

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки - 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы телесигнализации и управления кустовой площадки

УДК 004.896-048.35: 622.276.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Петухов Максим Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Л.И.	К.Т.Н.		

Консультант

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

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Е.В.	К.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Г.Ф.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е.И.	К.Т.Н., доц.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.04.2019	Основная часть	75
01.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
15.05.2019	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Л.И.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доц.		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Е.И. Громаков
 (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
8Т5А	Петухову Максиму Сергеевичу

Тема работы:

Разработка системы телесигнализации и управления кустовой площадки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является участок кустовой площадки. Режим работы непрерывный. Участок кустовой площадки представляет собой сепаратор и совокупность трубопроводов, с наличием средств контрольно-измерительных приборов и автоматики, а также исполнительных механизмов.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; функциональная схема автоматизации; подбор оборудования; разработка математической модели сепаратора; разработка имитационной модели процесса транспортировки сырья; разработка SCADA-системы; разработка схемы информационных потоков; разработка алгоритма регулирования.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Функциональная схема технологического процесса; схема информационных потоков; схема алгоритма регулирования расхода; SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Винокурова Галина Федоровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.01.2019
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Л.И.	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Петухов Максим Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Петухову Максиму Сергеевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых и человеческих	Бюджет – 123 211,8 руб. Затраты на заработную плату – 71 650,28 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент 30 %; Коэффициент доплат и надбавок 20 %; Районный коэффициент 30 %; Коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Налог во внебюджетные фонды 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ.
2. Формирование календарного плана и бюджета инженерного проекта (ИП)	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ, - определение трудоемкости работ, - создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку: - материальные затраты, - затраты на специальное оборудование; - заработная плата (основная и дополнительная), - накладные расходы.
3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4.28 Интегральный показатель эффективности – 4.39 Сравнительная эффективность проекта – 1.26

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценочная карта конкурентных технических решений, 2. Матрица SWOT, 3. Диаграмма Ганта, 4. Расчет бюджета затрат, 5. Основные показатели эффективности ИП.
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Петухов Максим Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Петухову Максиму Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (в нефтегазовой отрасли)

Тема ВКР:

Разработка системы телесигнализации и управления кустовой площадки	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследовательской работы является система телесигнализации и управления кустовой площадки. В состав системы входят: сепаратор, датчики, исполнительные механизмы. Рабочей зоной является производственное помещение, включающее в себя технологическое оборудование системы. Областью применения разрабатываемой системой является добывающие нефтегазовые предприятия.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019); – МР 2.2.7.2129-06 Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Повышенный уровень шума в помещении; – Несоответствие нормам параметров микроклимата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Повышенный уровень общей вибрации; – Пожаро- взрывоопасность.
3. Экологическая безопасность:	Выявлен объект системы, который может представить угрозу для атмосферы, в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. – Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Винокурова Галина Федоровна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Петухов Максим Сергеевич		

Реферат

Пояснительная записка содержит 92 страниц машинописного текста, 33 рисунка, 20 таблиц, 25 источников литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: автоматизация, датчик, SCADA, трубопровод, давление, расход, температура, телемеханика, насос, АСУ ТП, клапан.

Объектом работы является участок кустовой площадки.

Целью работы является повышение эффективности потребления ресурсов и качества продукции за счёт удаленного управления технологическим процессом, а также непрерывного контроля за состоянием технологических объектов и параметров нефтепродуктов.

Проведена разработка системы телесигнализации и управления участка кустовой площадки, создание модели данной системы в среде Matlab Simulink с помощью пакета SimHydraulics, разработки SCADA – системы. Созданная модель отображает этап транспортировки сырья после процесса сепарирования. Данная модель дает возможность проведения безопасных исследований с целью получения информации об разработанной системе.

В данной работе представлены разработки системы телемеханики участка кустовой площадки, математической и имитационной моделей, выбор контроллерного оборудования и датчиков, разработка схем: функциональной, блок–схемы, информационных потоков.

Данное решение уменьшает простои оборудования, позволяет сократить шанс возникновения чрезвычайных ситуаций на производственном объекте, увеличить безопасность работы обслуживающего персонала, что является важным аспектом в нефтедобывающей промышленности в условиях Крайнего Севера, а также других местах, характеризующихся высокой труднодоступностью. Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтедобывающие предприятия, имеющие кустовые площадки, преимущественно расположенные в труднодоступных для сбора информации и обслуживания местах.

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

автоматизированная система (АС): Это 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;

объект управления (ОУ): 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 серьёзного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени;

SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных): Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных;

диспетчерский пункт (ДП): Центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производств

автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП): Комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП, как правило, понимается комплексное решение, которое обеспечивает автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершённый продукт.

КТС – комплекс технических средств;

ПО – программное обеспечение;

АСУ – автоматизированная система управления;

ГЗУ – групповая замерная установка;

ППД – поддержание пластового давления;

ГБ – газораспределительные блоки;

РУ – распределительное устройство;

ДНС – дожимная насосная станция;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

СТМ – система телемеханики;

ТИ – телеизмерения;

ТС – телесигнализации;

ТУ – телеуправление;

ГЗЖ – газо-жидкостная смесь;

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;

ИМ – исполнительный механизм.

Содержание

Реферат	9
Определения, обозначения и сокращения	10
Введение.....	15
1 Техническое задание.....	16
1.1 Полное название.....	16
1.2 Краткая характеристика области применения	16
1.3 Основные задачи и цели создания АСУ ТП.....	16
1.4 Назначение кустовой площадки	16
1.5 Требования к техническому обеспечению	17
1.6 Требования к метрологическому обеспечению	19
1.7 Требования к математическому обеспечению	19
1.8 Требования к программной документации	20
2 Разработка системы телесигнализации и управления кустовой площадки.....	20
2.1 Значение кустовых площадок.....	20
2.2 Сооружение кустовой площадки.....	20
2.2 Описание технологического процесса.....	21
2.3 Система телемеханики.....	22
2.3.1 Функции систем телемеханики	23
2.3.2 Связь человек-машина.....	24
2.4 Выбор средств реализации АС	25
2.4.1 Выбор контроллерного оборудования.....	25
2.4.2 Выбор датчика давления	28
2.4.3 Выбор датчика температуры.....	30
2.4.4 Выбор датчика уровня	32
2.4.5 Выбор датчика расхода	34
2.4.6 Выбор исполнительных механизмов	36
2.5 Создание имитационной модели	40
2.5.1 Алгоритм автоматического регулирования	40

2.5.2 Моделирование системы	41
2.6 Разработка SCADA–системы	49
2.7 Связь SCADA-системы с имитационной моделью	52
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	53
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	53
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	54
3.1.3 SWOT – анализ	55
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	56
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	56
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	57
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	58
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
3.3.1 Расчет материальных затрат	62
3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование	62
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	63
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	64
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	64
3.3.6 Накладные расходы	65
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	65
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
4 Социальная ответственность	69
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства....	70
4.1.2 Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя.....	70

4.2 Производственная безопасность	71
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	71
4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	72
Повышенный уровень шума	72
Повышенный уровень вибрации	73
Микроклимат	73
Производственное освещение	74
4.3 Экологическая безопасность.....	75
Пожарная безопасность.....	76
Взрывоопасность.....	76
Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
Заключение по главе 4	77
Заключение	79
Список использованных источников	80
Приложение А. Функциональная схема	83
Приложение Б. Схема информационных потоков.....	85
Приложение В. Схема структурная комплекса технических средств	87
Приложение Г. SCADA-система	89
Приложение Д. Схема имитационной модели	91

Введение

Изначально автоматизация применялась лишь к отдельным операциям технологического процесса, но со временем, в процессе развития во многих сферах производства появилось понятие автоматизации, которое распространилось как на основные, так и на вспомогательные процессы технологических производств.

Автоматизация технологических процессов позволяет использовать доступные ресурсы на производстве более экономно и рационально. Она влияет на повышение качества выпускаемой продукции, на повышение производительности труда, увеличение эффективности предприятия.

Современные нефтеперерабатывающие и нефтехимические производства строго зависят от контроля и поддержания на необходимом уровне многих технологических параметров. На сегодняшний день автоматизированные комплексы позволяют в реальном времени получать информацию о состоянии технологического процесса, управлять им с минимальным количеством персонала. Для этого и существует система телемеханики, которая предназначена для передачи необходимой информации, при дистанционном контроле и управлении распределенными и удаленными объектами (кустами скважин).

Системы телемеханики решают задачи:

- оптимизация режимов работы скважин;
- снижение затрат на ремонт оборудования;
- централизация управления;
- надежность и достоверность доставки информации;
- уменьшение возможности возникновения аварийных ситуаций;
- первичная обработка информации.

1 Техническое задание

1.1 Полное название

Разработка системы телесигнализации и управления кустовой площадки.

1.2 Краткая характеристика области применения

Данная системы предназначена для автоматизации технологических процессов кустовых площадок нефтяных месторождений, в частности контроль и управление в реальном масштабе времени технологическим процессом транспортировки сырья после процесса сепарирования.

1.3 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

- Дистанционная передача дискретной информации о состоянии контролируемых объектов;
- дистанционная передача параметров технологических объектов (температура, давление, расход, объем);
- сигнализация об аварийных случаях на контролируемых объектах;
- дистанционное управление работой технологического оборудования на технологическом объекте.

