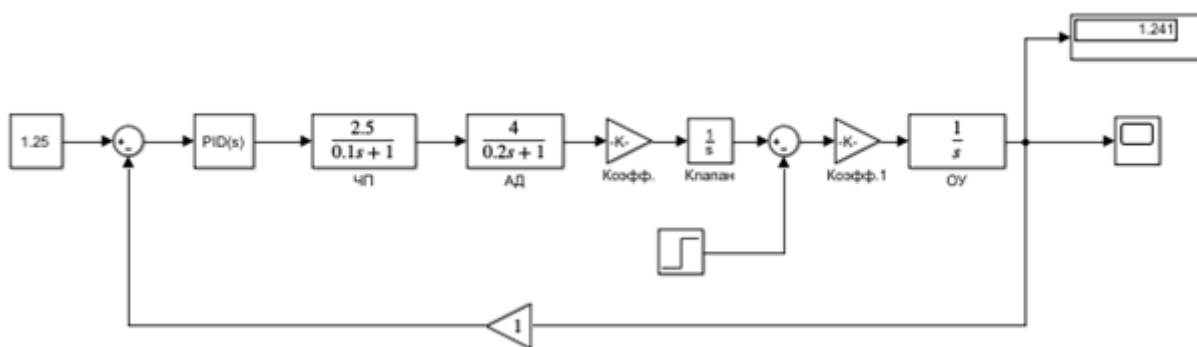


Рисунок 12 – Операторно-структурная схема контура регулирования уровня ВОДЫ

На рисунке 13 представлен переходный процесс изменения уровня на выходе системы управления КСУ. В качестве задающего воздействия был задан уровень 1.25 м. В качестве регулятора методом автоматической настройки был определен ПИД-регулятор.

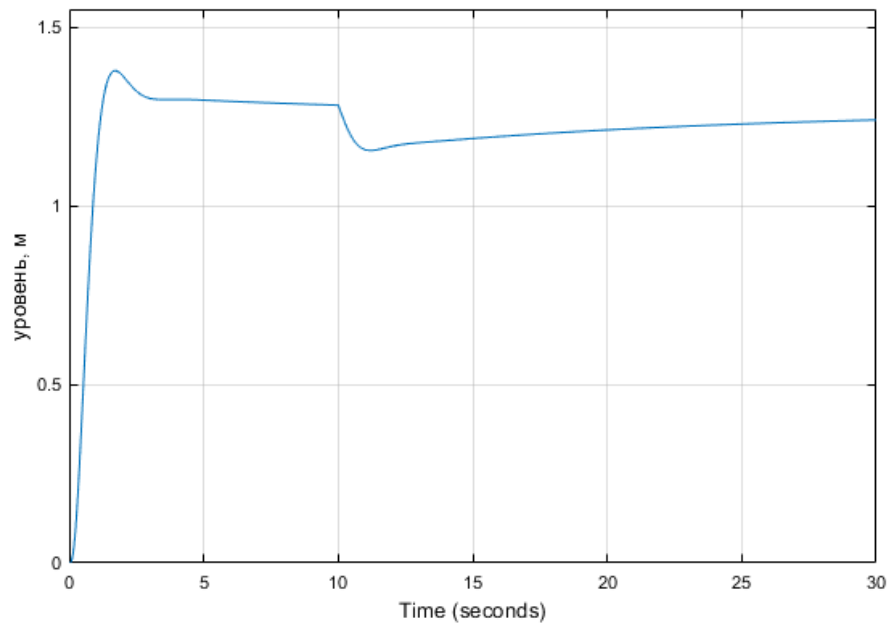


Рисунок 13 – График переходного процесса контура регулирования уровня ВОДЫ

Необходимым является проверка разработанной системы на робастность, стабильную работу при возникновении возмущающих факторов. На 10 секунде измерения в систему вводится возмущающее воздействие в виде моментального падения уровня воды на 0.15 м, с которым система справляется за время равное 10 с.

Коэффициенты настройки ПИД-регулятора: $k_p = 48.06$, $k_i = 0.556$, $k_d = 606.5$.

Показатели качества, определяемые по графику переходного процесса контура регулирования уровня воды:

- перерегулирование при данных настройках около 5 %;
- время переходного процесса составляет порядка 8 секунд.

Анализируя полученные результаты моделирования системы можно сделать вывод о том, что система выходит на установившееся значение 1,25 м с незначительным перерегулированием, что говорит о работоспособности и устойчивости системы.

2.10 Разработка программного обеспечения для ПЛК

Для программирования выбранного логического контроллера будем использовать программную среду SIMANTIC Step7. В данной программной среде имеется большой набор стандартных элементов, позволяющих реализовать различную логику действия. SIMANTIC Step7 поддерживает стандарт IEC6 1131-3 в котором описан синтаксис и семантика пяти языков программирования ПЛК, таких как: SFC (Sequential Function Chart), LD (Ladder Diagram), FBD (Functional Block Diagram), ST (Structured Text), IL (Instruction List).

2.11 Экранные формы АС

Управление в АС КСУ реализовано с использованием SCADA-системы SIMANTIC WinCC.

Основными функциями, выполняемыми SCADA-системой, являются:

- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;
- архивирование и хранение информации для последующей обработки (создание архивов событий, аварийной сигнализации, изменения технологических параметров во времени, полное или частичное сохранение параметров через определенные промежутки времени);
- визуализация процессов;
- реализация алгоритмов управления, математических и логических вычислений, передача управляющих воздействий на объект;
- документирование, как технологического процесса, так и процесса управления;
- (создание отчетов), выдача на печать графиков, таблиц, результатов вычислений и др.;
- защита от несанкционированного доступа в систему.

Экранная форма (мнемосхема) АС управления КСУ представлена на рисунке 14.