1.4 Назначение кустовой площадки

«Куст нефтяных скважин – это специально выделенная территория, ограниченная площадкой естественного либо искусственного происхождения, с расположенными на ней устьями скважин, нефтегазодобывающего оборудования, бытовых и служебных помещений, а также прочих необходимых для эксплуатации сооружений» [1].

В большинстве случаев технологические объекты нефтегазовой добычи расположены в труднодоступных для сбора информации и обслуживания местах. Часто доступность объектов зависит от погодных условий, времени года и особенности местности. Данная система предназначена для эффективного

контроля и управления технологическими процессами, получения информации об объекте в реальном времени дистанционно.

Созданная модель служит для выявления всех ресурсов, нахождения и устранения проблемных мест технологического процесса, анализа и обработки информации, которая может быть использована на реальном объекте.

Система автоматизации обеспечивает:

1. Дистанционное измерение:

- входного расхода нефтепродуктов в сепаратор;
- выходных значений расхода газа, нефти и воды после процесса сепарирования;
- давления газа с учетом потерь на трубопроводе;
- температуры газа с учетом влияния внешних факторов;
- давления воды после сепарирования;
- давления нефти после сепарирования с учетом потерь на трубопроводе;
- температуру нефти с учётом влияния внешних факторов;
- расход нефти с учетом потерь на трубопроводе.

2. Дистанционную сигнализацию:

- текущее состояние регулирующих устройств.

3. Дистанционное управление:

- перевод задвижек в состояния открыть\закрыть;
- подача входных параметров расхода нефтепродукта.
- управление насосами нефти и воды;
- управление компрессором газа.

1.5 Требования к техническому обеспечению

АСУ ТП обязана обеспечивать передачу и обработку информации от средств автоматизации, поставляемых совместно с технологическим оборудованием.

Комплекс технических средств (КТС) совместно с программным обеспечением (ПО) должен обеспечивать реализацию всех функций, оговоренных в данном техническом задании.

В состав КТС должны входить:

- датчики;
- контроллеры;
- исполнительные механизмы;
- средства дистанционного управления, программно-технические средства обработки, хранения и передачи информации;
- средства отображения и регистрации информации (вторичные приборы, мониторы).

Оборудование, которое используется в данной системе, должно быть устойчиво к перепадам температур в диапазоне от минус 50 до плюс 50 °С, а также воздействию влажности до 85 % при температуре плюс 30 °С.

Все датчики, используемые в данной системе, должны быть выполнены во взрывобезопасном исполнении и иметь уровень взрывозащиты, соответствующий требованиям, прописанными в ГОСТе 30852 [2] и ГОСТе 30852.13 [3]. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с агрессивной средой, должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов, либо для их защиты нужно использовать разделители сред.

Средства контрольно-измерительных приборов и автоматики должны строиться на базе электронных датчиков уровня, расхода, температуры и т.д. Все средства измерений должны выдавать стандартные сигналы в диапазоне от 4 до 20 мА.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. Для ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной зоне, необходимо использование модулей с

искробезопасными входными цепями, а также внешних барьеров искробезопасности.

1.6 Требования к метрологическому обеспечению

Все средства измерения, используемые в разработанной системе, должны проходить первичную и плановую проверки согласно требованиям нормативных документов: ГОСТ 16920-93 [4] для термометров и преобразователей температуры, ГОСТ 22520-85 [5] для датчиков давления, ГОСТ 28729-92 [6] для расходомеров.

- Результаты измерений выражаются в узаконенных (установленных законодательством России) единицах;
- значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;
- основная погрешность измерительных каналов в системе телесигнализации и телеуправления не должна превышать значений, приведённых в таблице 1:

Таблица 1 – Предельные значения показателей точности технических средств автоматики

Технические средства автоматики	Основная приведенная погрешность измерения
Датчик давления	приведенная погрешность $\pm 0,1 \%$
Датчик расхода	приведенная погрешность $\pm 0,1 \%$
Датчик температуры	приведенная погрешность $\pm 0,5 \%$
Датчик уровня	абсолютная погрешность $\pm 20,0$ мм

1.7 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение 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.

Реализация функций первичной обработки сигналов должна осуществляться с использованием стандартных алгоритмов масштабирования,

сглаживания, фильтрации и линейаризации. Реализация функций автоматического регулирования должна осуществляться с помощью стандартного алгоритма ПИД-регулирования.

1.8 Требования к программной документации

В комплект программной документации программно-инструментального средства должно входить:

- техническое задание;
- пояснительная записка;
- приложения.

Документация должна быть представлена в печатном и в электронном виде в формате Microsoft Word.

2 Разработка системы телесигнализации и управления кустовой площадки

2.1 Значение кустовых площадок

При кустовом размещении скважин стоимость обустройства коммуникаций значительно снижается, за счет уменьшения затрат на нефтесборы, линии электроснабжения и т.д. Данный вид размещения приводит к существенной экономии капитальных затрат, а также повышает экологическую безопасность всего промысла.

2.2 Сооружение кустовой площадки

В зависимости от способа эксплуатации нефтедобывающих скважин на кусте скважин предусматриваются следующие технологические сооружения:

1. приустьевые площадки нефтяных и нагнетательных скважин;
2. групповые замерные установки;
3. блоки для подачи реагентов-деэмульгаторов;
4. технологические трубопроводы;
5. газораспределительные блоки;

6. трансформаторные подстанции;
7. сепараторы и т.д.

Групповые замерные установки (ГЗУ) предназначены для автоматического суммарного учета количества жидкости и газа, добываемых из нефтяных скважины, с последующим определением дебита скважины. На площадках данной установки размещаются блоки для подачи реагентов-деэмульгаторов и ингибиторов.

Газораспределительные блоки (ГБ) предназначены для распределения воды, закачиваемой в нагнетательные скважины в момент закачки системы поддержания пластового давления (ППД), с одновременным измерением расхода и давления.

2.2 Описание технологического процесса

Газожидкостная смесь со скважин поступает на групповую замерную установку, с помощью которой возможен автоматический замер дебита каждой добывающей скважины.

Замерная установка состоит из распределительного устройства (РУ), сепарационной емкости и трубопроводной обвязки. Газожидкостная смесь после распределительного устройства поступает в сепаратор, с помощью которого происходит ее разделение на три составляющие: газ, нефть и вода. Параметры нефти, полученной при данном этапе сепарации, зачастую не соответствуют требуемым. Поэтому после групповой замерной установки нефть поступает на центральный пункт сбора нефти, где подвергается полному циклу предварительной обработки, который состоит из трехступенчатого разгазирования в сепараторах. Помимо этого, полученное сырье подвергают обессоливанию и обезвоживанию. С помощью этих этапов обработки нефти возможно получение желаемых параметров добываемой нефти.

В том случае, если устьевого давления скважины недостаточно для того, чтобы транспортировать нефтепродукты до центрального пункта сбора, сооружают дожимную насосную станцию (ДНС). Ее задачей является

предоставление дополнительной энергии сырья для ее транспортировки на большие расстояния.

Упрощенная схема системы сбора скважинной продукции на кустовых площадках представлена на рисунке 1.

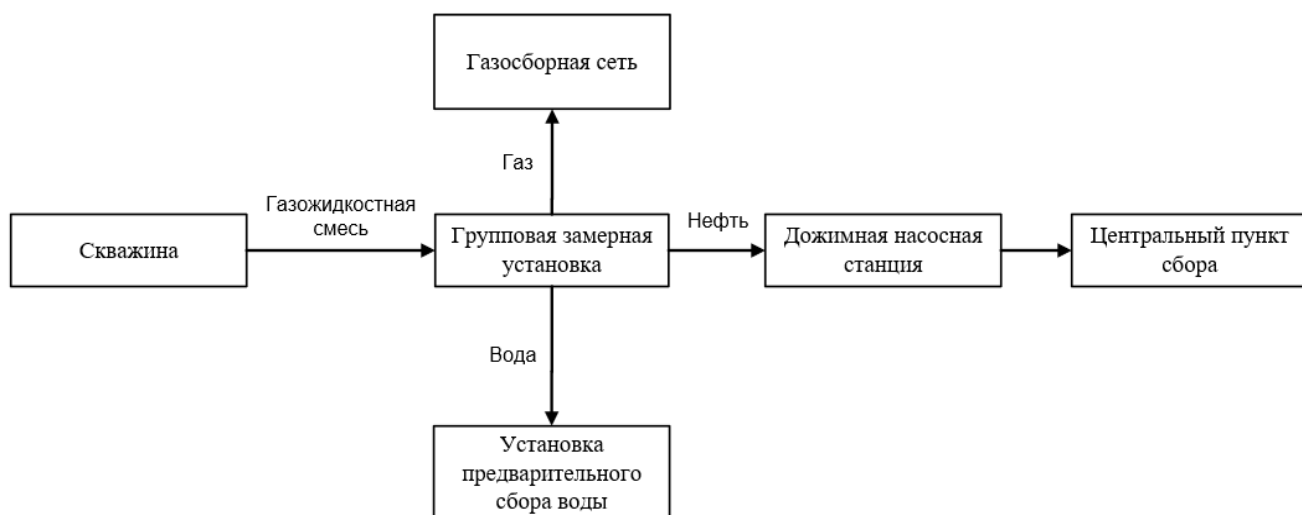


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы сбора скважинной продукции

В данной работе была разработана система телесигнализации и телеуправления участка кустовой площадки, состоящего из сепаратора, нефтепроводов, газопроводов и водоводов.