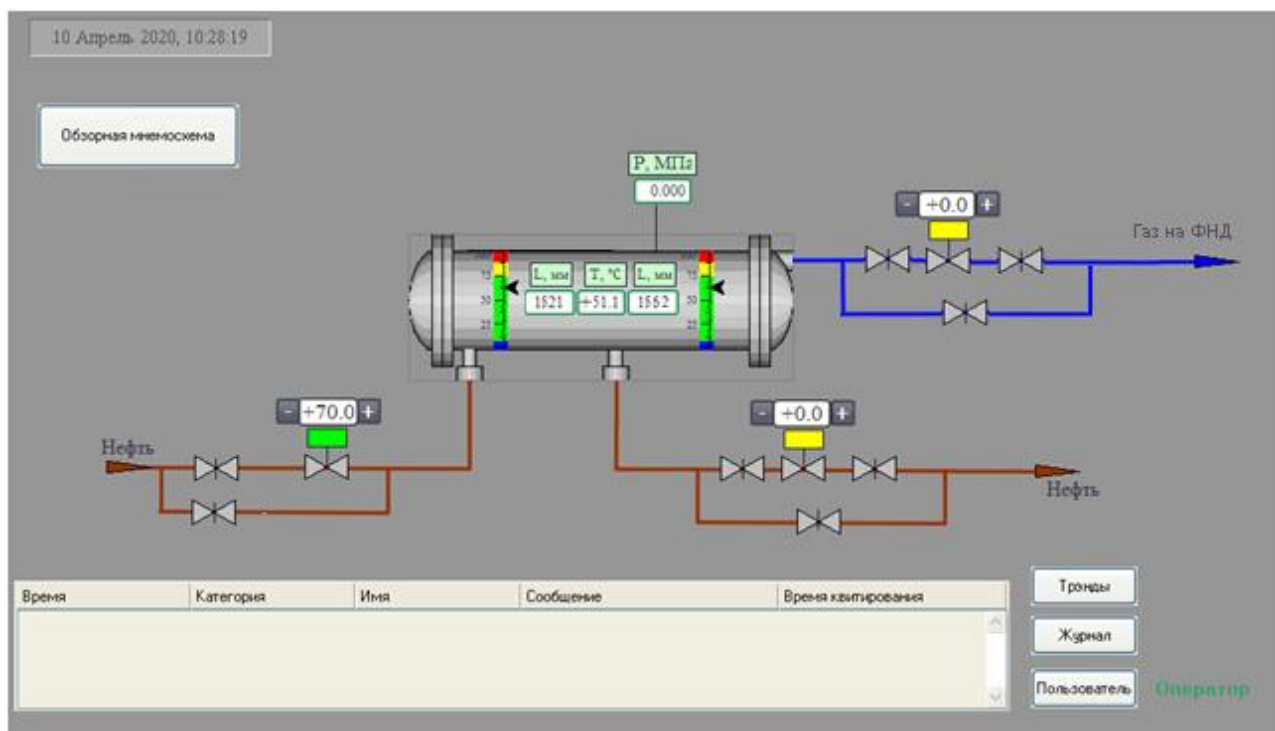


Рисунок 14 – Экранные формы АСУТП КСУ

Информация на экране рабочей станции оператора представляется в виде:

- изображений, представляющих мнемосхемы технологического процесса;
- числовых значений параметров;
- изображений аналоговых параметров в виде столбцов уровней жидкостей. При этом величина столбика соответствует реальному значению параметра;
- графиков изменения параметров во времени;
- текстовых сообщений о событиях в системе или состоянии технологического оборудования.

АРМ оператора поддерживает работу различных групп пользователей с разными правами доступа к тем или иным элементам автоматизированного рабочего места. Для входа в приложение под соответствующими учетными

данными необходимо нажать на иконку «пользователь» в правом нижнем углу приложения. Для смены пользователя необходимо нажать на иконку «выход».

В системе принята следующая цветовая гамма:

- *Серый цвет (или розовый)* - используется для изображений и отображения параметров, значение которых в данный момент несущественно, не используется или не достоверно;
- *Зеленый цвет* - нормальное значение параметра; формирование разрешающей команды; технологический агрегат исправен и (или) включен;
- *Желтый цвет* - используется для предупредительной сигнализации значений параметров, вывода предупреждающих сообщений;
- *Красный цвет* - используется для аварийной сигнализации значений параметров и вывода сообщений о неисправностях или авариях в системе.

Дополнительно с предупредительной и аварийной цветовой сигнализацией может использоваться признак мигания, как правило, при не квитированных аварийных или предупредительных событиях. Одновременно с цветовой предаварийной и предупредительной сигнализацией формируется звуковой сигнал.

Значения уровней в системе отображаются в виде столбца на изображениях резервуаров, высота которого соответствует текущему значению уровня в диапазоне 0 – 100 %. При нарушении параметром предупредительной или аварийной границы цвет столбца изменится на желтый или красный, соответственно.

3 Планирование научно-исследовательских работ

3.1 Структура работ в рамках научного исследования

При разработке научно-технического проекта одним из важных этапов является его технико-экономическое обоснование. Оно позволяет выделить преимущества и недостатки разработки, внедрения и эксплуатации данного программного продукта в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектах.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и исполнитель (инженер). Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации и рабочих чертежей. Исполнитель непосредственно осуществляет разработку проекта.

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика [12]. Для его построения определим события и составим таблицу 9.

Таблица 9 – Перечень работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100 %
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Выбор оборудования	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
Разработка структурной схемы	НР, И	НР – 100 % ИП – 70 %
Разработка функциональной схемы	НР, И	НР – 100 % И – 80 %
Оформление пояснительной записки	И	И – 100 %
Выбор оборудования	И	И – 100 %
Оформление графического материала	И	И – 100 %
Подведение итогов	НР, И	НР – 60 % И – 100 %

3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [12].

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ воспользуемся следующей формулой (7):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (7)$$

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

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

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле (8):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (8)$$

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

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

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_{Д} = 1,1$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (9):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (9)$$

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 (10):

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (10)$$

где T_K – коэффициент календарности;

$T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни при пятидневной рабочей недели ($T_{ВД} = 104$) и при шестидневной рабочей недели ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$):

$$T_K = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48;$$

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22;$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 10, на основании которой строится календарный план-график (таблица 11).