2.3 Система телемеханики

Система телемеханики необходима для объединения объектов управления, отдаленно расположенных, в единый производственный комплекс. Система телесигнализации и телеуправления позволяет собирать информацию с удаленных технологических объектов, расположенных на кустах месторождения, таких как насосы, сепараторы, установки для проведения замеров. Система дает возможность передавать информацию на диспетчерский пункт, тем самым позволяя вести непрерывный контроль состояния скважинного оборудования, положением задвижек, дебитом нефти и других параметров.

При создании автоматической системы управления возникает вопрос контроля над технологическим процессом и управления технологическими объектами. Поэтому система телемеханики является неотъемлемой частью АСУ ТП. Функциональная схема разработанной системы находится в Приложении А.

2.3.1 Функции систем телемеханики

Согласно ГОСТ Р МЭК 870-1-1-93 [7], в термин «телемеханика» входят несколько понятий, связанных с основными функциями телемеханических систем:

- телесигнализация (ТС) – дискретное состояние объекта;
- телеизмерение (ТИ) – непрерывно меняющиеся величины;
- телеуправление (ТУ) – положение или состояние объектов;
- телерегулирование (ТР) – дискретно или непрерывно изменяемые параметры.

При большом количестве параметров на объекте, по каналу телеуправления зачастую передают требуемое значение (уставку), а сигналы рассогласования и управляющих воздействий формируются на самом объекте. При этом, если уставка вырабатывается оператором, то такую систему называют телемеханической, если же автоматом – телеавтоматической.

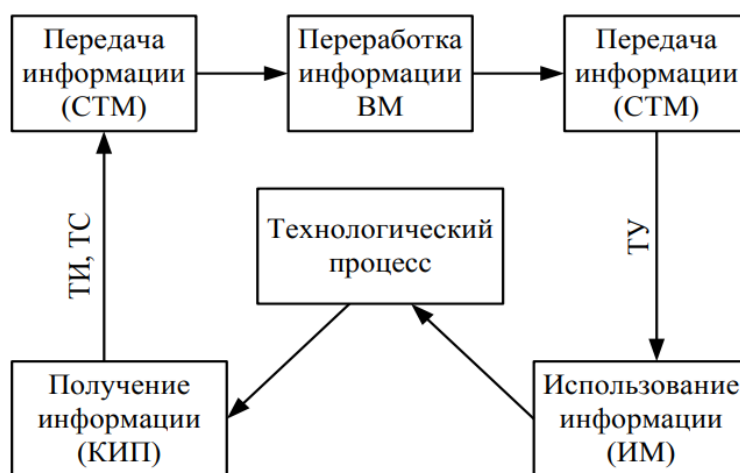


Рисунок 2 – Телеавтоматическая система управления

Также существуют расширенные функции телемеханики, в задачу которых входит обработка информации на отдельном центральном процессоре

самой системы телемеханики. Далее представлены расширенные функции телемеханики:

- оценка состояния объекта в реальном масштабе времени;
- регистрация параметров технологического процесса в реальном времени;
- указание пределов измерений;
- контроль неисправности оборудования;
- обеспечение безопасности на объектах и т.д.

2.3.2 Связь человек-машина

Система связи человек-машина обеспечивает инженера, оператора, а также обслуживающего персонала своевременной, полной и достоверной информацией о фактическом состоянии технологического процесса. Данная система предоставляет возможность человеку вмешаться в технологический процесс во время работы.

Информация состояния технологического процесса отображается у оператора с помощью следующей аппаратуры:

- панель управления, которая включает в себя комбинацию различных устройств отображения (визуальных дисплеев, коммутаторов);
- регистрирующие устройства;
- показывающие приборы для индикации измеряемых и рассчитанных ранее показаний, таких как процент содержания, сумма расходов в трубопроводе и т.д.;
- визуальные дисплеи, предназначенные для отображения показаний в тестовом, графическом, а также цифровом видах представления информации;
- звуковая сигнализация, необходимая для привлечения внимания оператора к опасным ситуациям;

2.4 Выбор средств реализации АС

Подбор датчиков осуществляется с выполнением условия эксплуатации их в агрессивных средах, а значит каждый из них должен быть выполнен во взрывозащищенном корпусе и с искробезопасными цепями. Предпочитаются интеллектуальным датчикам с унифицированным сигналом (4 – 20) мА.

2.4.1 Выбор контроллерного оборудования

Одним из основных компонентов разрабатываемой АСУ ТП является ПЛК. Его подбор осуществляется на основе возможности обработки показаний с датчиков, управления исполнительными механизмами. При этом его работа должна осуществляться без длительного обслуживания в неблагоприятных условиях.

Основные критерии подбора ПЛК – это интерфейсы, протоколы, возможность подключения модулей расширения аналоговых/дискретных, дублирование, резервирование, OPC, база данных и т.д.

При выборе контроллерного оборудования было рассмотрено несколько вариантов: ЭЛСИ-TMK, SCADAPack, Simatic S7 - 1200.

Программируемые логические контроллеры Simatic S7 – 1200 выпускаются фирмой Siemens. Данные контроллеры имеют возможность решать низкого и среднего уровня сложности задачи автоматизации. Контроллеры часто используются для управления насосами, задвижками, а также в таких отраслях как машиностроение, управление предприятием и т.п.

Система S7 – 1200 состоит из центральных процессоров нескольких типов, множества сигнальных модулей ввода-вывода и двух типов сигнальных плат. Также в систему входят блок питания, карты памяти и имитаторы входных сигналов для осуществления отладки программ, загруженных на ПЛК.

Так как в данной работе SCADA–система создана в программном продукте TIA Portal, данный контроллер идеально подходит для функционирования разработанной системы. Единая среда разработки TIA Portal позволяет:

- использовать однородную среду разработки;
- использовать единый набор функций;
- обеспечивать поддержку и т.д.

Данная система имеет интегрированную диагностическую систему, позволяющую своевременно получать информацию об ошибках и эффективно устранять данные неисправности.

Так как разработанная система телесигнализации и управления преимущественно располагается в труднодоступных для обслуживания местах, очень важно подобрать оборудование с высокой надежностью и отказоустойчивостью. Данный контроллер имеет интегрированную систему защиты центрального процессора, что позволяет снизить периодичность обслуживания данного оборудования.

Данные программируемые контроллеры выпускаются в двух исполнениях. Одним из них является SIPLUS extreme S7 – 1200, предназначенный для эксплуатации в тяжелых условиях (образование льда или конденсата на корпусе, наличие в воздухе химических веществ, перепады температуры окружающей среды от минус 40 до плюс 70 °С.

Также система Simatic S7 – 1200 включает в себя единую среду разработки STEP 7 Basic, величающую в себя множество инструментов для работы с контроллером. Данная среда предоставляет возможности:

- программирование контроллеров на языках LAD, SCL, FBD;
- быстрая конфигурация параметров аппаратуры;
- обслуживание готовой системы;
- конфигурирование систем связи.

В системах телеуправления данные контроллеры способны выполнять функции удаленных терминальных блоков (RTU). Данное устройство применяется в АСУ ТП для объединения аналоговых и цифровых сигналов технологических объектов.

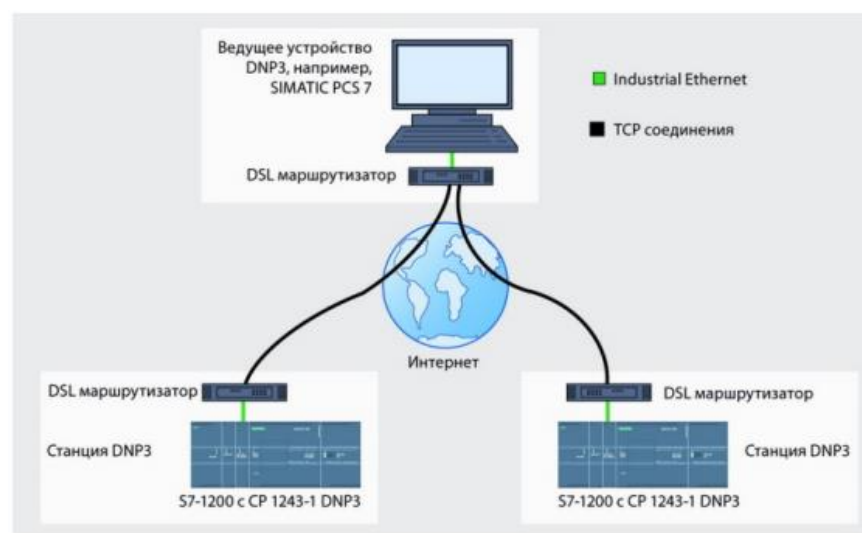


Рисунок 3 – Система телеуправления

Характеристики для центрального процессора CPU 1214C представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики CPU 1214C

Процессор	CPU 1214C
Память	Встроенная загрузочная память 4 МБ, встроенная рабочая память 75 Кб, энергозависимая память 10 Кб для хранения данных при перебоях питания
Интерфейс PROFINET	1xRJ45, 10/100 Мбит/с
Физический уровень	Ethernet
Напряжение питания	Номинальное значение 24 В
Рабочая температура	От минус 40 до плюс 70 °С
Влажность	(5 – 95) %
Напряжение	(12-30) В, 5 Вт
Каналы ввода\вывода	14 дискретных входов 10 дискретных выходов 2 аналоговых входа
Возможность расширения	До 3 коммуникационных модулей на процессор До 8 сигнальных модулей на процессор Одна сигнальная плата на процессор
Цена	28783 рубля

2.4.2 Выбор датчика давления

Выбор датчиков давления проводился по следующим характеристикам:

- тип измеряемого давления;
- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- вариант исполнения;
- условия окружающей среды;
- цена.

Существует множество датчиков разных типов замера давления. Среди них выбор пал на несколько датчиков: Yokogawa EJX530, Метран-150, Элемер-100. Сравнительные характеристики приведены в таблице 3:

Таблица 3 – Технические характеристики

Технические характеристики	Датчики		
	Yokogawa EJX530	Метран-150	Элемер-100
Тип измеряемого давления	абсолютное, избыточное	абсолютное, избыточное, давление-разрежение, дифференциальное, гидростатическое	абсолютное, избыточное, давление-разрежение, дифференциальное, гидростатическое, избыточное давление-разряжение
Диапазон измерений	10,5 кПа – 25 МПа	0.025 кПа – 68 МПа	0,063 кПа – 16 МПа
Допускаемая погрешность	± 0,1 %	± 0.075 %	± 0,15 %
Выходные сигналы	(4 - 20) мА/HART	(4 – 20) мА с HART-протоколом, (0 – 5) мА	(0 – 5) мА; (0 – 20) мА; (4 – 20) мА; HART; Modbus RTU;
Вариант исполнения	IP66/IP67, N E M A T Y P E 4X	общепромышленное, искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка	общепромышленное, «Ex» (ExiaIICT5 X, ExibIICT5 X), «Exd» (1ExdsIIBT4/H2X, 1ExdIICT6 X), кислородное
Условия окружающей среды	от минус 40 до плюс 85 °С;	от минус 40 до плюс 85 °С	от минус 10 до плюс 70 °С
Цена	69 800 руб.	от 25000 рублей	от 34000 рублей

Как видно из таблицы 3, датчик давления Метран – 150 имеет нужные нам варианты исполнения, имеет высокую точность, по сравнению с другими, сравниваемыми приборами, более глубокий диапазон измерения, а также низкую стоимость.



Рисунок 5 – Датчик давления Метран-150

Данные датчики предназначены для непрерывного фиксирования и преобразования входных величин как в токовый, так и в цифровой сигнал. При этом входными сигналами могут служить величины абсолютного и избыточного давлений.

В каждом датчике давления есть чувствительный элемент, при деформации которого возникает разбаланс мостовой схемы, что приводит к образованию электрического сигнала. Данный сигнал через АЦП подается на преобразователь, переходя в выходной сигнал.

Далее представлена схема включения датчика с искрозащищенным блоком питания с HART – модемом.

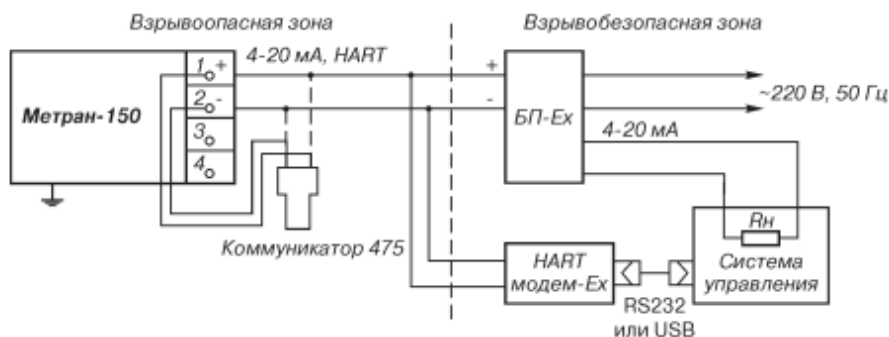


Рисунок 6 – Вариант включения датчика с искрозащищенным блоком питания с HART – модемом

– БП-Ех – источник питания постоянного тока взрывозащищенного исполнения;

– R_n – сопротивление нагрузки или суммарное сопротивление всех нагрузок в системе управления.

2.4.3 Выбор датчика температуры

Выбор датчиков температуры основывается на соответствии следующим характеристикам:

- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- вариант исполнения;
- условия окружающей среды;
- длина монтажной части;
- цена.

Проведем сравнительную характеристику нескольких датчиков температуры: Rosemount 3144P, СЕНС ПТ, ТСМУ 9418.

Таблица 3 – Технические характеристики

Технические характеристики	Датчики		
	Rosemount 3144P	ТСМУ 9418	СЕНС ПТ
Диапазон измерений	От минус 200 до плюс 850 °С	От минус 50 до плюс 50 °С	От минус 50 до плюс 99 °С
Допускаемая погрешность	± 0,02 %	± 0.1 %	± 0,5 %
Выходные сигналы	Сигнал (4 – 20) мА /HART или FOUNDATION fieldbus	(4 – 20) мА, (0 – 5) мА	Цифровой (RS - 232, USB, RS - 485), протокол СЕНС, OPC-сервер, протокол Modbus RTU, токовый (4 – 20) мА
Вариант исполнения	Тип 4X, IP66 и IP68	Искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка	IP66, Ga/Gb Ex d IIB T3
Условия окружающей среды	от минус 40 до плюс 85 °С;	от минус 40 до плюс 50 °С	от минус 50 до плюс 60 °С

Продолжение таблицы 4 – Технические характеристики

Технические характеристики	Датчики		
	Rosemount 3144P	ТСМУ 9418	СЕНС ПТ
Длина монтажной части	80 мм	60 мм	до 6000 мм
Цена	100000 руб.	от 7000 рублей	от 11000 рублей

Как видно из таблицы, датчик температуры СЕНС ПТ имеет не самую низкую, но имеет поддержку множества протоколов. В данном проекте выбор пал именно на этот датчик. Rosemount 3144P имеет больший диапазон измерения, но при этом шаг измерения составляет 10 °С, что для данного проекта не подходит.

С помощью преобразователей температуры СЕНС ПТ возможно измерение температуры не только жидкостей, но и газов. Данный датчики могут применяться в системах автоматического регулирования нефтеперерабатывающих, нефтедобывающих промышленностях.

Преобразователь обеспечивает:

- измерение температуры (многоточечное);
- выдачу управляющих сигналов при достижении заданных пороговых значений и/или при неисправности;
- автоматическое регулирование температуры.



Рисунок 7 – Датчик температуры СЕНС ПТ

Принцип работы данного средства измерения представлен ниже.

Интегральные датчики температуры, установленные в ЧЭ (чувствительный элемент), передают цифровой сигнал измеренной температуры на электронную плату с контроллером, расположенную в корпусе, которая, в

свою очередь, передает в линию СИ СЕНС среднее значение температур (или температуру в каждой точке) и сигналы достижения критических значений температуры (до 8 - ми значений).

2.4.4 Выбор датчика уровня

Датчик уровня установлен в сепараторе определяет уровень нефтяной смеси в нем. Выбор осуществляется между датчиками Rosemount 5300, LMK 858 и ЛИМАКО УЛМ-11А2.

Данные сравнения технических характеристик представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики

Технические характеристики	Датчики		
	Rosemount 5300	LMK 858	ЛИМАКО УЛМ-11А2
Диапазон измерений	До 50 м	До 60 м	(0.6 – 15) м
Допускаемая погрешность	± 20 мм	± 50 мм	± 10 мм
Выходные сигналы	(4–20) мА, HART, FOUNDATION, fieldbus или Modbus	(4-20) мА	(4-20) мА, RS - 485, Modbus
Температура рабочей среды	От минус 60 до плюс 400 °С	От 0 до плюс 50 °С	От 0 до плюс 60 °С
Условия окружающей среды	от минус 40 до плюс 80°С;	от минус 10 до плюс 50 °С	от минус 60 до плюс 50 °С
Цена	100000 руб.	от 38000 рублей	от 140000 рублей

По данным сравнения был выбран датчик уровня Rosemount 5300.

Уровнемер Rosemount 5300 — это интеллектуальный, двухпроводной уровнемер уровня, обеспечивающий непрерывное измерение уровня.

Принцип действия уровнемера представлен далее.

Вдоль зонда уровнемера распространяются маломощные импульсы, часть энергии которых при достижении какой-либо поверхности отражается обратно к уровнемеру. Время отражения сигналов преобразуется в расстояние, тем самым

отображая уровень среды или раздела сред. При этом интенсивность отражения импульсов зависит от диэлектрической проницаемости среды.

Далее представлен наглядный пример принципа действия уровнемера.

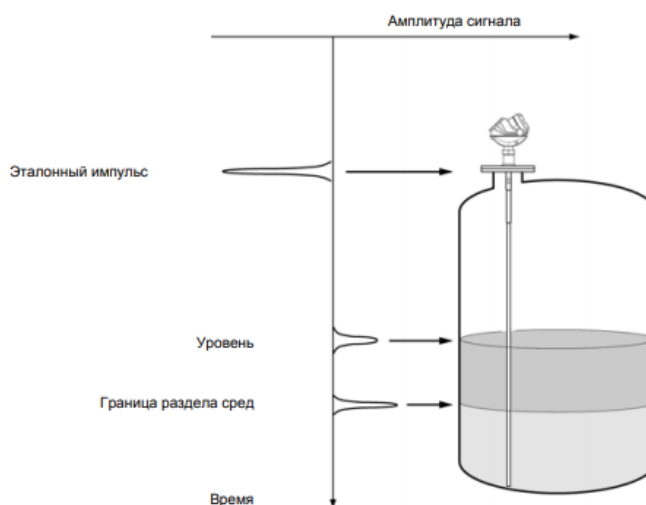


Рисунок 8 – Принцип измерения

Радарный уровнемер 5300 запитан от контура и использует одни и те же два кабеля для электропитания и для выходного сигнала. Выходом является аналоговый сигнал в 4 – 20 мА с наложением цифрового сигнала по протоколам HART, FOUNDATION fieldbus или Modbus.