Таблица 10 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	Т _{рд}		Т _{кд}	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	3	2,40	2,64	0,00	3,22	0,00
Разработка и утверждение технического задания	НР, И	2	3	2,40	2,64	0,26	3,22	0,39
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	4	5	4,40	1,45	4,84	1,77	7,16
Разработка календарного плана	НР, И	3	4	3,40	3,74	0,37	4,56	0,55
Обсуждение литературы	НР, И	3	4	3,40	1,12	3,74	1,37	5,54
Выбор оборудования	НР, И	9	12	10,20	11,22	7,85	13,69	11,62
Разработка структурной схемы	НР, И	6	10	7,60	8,36	6,69	10,20	9,90
Разработка функциональной схемы	И	8	15	10,80	0,00	11,88	0,00	17,58
Оформление пояснительной записки	И	6	9	7,20	0,00	7,92	0,00	11,72
Оформление графического материала	И	7	10	8,20	0,00	9,02	0,00	13,35
Подведение итогов	НР, И	4	6	4,80	3,17	5,28	3,86	7,81
Итого:				64,80	34,34	57,86	41,90	85,63

Таблица 11 – Календарный план-график

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	3,22	0,00	■										
2	3,22	0,39	■	■									
3	1,77	7,16		■	■								
4	4,56	0,55		■									
5	1,37	5,54			■								
6	13,69	11,62			■	■							
7	10,20	9,90				■	■						
8	0,00	17,58					■	■	■				
9	0,00	11,72						■	■	■			
10	0,00	13,35							■	■	■		
11	3,86	7,81									■	■	

НР – ■; И ■

На выполнение НИОКР для выпускной квалификационной работы было затрачено 92 рабочих дня. Был составлен календарный план-график проведения научного исследования, который включал в себя выполнение 11 этапов (видов работ), которые выполнялись в определённой последовательности. На каждом этапе руководитель и студент решали разносторонние задачи. Серым квадратом на графике показано, сколько времени был задействовано руководителем для выполнения работы, а черным цветом показано время, затраченное студентом (инженером). В процессе проведения работ возникали такие моменты, что для прохождения очередного этапа исследования и сокращения времени на выполнение НИОКР руководитель и студент параллельно решали поставленные перед ними задачи, что показано на графике серо-черными квадратами. Компетентность руководителя, наличие большой научно-технической базы, и образованность, целеустремлённость студента (инженера) позволили в назначенный срок выполнить работу и прийти к положительному результату.

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и при необходимости – доставку.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (11):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (11)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортно-заготовительные расходы примем 5 % от стоимости материалов.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 12.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
Контроллер SIMATIC S7-300	шт.	1	297000	297000
Медиаконвертер Моха	шт.	1	15186	15186
Датчики давления МС3000	шт.	1	37140	37140
Датчик температуры Метран-286	шт.	1	22109	22109
Уровнемер ПЛП 2000	шт.	2	55000	110000
Электропривод РэмТЭК	шт.	6	63850	383100
Итого мат.затрат				864535
Транспортно- заготовительные расходы	%	5		43226,75
Всего				907761,8

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Siemens. В таблице 13 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ. Примем процент использования специализированного программного обеспечения равным 20 % от стоимости, так как программное обеспечение будет применяться для работ с другими проектами.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат на приобретение ПО

Наименование	Ед. изм.	Количество	Цена за ед. в руб	Затраты, руб.
Лицензионное ПО SIMANTIC Step7	шт.	1	189956	189956
Лицензионное ПО SIMANTIC WinCC	шт.	1	207330	207330
Процент использования ПО	%	20		397286
Итого:				79457,2

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного и инженерно-технического работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 50 % оклада. В таблице 14 приведен расчет затрат на заработную плату.

Среднедневная тарифная заработная плата (ЗПдн-т) рассчитывается по формуле (12):

$$ЗП_{\text{дн}} = \frac{МО}{F_{\text{д}}}, \quad (12)$$

где МО – величина месячного оклада работника, руб.;

$F_{\text{д}}$ – количество в среднем рабочих дней равное:

- при пятидневной рабочей неделе: $F_{\text{д}} = \frac{248}{12} = 20,6$ дн;
- при шестидневной рабочей неделе: $F_{\text{д}} = \frac{300}{12} = 25$ дн;

Определим интегральный коэффициент:

- для пятидневной рабочей недели: $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,62$;
- для шестидневной рабочей недели: $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Таблица 14 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	1346,56	34	1,699	77785,38
И	10633	514,50	58	1,62	48342,42
Итого:					126127,80

3.3.4 Расчет затрат на единый социальный налог

Отчисления на единый социальный налог (ЕСН) – это обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. В таблице 15 приведен расчет затрат на ЕСН.

Величина на единый социальный налог определяется исходя из следующей формулы (13):

$$C_{\text{соц.}} = k_{\text{соц.}} \cdot C_{\text{зп.}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{соц.}}$ – коэффициент отчислений на уплату ЕСН, который составляет 30 % от полной заработной платы.

Таблица 15 – Отчисления ЕСН

Затраты на заработную плату	126127,80 руб.
Коэффициент отчислений ЕСН	0.3
Итого:	37838,34 руб.

3.3.5 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 (14):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (14)$$

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

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час (тариф для предприятий 6,48 руб./квт·час (с НДС));

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

В таблице 16 приведен расчет бюджета затрат на электроэнергию.

Время работы оборудования определяется исходя из следующей формулы (15):

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (15)$$

где $T_{\text{рд}}$ – берем из таблицы 10 для инженера ($T_{\text{рд}} = 58$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов, получим $T_{\text{рд}} = 464\text{ч.}$;

$K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, возьмем равным 0,8.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $Э_{\text{об}}$, руб.
Персональный	464*0,8	0,8	1924,30

компьютер			
Струйный принтер	8	0,1	5,18
Итого:			1929,48

3.3.6 Расчет амортизационных расходов

В данной статье рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Величина амортизации определяется исходя из следующей формулы (16):

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_D}, \quad (16)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; исходя из рамочных значений сроков амортизации (полезного использования) для ПК 2 – 3 года, возьмем $CA=2,5$ года и определим H_A как величину обратную CA , для ПК $1/2,5 = 0,4$ и принтера $H_A = 0,5$;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ПК (248 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 248 * 8 = 1984$ часа. Для принтера возьмем $F_D = 500$.