Далее представлена архитектура системы HART.

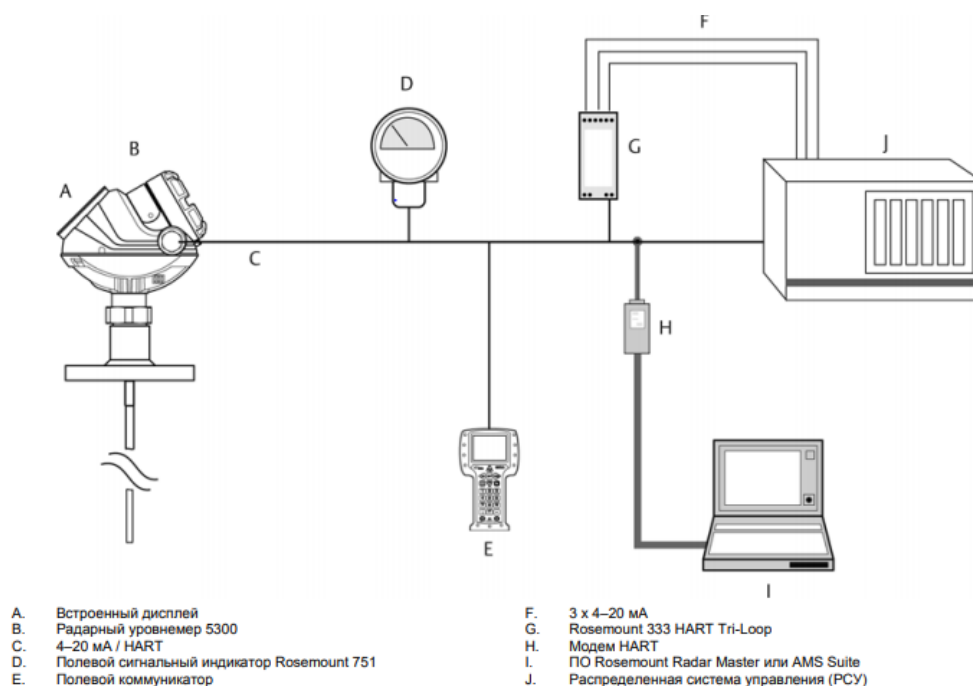


Рисунок 9 – Архитектура системы HART

Далее представлен один из примеров электрического монтажа данного уровнемера для искробезопасных применений.

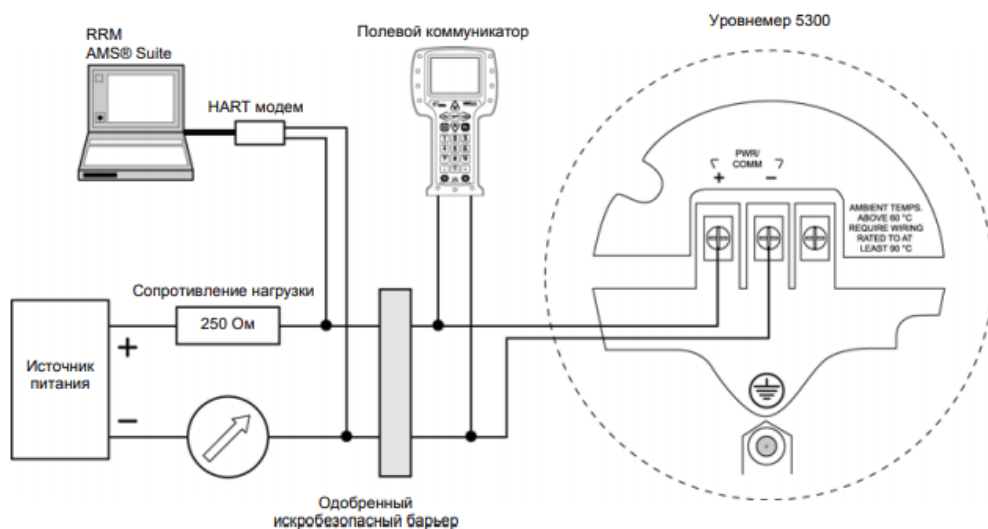


Рисунок 10 – Схема электропроводки для искробезопасных применений (HART)

2.4.5 Выбор датчика расхода

В качестве расходомеров были подобраны такие расходомеры, как Метран-350, ЭМС-МАСС 260, OPTISONIC 3400.

Далее в таблице приведены сравнительные характеристики данных расходомеров.

Таблица 5 – Технические характеристики

Технические характеристики	Датчики		
	Метран - 350	ЭМИС - МАСС 260	OPTISONIC 3400
Погрешность	± 0,8 %	± 0,1 %	± 0,3 %
Выходные сигналы	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА, импульсный, RS - 485, Modbus HART	(4 – 20) мА, Modbus RS485, HART 7, Foundation Fieldbus ITK6, Profibus PA Profile 3.02
Температура рабочей среды	От минус 40 до плюс 398°C	От минус 50°C до плюс 200°C	От минус 45 до плюс 180°C
Избыточное давление в трубопроводе	до 25 МПа	до 25 МПа	до 4 МПа

Из представленных в таблице расходомеров был выбран ЭМИС-МАСС 260. Данный расходомер можно использовать одновременно и как датчик плотности.

Преимущества «ЭМИС-МАСС 260»:

- при помощи массового счетчика–расходомера ЭМИС–МАСС 260 осуществляется измерение не только расхода измеряемой среды, но и плотности, температуры;
- измерение расхода ведется в прямом и реверсном режиме;
- одним из преимуществ является возможность измерения расхода в двухкомпонентной среде;
- возможно измерение расхода жидкостей с высокой вязкостью, а также жидкостей с включением твердых и газовых компонентов (не более 2 % газа);
- использование нержавеющей стали для укрепления участков прибора, подверженных коррозии, позволяет использовать массовый расходомер в пищевой промышленности и в зонах повышено-агрессивной среды;
- расходомер ЭМИС-МАСС 260 поддерживает русский язык, оснащен оптическими кнопками и индикаторами, позволяющими осуществлять точную настройку и управление прибором.

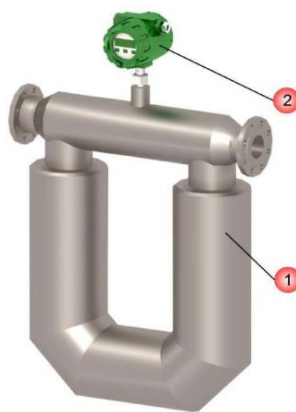


Рисунок 11 – Внешний вид расходомера ЭМИС-МАСС 260

1. Датчик (первичный преобразователь);
2. электронный преобразователь.

Расходомер состоит из измерительной камеры, соединенной с патрубками, и фланца для монтажа в технологический трубопровод. В измерительной камере находится пара U-образных трубок, приводящихся в движение при помощи электромагнитной катушки и магнитов (детекторов). При движении измеряемой среды по трубопроводу происходит колебания расходомерной трубки, при этом возникает так называемая кориолисова сила, направленная против движения трубки. Данное направление силы приводит к циклическому закручиванию трубки. Далее представлен наглядный пример действия силы.

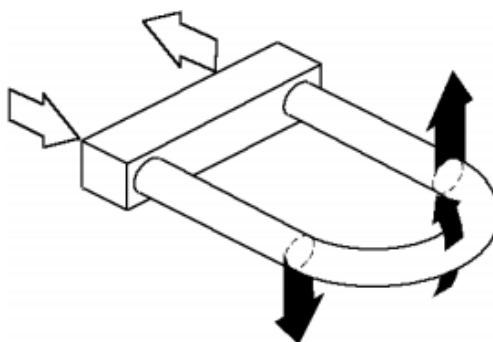


Рисунок 12 – Действующие на трубу силы при движении вверх

Возникающая кориолисова сила, а также величина изгиба трубки прямо пропорциональны массовому расходу жидкости, протекающей в трубопроводе.

Детекторы измеряют сдвиг при движении двух концов расходомерной трубки, генерируя сигналы, отличающиеся по фазе. Время между сигналами прямо пропорционально массовому расходу.

2.4.6 Выбор исполнительных механизмов

В данном разделе необходимо выбрать устройство, реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления, путем механического перемещения регулирующего органа.

В качестве регулирующего органа в данной работе будет использоваться клапан запорно-регулирующий со встроенным электроприводом RV230/UV.



Рисунок 13 – Двухходовой регулирующий клапан RV230

Данный регулирующий орган представляют собой односедельную арматуру, предназначенную для регулирования и запора потока среды. Регулирующие клапаны ряда RV230/UV предназначены для регулирования или закрытия расхода и давления жидкостей, газа и паров агрессивных и взрывоопасных сред.