Рассчитаем амортизационные расходы для ПК стоимостью 30000 руб., время использования 464 часов:

$$C_{AM_ПК} = \frac{0,4 \cdot 30000 \cdot 464 \cdot 1}{1984} = 2806,45 \text{ руб.}$$

Рассчитаем амортизационные расходы для принтера стоимостью 12000 руб., его $F_D = 500$ час.; $t_{pф} = 72$ час.

$$C_{AM_ПР} = \frac{0,5 \cdot 12000 \cdot 8 \cdot 1}{500} = 96 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации:

$$C_{AM} = C_{AM_ПК} + C_{AM_ПР} = 2902,45 \text{ руб.}$$

3.3.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их величина определяется по следующей формуле (17):

$$C_{\text{проч.}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{пр}}, \quad (17)$$

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

Величину коэффициента прочих расходов примем в размере 10 %.

$$C_{\text{проч.}} = (987219 + 126127,80 + 37838,34 + 1929,48 + 2902,45) \cdot 0,1 = 115601,70 \text{ руб.}$$

3.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Обозначение	Сумма, руб.
Материалы и спец.оборудование	$C_{\text{мат}}$	987219,00
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	126127,80
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	37838,34
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1929,48

Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	2902,45
Прочие расходы	$C_{проч}$	115601,70
Итого:		1271618,78

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. Так как мы не располагаем точными данными примем прибыль в размере 20 % от расходов на разработку проекта. В нашем случае это 254323,76 руб.

НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(1271618,78+254323,76) \cdot 0,2 = 305188,51$ руб.

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{НИР} = 1271618,78 + 254323,76 + 305188,51 = 1831131,04 \text{ руб.}$$

3.4 Оценка экономической эффективности проекта

Провести оценку экономической эффективности проекта в данный момент не представляется возможным, так как нет точных данных по внедрению материалов работы. Однако, практическая значимость данного проекта заключается в применении материалов работы компаниями, ориентированными на нефтегазовый сектор.

Внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом концевой сепарационной установки позволит добиться экономического эффекта благодаря сокращению затрат на содержание и эксплуатацию оборудования, путем оптимизации обслуживающего персонала. Также повысится надежность и безопасность производства, что положительно скажется на экономической составляющей, так как различного рода нештатные ситуации приводят к материальным затратам.

4 Социальная ответственность

Объектом исследования является концевая сепарационная установка. Данная установка применяется для окончательной дегазации нефти до требуемых значений давления насыщенных паров и очистки попутного газа. Разрабатываемая АСУТП является унифицированной и может применяться для различных типов концевых сепарационных установок.

Целью данной работы является разработка эффективной автоматизированной системы управления технологическим процессом концевой сепарационной установки для нефтегазовых предприятий. Конечным пользователем разрабатываемой АСУТП установки будут операторы технологической установки (ТУ).

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Ведение сменной работы в организации должно быть предусмотрено коллективным договором или правилами внутреннего трудового распорядка (ст. 100 ТК РФ) [13]. Любой из упомянутых документов при этом должен содержать указания на принятую в организации продолжительность рабочей недели (без выходных, пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику), продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки (две, три, четыре), чередование рабочих и нерабочих дней [13].

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При организации рабочего места необходимо выполнять требования эргономики, то есть учитывать все факторы, влияющие на эффективность действий человека при обеспечении безопасных приемов его работы.

Рабочие места проектируются с учетом антропометрических данных человека усредненных размеров человеческого организма, так как если размещение органов управления не соответствуют возможностям оператора, то выполняемая работа будет тяжелой и утомительной.

Комфортной рабочей средой рабочего места называется такое состояние внешней среды на рабочем месте, которое обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья. Параметры рабочего места приведены таблице 18 [14].

Таблица 18 – Параметры рабочего места

Параметр	Допустимые значения	Действительные значения
Высота сидения	от 400 до 500 мм	420 мм
Высота клавиатуры	от 600 до 750 мм	750 мм
Удалённость клавиатуры	больше 80 мм	80 мм
Высота от стола до клавиатуры	20 мм	20 мм
Удалённость экрана	от 500 до 700 мм	550 мм
Высота рабочей поверхности	меньше 600 мм	740 мм

4.2 Профессиональная социальная ответственность

Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на работающих вредных и опасных производственных факторов. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность [15].

Элементы условий труда, выступающих в роли опасных и вредных производственных факторов, можно разделить на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Перечень опасных и вредных факторов, действующих на оператора ТУ приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы при работе оператора ТУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап		Нормативные документы
	Проектирование	Эксплуатация	
1. Отклонения показателей микроклимата.	+	+	СанПиН 2.2.4.548 – 96 [16]. ГОСТ 12.1.003-2014 [18]. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [19]. ГОСТ 12.1.002-84 [20]. СанПиН. 2.1.8/2.2.4.1383-03 [21]. СП 52.13330.2016 [22]. СО 153-34.20.120-03 [23] ГОСТ 12.4.124-83 [24]. СанПиН 2.2.4.3359-16 [17]. СН 3086-84 [25].
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте.		+	
3. Электромагнитные и ионизирующее излучения.	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочего места.	+	+	
5. Поражение электрическим током.	+	+	
6. Нервно-психические перегрузки.	+	+	
7. Повышенная загазованность воздуха.	+	+	

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап		Нормативные документы
	Проектирование	Эксплуатация	

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

4.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энерготрат организма в кКал/ч (Вт). Работа оператора ТУ относится к категории Ia (работа с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/час (до 139 Вт), производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением).

Обеспечение условий высокопроизводительного и безопасного труда заключается в организации рабочего места и создании нормальных условий труда. При этом должны быть предусмотрены меры по предупреждению или снижению утомляемости работающего [15].