Таблица 7 – Технические характеристики

Номинальные диаметры	DN 15 до 400
Номинальное давление	PN16, PN25, PN40
Температура максимальная	плюс 550 °С
Пропускная способность	4,0 до 1600 м ³ /час
Материал корпуса	нержавеющая сталь
Присоединение	фланец
Максимальная температура окружающей среды	от минус 20 до плюс 60 °С

Далее представлена электрическая схема электропривода:

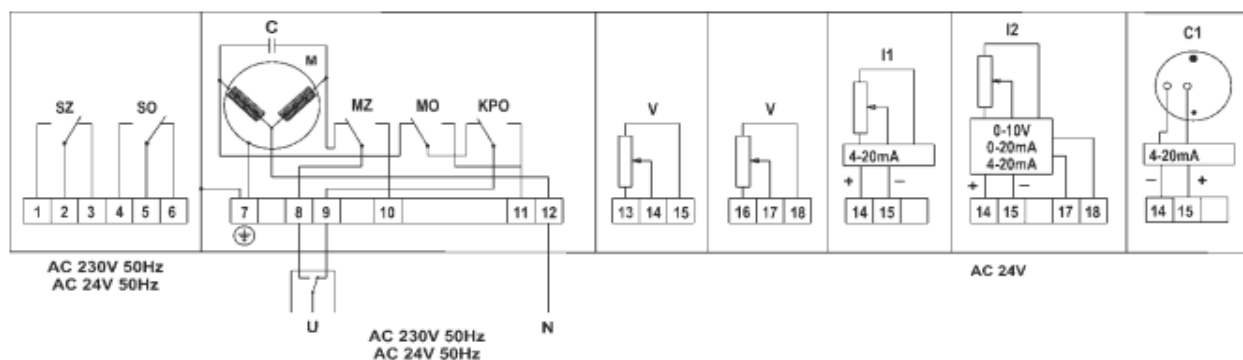


Рисунок 14 – Электрическая схема электропривода

2.5 Создание имитационной модели

2.5.1 Алгоритм автоматического регулирования

Для осуществления регулирования расхода нефтепродукта, проходящего через сепарационную установку, в данной работе используется алгоритм ПИД регулирования. Процесс регулирования осуществляется следующим образом. На вход контроллера подаются два значения регулируемой величины: заданное значение и текущее. Блок управления вычисляет разность этих величин, на основе которой формирует управляющий сигнал. Данный сигнал подается на исполнительное устройство, в роли которого выступает насос.

Далее на рисунке изображена операторно-структурная схема для автоматического регулирования расхода в сепараторе.



Рисунок 15 – Операторно-структурная схема

В качестве задающего устройства (ЗУ) используется АРМ-оператора, с которого вводится уставка входного значения расхода нефтепродукта. Объектом управления является сепаратор. Уравнение динамики в приращениях для цилиндрической емкости с жидкостью вычисляется по формуле (1) [25]:

$$249,1 * \frac{d\Delta H}{dt} + \Delta H = 79,3\Delta Q, \quad (1)$$

где H – уровень жидкости в сепараторе, м;

Q – входной расход, м³/час.

Тогда передаточная функция сепаратора имеет вид (2):

$$W_{cen}(s) = \frac{79,3}{249,1s + 1}, \quad (2)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя имеет вид (3):

$$W_{AD}(s) = \frac{3,11}{0,87s + 1}, \quad (3)$$

Передаточная функция насоса имеет вид (4):

$$W_{насос}(s) = 0,4. \quad (4)$$

Для расчета площади поперечного сечения была взята формула (5):

$$S = \pi * r^2, \quad (5)$$

где r – радиус ёмкости, м.

Параметры блока емкости сепаратора были взяты на основе размеров сепаратора. [8]

Далее соберем структурную схему, опираясь на полученные данные, в среде Matlab Simulink.

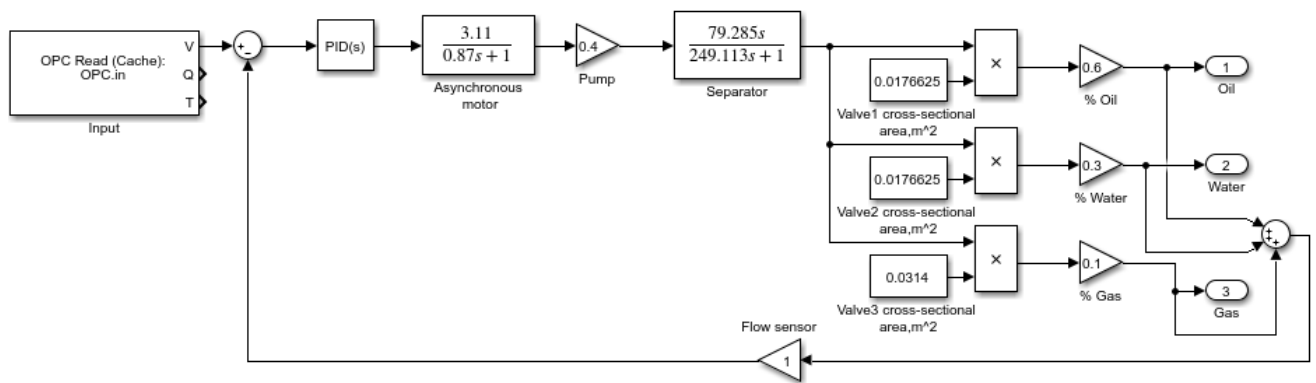


Рисунок 16 – Структурная схема в среде Matlab Simulink

В блок Subsystem входят блоки OPC, предназначенные для взаимодействия математической модели с разработанной SCADA–системой, о которой говорится далее.

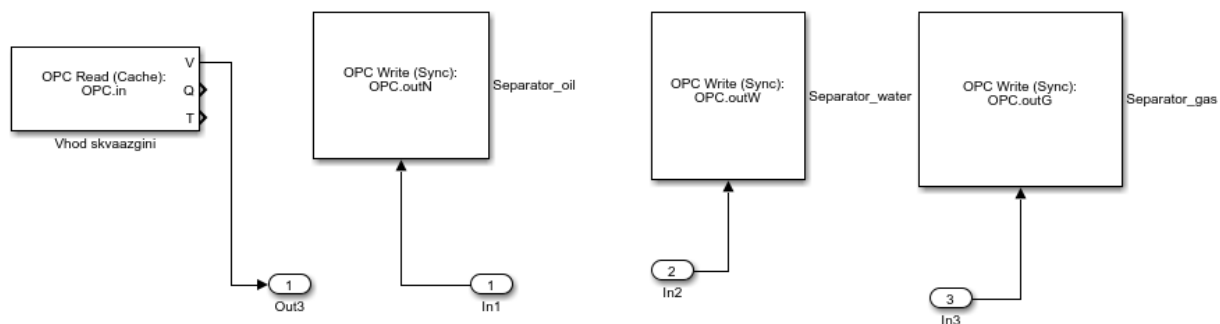


Рисунок 17 – Блок Subsystem

Настройка ПИД-регулятора (подбор коэффициентов) произведена в автоматическом режиме. Были получены следующие коэффициенты ПИД-регулятора:

Proportional (P):	0	⋮
Integral (I):	39.0871158054418	⋮
Derivative (D):	0	⋮
Filter coefficient (N):	100	⋮

Рисунок 18 – Коэффициенты ПИД-регулятора

В ходе моделирования получили следующую переходную характеристику:

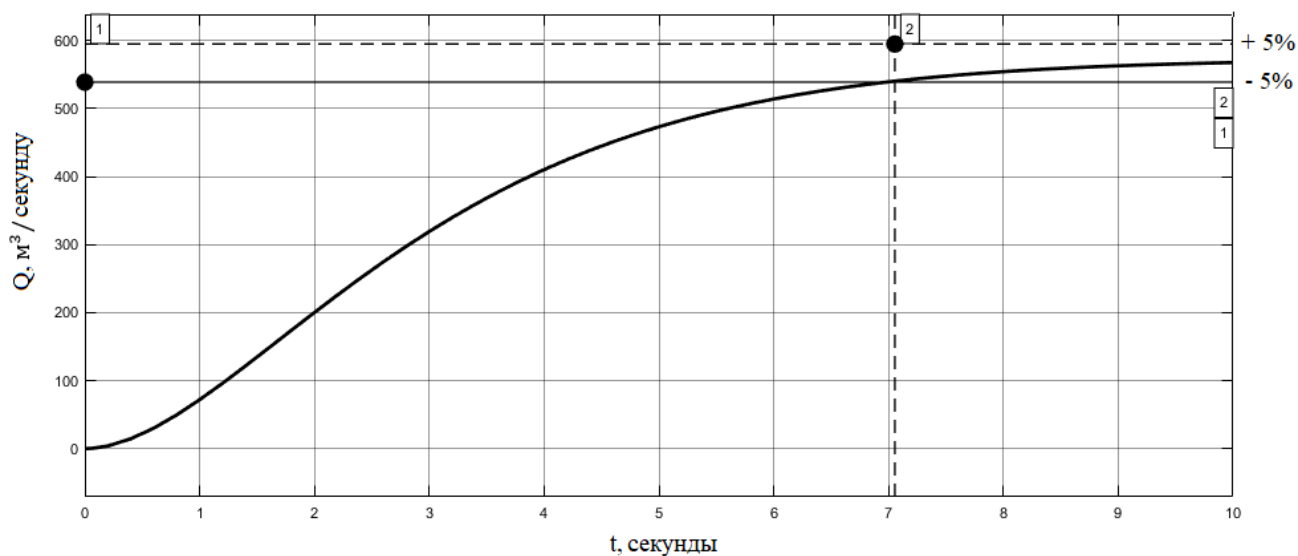


Рисунок 19 – Переходная характеристика

Как видно из графика переходного процесса, перерегулирование составляет 0 %, время переходного процесса равно 7,05 с.