Высокая производительность и комфортность труда на рабочем месте оператора ТУ зависит от микроклимата в производственном помещении. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха [16]. Накопление тепла в организме приводит к нарушению и расстройству нервной системы, секреторной деятельности желудка, печени, нарушению обменных процессов. Может привести к патологической гипертермии (перегреву), судорожной болезни, тепловому удару.

В помещении должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека и представлены в таблице 20.

Таблица 20 – оптимальные параметры микроклимата в помещении

Период года	Холодный и переходный	Теплый
Температура	от 22 до 24 °С	от 23 до 25 °С
Относительная влажность	от 40 до 60 %	от 40 до 60 %
Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с	от 0,1 до 0,2 м/с

Операторам ТУ полагается выдача средств индивидуальной защиты от вредных факторов:

- антистатическая спецодежда, каска, очки;
- утепленная спецодежда для работы на открытом воздухе в зимнее время;
- репелленты и энцефалитные костюмы для работы в летнее время года в регионах, где летом появляются кровососущие;
- наушники для работы в местах с повышенным уровнем шума;
- плащ для наружных работ при неблагоприятных погодных условиях;
- крема от обморожения, регенерирующие восстанавливающие крема, очищающие пасты и крема, антисептические гели.

4.2.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Он может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, преобразователями напряжения, работающими осветительным приборами дневного света, а также проникает извне [18].

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на (5 – 12) %

производительность труда. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90 дБ снижает производительность труда на (30 – 60) %. Неблагоприятное действие шума на человека зависит не только от уровня звукового давления, но и от частотного диапазона шума (наиболее важный для слухового восприятия интервал от 45 до 10000 Гц), а также от равномерности воздействия в течение рабочего времени [19].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 [18]. Согласно документу СН 2.2.4/2.1.8.562-96 при выполнении основной работы на ЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [19].

Для уменьшения шума в помещении операторной производят обработку стен и потолков звукоизолирующей обшивкой, виброизоляцию оборудования. Облицовка внутренних поверхностей помещения звукоизоляционным материалом должна составлять не меньше 60 %. Толщина звукоизоляционного материала применяется равной 50 – 100 мм.

4.2.1.3 Электромагнитное и ионизирующее излучения

Источниками электромагнитных полей являются любые электрические приборы. Большая часть электромагнитного излучения, ЭВМ происходит не от экрана монитора, а от видеокабеля и системного блока.

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжений электрического и магнитного полей, потока энергии, диапазона частот, продолжительности облучения, характера излучения, режима облучения, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма [20].

При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

Нормы электромагнитного излучения радиочастотного диапазона устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений в диапазоне частот от 30 кГц до 300 ГГц.

Способы защиты от ЭМП на путях распространения [21]:

- применение поглотителей мощности;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания под воздействием излучения;
- подъем излучателей и диаграмм направленности излучения;
- блокировочные излучения;
- экранирование излучений.

4.2.1.4 Недостаточная освещенность рабочего места

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неправильная эксплуатация, так же, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок [22].

Ввиду недостаточности естественного освещения в рабочем помещении используется комбинированное освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет [22].

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения.

В помещении операторной в качестве искусственного освещения используются светильники с люминесцентными лампами. Нормы освещенности приведены в СП 52.13330.2016 [22] освещенность рабочего места оператора ТУ должна составлять (300 – 500) Лк. при общем освещении.

Коэффициент пульсации освещения — параметр, который отражает силу изменения светового потока, направляемого на единицу поверхности в определенный временной промежуток.

Стоит учесть, что существующими санитарными правилами установлен верхний лимит на параметр коэффициента пульсации. В месте организации рабочего места он не должен быть выше 20 %. При этом, чем ответственней вид деятельности у работника, тем ниже должен быть этот параметр.

Для офисных помещений и административных зданий, где подразумевается напряженный зрительный труд, коэффициент пульсации не должен быть больше 5 %.

При этом опасность света как раз и заключается в том, что его нельзя распознать, но результатом действия может стать расстройство сна, слабость, депрессия, сбои в работе сердца, дискомфорт и так далее.

4.2.1.5 Поражение электрическим током

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности [23].

В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы [24].

При работе с компьютером (дисплей, системный блок, клавиатура) и принтером существует опасность поражения электрическим током:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Все помещения делят на помещения с повышенной опасностью; особо опасные и помещения без повышенной опасности.

Помещение операторной относится к помещению без повышенной опасности, так как в нем отсутствуют следующие условия: повышенная влажность (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %) и высокая температура (более 30 °С);

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлен. Заземление выполняется изолированным медным проводом сечением 1.5 мм, который присоединяется к общей шине заземления с общим сечением 48 м при помощи сварки. Общая шина присоединяется к заземлению, сопротивление которого не должно превышать 4 Ом. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

Для снижения величины возникающих зарядов статического электричества покрытие технологических полов выполнено из однослойного поливинилхлоридного антистатического линолеума [24].

4.2.1.6 Нервно-психические перегрузки

Опасные психофизиологические и вредные производственные факторы, согласно ССБТ делятся на физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки). На протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы. Продолжительность

непрерывной работы с ВДТ и ЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов [17].

В помещениях, оборудованных ЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы.

Мероприятия по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков:

- аттестация рабочих мест по условиям труда, оценка уровней профессиональных рисков;
- обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда средствами индивидуальной защиты;
- обучение, инструктаж, проверка знаний по охране труда работников.

4.2.1.7 Повышенная загазованность воздуха

Повышенная загазованность воздуха является опасным производственным фактором для здоровья человека. Степень поражения организма при наличии такого производственного фактора, как загрязненность и загазованность воздуха зависит от типа и концентрации вредных веществ.

Средства коллективной защиты от повышенной загазованности:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими, что позволяет вывести работающего из опасной зоны, устранить тяжелый ручной труд;
- хорошая герметизация оборудования, трубопроводов, своевременное и качественное обслуживание и ремонт оборудования, способствующие снижению поступления в воздух различных вредных веществ;
- устройство правильно организованной рациональной вентиляции и кондиционирования воздуха с целью его очистки, удаления или разбавления до допустимых концентраций вредных выделений.