По установившемуся значению расхода и по значениям прямых показателей качества переходного процесса можно сделать вывод о равномерной и стабильной работе насоса, что важно для поддержания заданных характеристик сепарации.

2.5.2 Моделирование системы

SimHydraulics является библиотекой компонентов для симуляции и моделирования гидравлических систем. Библиотека включает в себя модели разных технологических объектов, средств контрольно-измерительных приборов и автоматики, исполнительных механизмов, трубопроводов и т.д. Из данных компонентов можно создавать модели гидравлических систем как обособленных объектов, так и систем технологических процессов, с подачей топлива.

Также модели данной библиотеки используются в разработке систем управления. Возможность проведения исследований поведения разработанных систем в разных условиях эксплуатации. Также данная библиотека имеет возможность соединения и работы с другими компонентами программного пакета MATLAB Simulink, такими как электрические, пневматические, механические и т.д.

Главные особенности данной библиотеки представлены ниже.

- Содержит большое количество моделей насосов;
- содержит множество клапанов для управления потоком и давлением исследуемой жидкости, а также направляющих клапанов, включая запорные;
- модели поступательных и вращательных приводов, включающие опционально дополнительные силы трения и центробежные силы;
- модели резервуаров и труб с эффектами подъема для моделирования систем транспортировки жидкости;
- настраиваемая библиотека типичных гидравлических жидкостей;

резервуара, а также изменение давления в соединительной трубе, которая может быть вызвана разными факторами.

На рисунке 21 представлены параметры блока Constant Head Tank.

Settings		
Parameters		
Pressurization:	0	Pa
Fluid level:	3	m
Inlet pipeline diameter:	0.2	m
Pipeline pressure loss coefficient:	1.2	
Acceleration due to gravity:	9.80665	m/s ²

Рисунок 21 – Параметры источника воды

В данном блоке задан начальный уровень жидкости относительно дна резервуара, равный 3 м.

2. Блок Centrifugal Pump представляет собой центробежный насос с несколькими доступными вариантами работы. Входным параметром данного блока является угловая скорость, вырабатываемая блоком Angular Velocity Source. Данный блок преобразует входной управляющий сигнал, поступающий из сепаратора, генерируя на своих клеммах разность скоростей.

3. При моделировании данной части модели были учтены потери давления в трубопроводе с помощью блока Hydraulic Pipeline. В данном блоке можно установить параметры трубопровода, его протяженность, форму исполнения, а также множество других параметров. Так как в рамках данной выпускной работы отсутствует цель имитации реального технологического процесса, параметры трубопровода были выбраны условно. Моделируемый трубопровод имеет цилиндрическую форму, длиной 200 м, диаметром 0,2 м.

4. Исполнительным механизмом является клапан, который представляется блоком Valve. Данный клапан также используется при имитации транспортировки нефти. Данный блок моделирует клапан, состоящий из круглого отверстия в корпусе клапана и плоского затвора, который

перемещается перпендикулярно оси отверстия. Отверстие в затворе имеет тот же диаметр, что и отверстие в корпусе. На рисунке 4 показана схема данного регулирующего устройства.

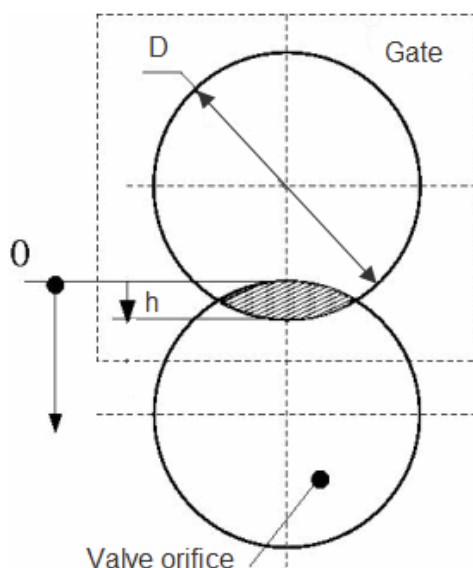


Рисунок 22 – Наглядная схема клапана

Скорость потока через клапан пропорциональна открытию клапана и перепаду давления на клапане. Диаметр отверстия клапана соответствует диаметру трубопровода и равно 0,1 м. Начальное открытие клапана равняется 0. Коэффициент пропускной способности клапана задается из расчета геометрических свойств отверстия и равняется 0,65. Значение параметра площади утечки клапана в полностью закрытом положении остается по умолчанию.

5. Датчик давления воды измеряет разность давления до клапана и после. Показания значений с данного датчика выведены на осциллограф.

Моделирование процессов транспортировки сепарированной нефти и газа выполнено с помощью блоков, учитывающих температуру источника жидкости, самой среды, а также теплообмен с окружающей средой. Ниже представлена часть модели, отвечающая за имитацию транспортировки сепарированной нефти.

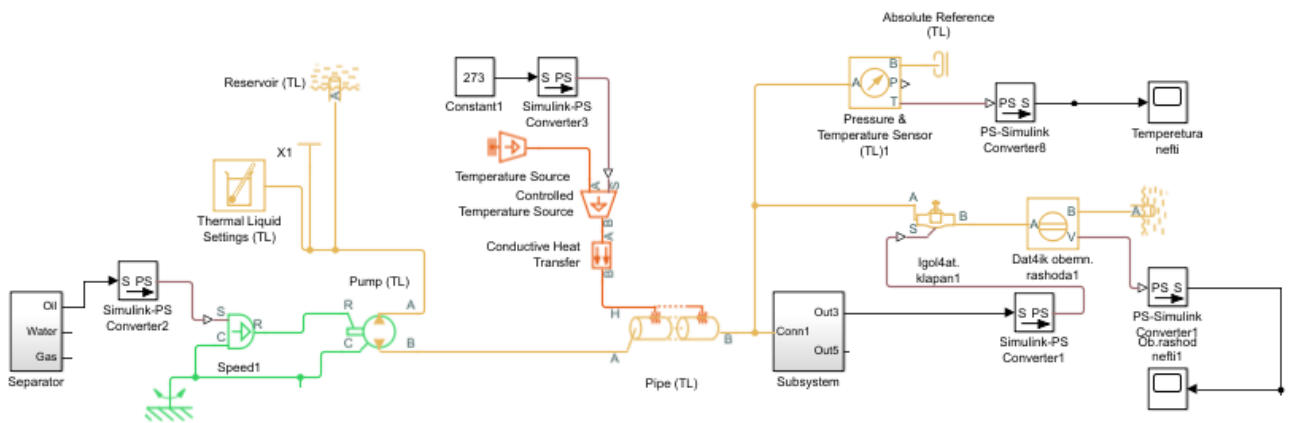


Рисунок 23 – Схема транспортировки сепарированной нефти

6. Параметры жидкости и газа задаются блоками Thermal Liquid Settings и Gas Properties соответственно. Данные блоки учитывают температуру, давление, плотность, а также вязкость исследуемых веществ, для более точной имитации процесса. Параметры нефти представлены ниже.

Settings	
Temperature and Pressure	Density Internal Energy Viscosity and Conductivity
Table dimensions:	1D vectors based on temperature (T)
Temperature vector:	[273.1600 : 10 : 373.16]° K
Atmospheric pressure:	0.101325 MPa
Minimum valid temperature:	273.16 K
Maximum valid temperature:	373.16 K
Minimum valid pressure:	0.05 MPa
Maximum valid pressure:	50 MPa

Рисунок 24 – Параметры среды

Плотность жидкости в данной работе равна $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Кинематическая вязкость рассчитана ниже. Объемный модуль упругости нефти примерно равен значению по умолчанию. Относительное количество растворенного в жидкости воздуха взято по умолчанию.

В данной случае блок трубопровода учитывает не только потери давления, но и теплообмен с окружающей средой. Поэтому для оказания

возмущающего воздействия на трубопровод, была создана модель, изображенная ниже.

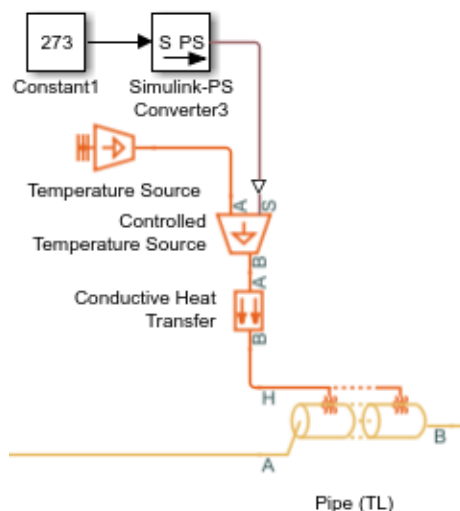


Рисунок 24 – Схема теплообменника

Данная система представляет собой идеальный источник энергии, поддерживающий контролируемую разницу температур. В тепловой сети происходит теплопередача путем проводимости через слой материала.

Также блок трубопровода Pipe может состоять из нескольких сегментов, каждый из которых имеет фиксированный объем, давление и температуру исследуемой жидкости.

Диаметр трубы был взят на основе ГОСТа 633-80 [11].

Коэффициент потери давления в трубопроводе был рассчитан на основе формул. В данной работе было принято, что в трубопроводе движение нефтепродуктов турбулентное.

Для турбулентных течений число Рейнольдса, которое является критерием подобия течения вязкой жидкости, определяется по формуле [6]:

$$Re = \frac{w * D}{\nu}, \quad (6)$$

где w – характерная скорость, м/с;

D – гидравлический диаметр, м;

ν – кинематическая вязкость среды, $\text{м}^2/\text{с}$.