При недостаточной эффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ): респираторы противогазного

типа, противогазы со специальными нейтрализующими газ насадками.

4.2 Экологическая безопасность

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу.

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства [25].

Основными загрязнителями атмосферы при работе с сырой нефтью являются углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, химреагенты и т.д.

Мероприятия по охране окружающей природы:

- защита участка от подтоплений, проливов опасных жидкостей и загрязнений отходами;
- увеличение площади зеленых насаждений;
- организация площадок раздельного сбора и хранения мусора;
- техосмотр автотранспорта и организация движения машин по территории без простоев и работы двигателей на холостом ходу;
- инструктаж по экобезопасности;
- благоустройство, озеленение и санитарная очистка территории;
- проверка точек забора питьевой воды;
- ликвидация ненужных и устаревших объектов;
- централизованная утилизация люминесцентных ламп путем вывоза с месторождения и передачи на полигон токсичных отходов (г. Томск, ул. Железнодорожная 3).

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Перечень возможных чрезвычайных ситуаций

На основе анализа статистических данных об авариях на площадках нефтегазового комплекса прогнозируются следующие чрезвычайные ситуации:

отключение электроэнергии, взрыв газовоздушной смеси или пожар в технологических установках и помещениях. Наиболее опасной для производства и жизни людей чрезвычайной ситуацией является взрыв, а наиболее частой ситуацией является пожар.

Поскольку технологические установки и помещения нефтегазового комплекса относятся к категории взрывоопасных, то предусмотрена автоматическая защита при повышенной загазованности и при пожаре. Выбранный современный комплекс технических средств обеспечивает надежность срабатывания защит, а также безопасность производства [26].

4.3.2 Пожарная безопасность

Пожар представляет особую опасность, так как он грозит уничтожением аппаратуры, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, и возникновением пожара в соседних помещениях. А также может представлять серьезную угрозу жизни и здоровью персонала [26].

Источниками зажигания на площадке могут быть электронные схемы от электрооборудования, электродвигатели, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Для данной площадки установлена категория пожарной опасности В – пожароопасные [27].

В случае обнаружения пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.д.) немедленно сообщить об этом в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию).

Оценивая свои возможности приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, в случае явной угрозы причинения вреда жизни и здоровью прекратить самостоятельное тушение пожара и покинуть опасную зону.

Соблюдая спокойствие определить в какой части здания возник пожар и проводить эвакуацию по наиболее безопасному маршруту. Принять меры по организации эвакуации сотрудников и эвакуации материальных ценностей.

По завершении эвакуации проверить наличие сотрудников, удостовериться, что здание покинули все работники.

Организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

По прибытии пожарного подразделения по возможности проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ и материалов.

Заключение

В ходе выполнения ВКР выполнена разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом концевой сепарационной установки.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был рассмотрен технологический процесс дегазации и стабилизации товарной нефти при помощи концевой сепарационной установки. Были предложены современные аппаратные средства, характеризующиеся высокой надёжностью. Были спроектированы структурная и функциональная схема автоматизации, позволяющие определить состав оборудования, количество каналов передачи данных и количество сигналов. Были разработаны схемы внешних проводок, позволяющие понять систему передачи сигналов от полевых устройств на АРМ оператора, а также для успешного устранения неисправностей в случае их возникновения.

Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы сбора данных и управления. Была разработана мнемосхема АСУТП КСУ, отображаемая на экране АРМ оператора.

Проведенный технико-экономический анализ свидетельствует о том, что разработанная АСУТП КСУ позволит значительно снизить затраты на обслуживание и эксплуатацию.

В ходе выполнения ВКР были рассмотрены вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. Были проработаны проектные решения, исключающие несчастные случаи на производстве, вопросы по снижению влияния опасных и вредных факторов на работников, а также вопросы связанные со снижением количества вредных воздействий на окружающую среду.

Conclusion

In the process of completion of the SRS, the development of an automated process control system for the terminal separation unit was completed.

In the course of the final qualification work, the technological process of degassing and stabilization of marketable oil using the terminal separation unit was considered. Modern hardware with high reliability has been proposed. A structural and functional automation scheme was designed to determine the composition of the equipment, the number of data transmission channels and the number of signals. External wiring diagrams have been developed to understand the system for transmitting signals from field devices to the operator's workstation, as well as to successfully troubleshoot malfunctions if they occur.\

To control process equipment and data collection, data collection and control algorithms have been developed. A mimic diagram of the process control system of the control system was developed, which is displayed on the operator's workstation screen.

The feasibility study shows that the developed KSU automated process control system will significantly reduce the cost of maintenance and operation.

During the implementation of the WRC, the issues of observing the rights of personnel to work, fulfilling the requirements for safety and health at work, industrial safety, environmental protection and resource conservation were considered. Design solutions were worked out that excluded industrial accidents, questions on reducing the impact of hazardous and harmful factors on workers, as well as issues related to reducing the number of harmful effects on the environment.

Список используемых источников

1. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 156 с.
3. Описание технологического процесса концевой сепарационной установки. [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.su/10_125809_kontsevoy-separator.html, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 11.03.2020 г.
4. Ицкович Э. Л. Классификация микропроцессорных программно-технических комплексов. // Промышленные АСУ. № 10, 1999. – 98 с.
5. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. М.: Стандартинформ, 2014.– 30с.
6. Каталог продукции фирмы Siemens. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.03.2020 г.
7. Каталог продукции фирмы Мохэ. Медиаконвертеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.moxa.ru/shop/ethernet/converters/imc-21/imc-21-s-sc/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.03.2020 г.
8. Каталог продукции промышленной группы ООО «Манометр Сервис». Датчики Давления [Электронный ресурс]. URL: <http://www.manometer.ru> , свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.03.2020 г.
9. Каталог продукции промышленной группы «Метран». Датчики Температуры [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metran.ru/>

catalog/temperature.html, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.03.2020 г..

10. Каталог продукции промышленной группы ОКБ Вектор. Датчики уровня [Электронный ресурс]. URL: <https://plp.nt-rt.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.03.2020 г.

11. Каталог продукции фирмы НПП «ТЭК». Электропривод. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.npptec.ru/1298-1-malogabaritnyeelektroprivody.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.03.2020 г.

12. Методические указания к технико-экономическому обеспечению ВКР для студентов всех специальностей ГНФ и ЗГНФ / Томский политехнический университет; Сост. В. Е. Клемина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 20 с.

13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

14. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

15. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (ИУС 12-2016)».

16. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

17. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах (приложения 3)».

18. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности (ИУС 9-2015)».

19. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

20. ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты».

21. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к

размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».

22. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

23. СО 153-34.20.120-03 «Правила устройства электроустановок».

24. ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».

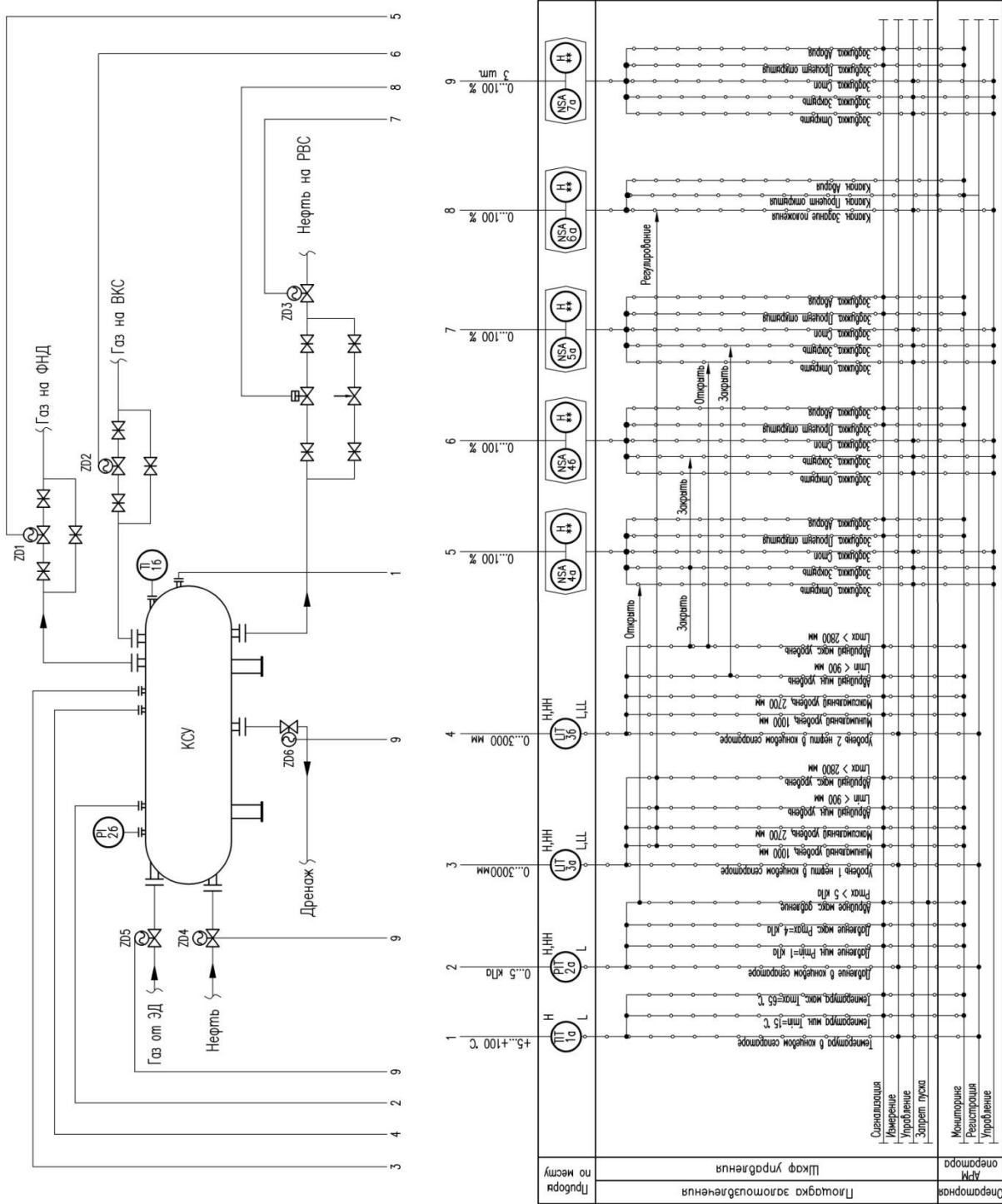
25. СН 3086-84 «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

26. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

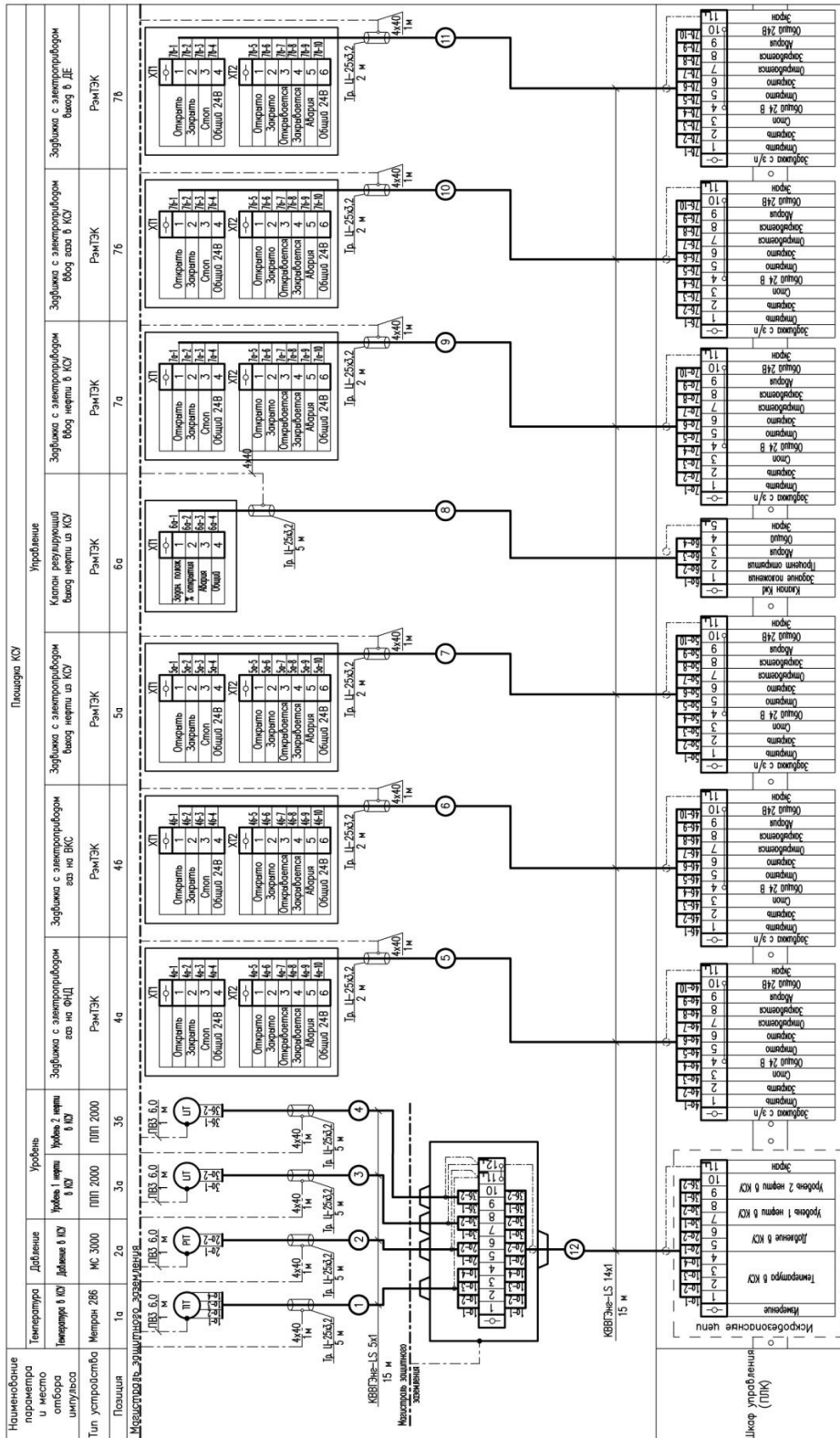
27. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Приложение А (обязательное)

Функциональная схема автоматизации



Приложение Б (обязательное) Схема внешних проводок



Приложение В (обязательное)

Перечень входных/выходных сигналов технологического процесса

Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Тип сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Технологические уставки				Примечание
					Предупредительные		Аварийные		
					min	max	min	max	
Температура в конце сепараторе	TEM_KS_WORK	AI (4...20мА)	+5...+100	°С	-	-	-	-	
Температура в конце сепараторе min	TEM_KS_L	DI	-	-	+	-	-	-	
Температура в конце сепараторе max	TEM_KS_H	DI	-	-	-	+	-	-	Обозначение XXX соответствует:
Давление в конце сепараторе	PRS_KS_WORK	AI (4...20мА)	0...5	кПа	-	-	-	-	1 – электрозащитка ZD1
Давление в конце сепараторе min	PRS_KS_L	DI	-	-	+	-	-	-	2 – электрозащитка ZD2
Давление в конце сепараторе max	PRS_KS_H	DI	-	-	-	+	-	-	3 – электрозащитка ZD3
Аварийный max давление в КСУ	PRS_KS_HH	DI	-	-	-	-	-	+	4 – электрозащитка ZD4
Уровень 1 нефти в конце сепараторе	LVI_KS_WORK	AI (4...20мА)	0...3000	мм	-	-	-	-	5 – электрозащитка ZD5
Уровень 1 нефти в конце сепараторе min	LVI_KS_L	DI	-	-	+	-	-	-	6 – электрозащитка ZD6
Уровень 1 нефти в конце сепараторе max	LVI_KS_H	DI	-	-	-	+	-	-	
Аварийный min уровень 1 нефти в КСУ	LVI_KS_LL	DI	-	-	-	-	-	+	
Аварийный max уровень 1 нефти в КСУ	LVI_KS_HH	DI	-	-	-	-	-	-	
Уровень 2 нефти в конце сепараторе	LV2_KS_WORK	AI (4...20мА)	0...3000	мм	-	-	-	-	
Уровень 2 нефти в конце сепараторе min	LV2_KS_L	DI	-	-	+	-	-	-	
Уровень 2 нефти в конце сепараторе max	LV2_KS_H	DI	-	-	-	+	-	-	
Аварийный min уровень 2 нефти в КСУ	LV2_KS_LL	DI	-	-	-	-	-	+	
Аварийный max уровень 2 нефти в КСУ	LV2_KS_HH	DI	-	-	-	-	-	-	
XXX открыт	REG_LT_OPN_XXX	DO	-	-	-	-	-	-	
XXX закрыт	REG_LT_CLS_XXX	DO	-	-	-	-	-	-	
XXX стоп	REG_LT_STP_XXX	DO	-	-	-	-	-	-	
XXX процент открытия	STS_LT_OPND_XXX	DI	-	-	-	-	-	-	
XXX авария	STS_LT_ALARM_XXX	DI	-	-	-	-	-	-	
XXX открывается	STS_LT_POPN_XXX	DI	-	-	-	-	-	-	
XXX закрывается	STS_LT_PCLS_XXX	DI	-	-	-	-	-	-	
XXX дистанционный режим	STS_LT_REMT_XXX	DI	-	-	-	-	-	-	
Клапан регулирующий открытие	REG_KL_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
Клапан регулирующий закрытие	REG_KL_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
Клапан регулирующий процент открытия	REG_KL_OPND	DI	-	-	-	-	-	-	
Клапан регулирующий авария	REG_KL_ALARM	DI	-	-	-	-	-	-	

Приложение Г (обязательное)

Алгоритм сбора данных с канала измерения уровня