Кинематическая вязкость нефти была взята на основе ГОСТа 10585-75 [12] при температуре $T = 18^\circ\text{C}$.

Подставим все значения в формулу получим:

$$\text{Re} = \frac{5 * 0,1}{0,00014} = 3571. \quad (7)$$

Далее рассчитаем коэффициент потерь для турбулентного течения по формуле Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{3571}} = 0,041. \quad (8)$$

Для данного коэффициента можно рассчитать потери давления на трубопроводе длиной L и диаметром D .

$$\Delta P = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{w^2}{2} * \rho, \quad (9)$$

$$\Delta P = 0,041 * \frac{4000\text{м}}{0,1\text{м}} * \frac{5^2\text{м}}{2\text{с}} * 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1,845\text{МПа}. \quad (10)$$

Как можно заметить, на участке трубопровода в 4 км потери давления ощутимы. Для решения этой проблемы применяют множество решений, одним из которых является введение дополнительных насосов на участках трубопровода.

Из расчетов, произведенных выше, критическое число Рейнольдса, которое показывает переход жидкости из ламинарного движения в турбулентное, принимаем равным 2300.

Далее установлены датчики температуры и объемного расхода жидкости. Клапан регулирования потока нефти является аналогичным вышеописанному.

7. Для транспортировки газа, отделившегося после сепарации от нефти, используется блок Controlled Mass Flow Rate Source. Данный блок представляет собой источник механической энергии в газовой сети, поддерживающий контролируемый массовый расход газа.

Источником газа является блок Reservoir (G), который устанавливает граничные условия газовой сети. Объем газа внутри данного резервуара считается бесконечным. Параметры данного блока представлены ниже.

Settings

Parameters

Reservoir pressure specification: Atmospheric pressure

Reservoir temperature: 293.15 K

Cross-sectional area at port A: 0.2 m²

Рисунок 25 – Параметры блока Reservoir (G)

Полная часть модели транспортировки газа представлена ниже.

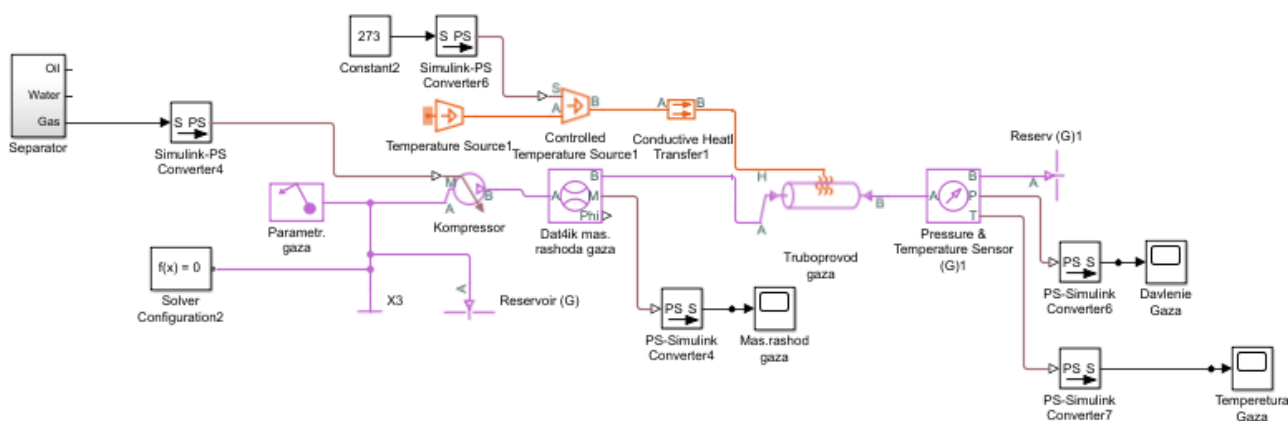


Рисунок 26 – Схема модели транспортировки газа

В данном случае блоки также учитывают теплообмен, поэтому моделирование трубопровода было выполнено аналогично трубопроводу с нефтью.

Все исследуемые выходные параметры были сгруппированы в единый блок OUT values, представленный ниже.

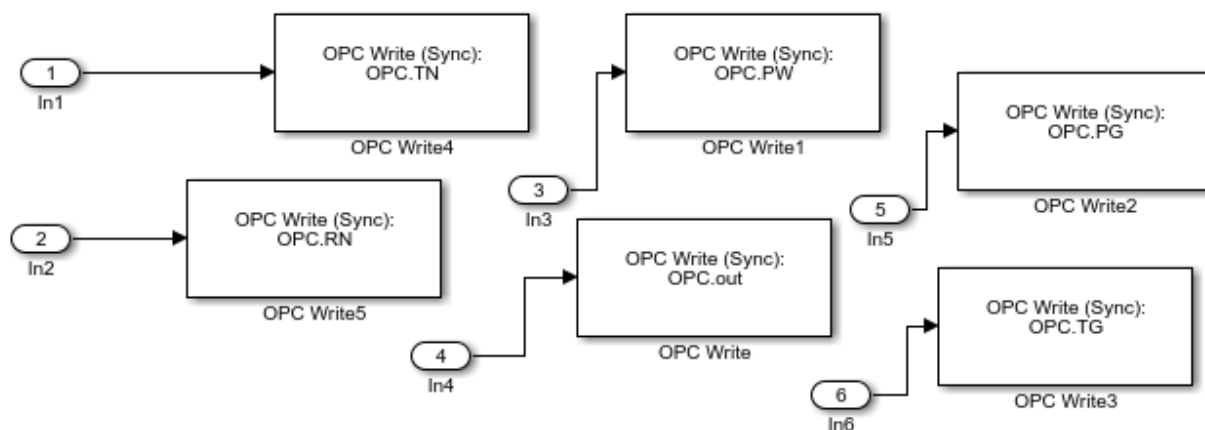


Рисунок 27 – Блок OUT values

Данные блоки OPC Write предназначены для передачи данных, записывающий значения на OPC-сервер. Более подробно о передаче данных будет описано далее. Полная схема имитационной модели представлена в приложении Д.

2.6 Разработка SCADA–системы

«SCADA - программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления». [9]

Возможности SCADA – систем:

- сбор первичной информации с устройств нижнего уровня;
- хранение и архивирование полученной информации для последующей обработки;
- визуальное, наглядное представление технологического процесса, состояния каждого элемента;
- возможность воздействия на технологический процесс с помощью команд.

Для разработки человеко-машинного интерфейса было использовано программное обеспечение TIA Portal, включающий в себя полный спектр

инструментов для проектирования и визуализации интерфейса любого уровня производительности.

SCADA–система представляет собой удобный и понятный интерфейс для оператора, управляющего технологическим процессом. На визуализированной панели представлена упрощённая схема участка технологического процесса, разработанного в данной выпускной работе. Данная схема состоит из сепаратора, насосов и компрессора, средств измерения и регулирующих клапанов. Данная мнемосхема представлена на рисунке 28. Полная схема SCADA–системы находится в приложении Г.

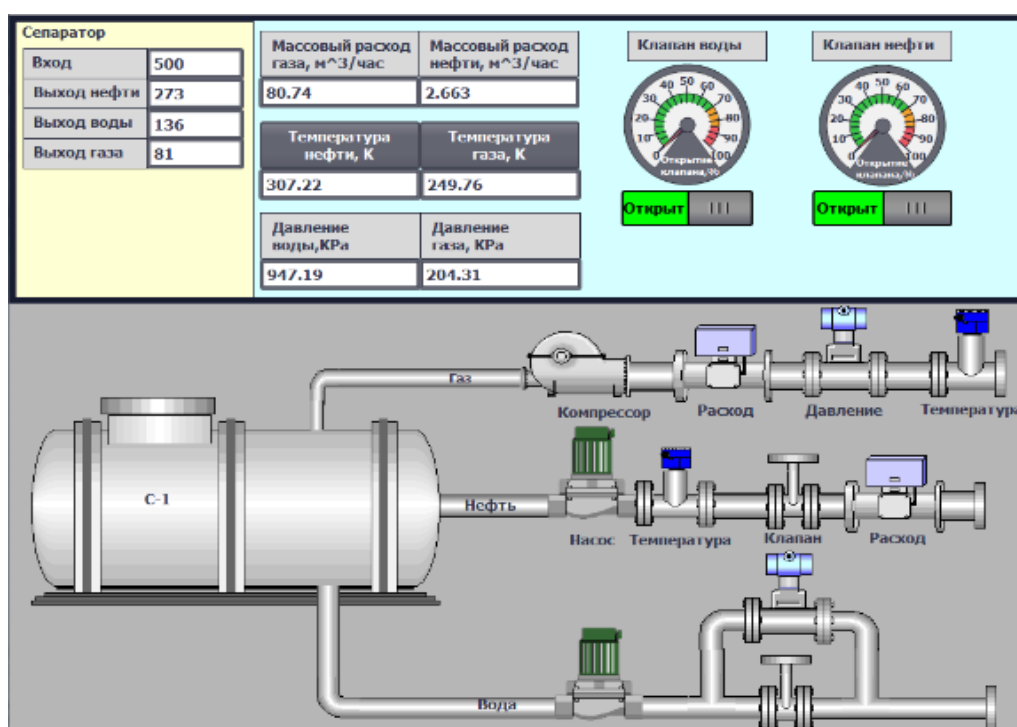


Рисунок 28 – Мнемосхема

На панели управления можно наблюдать показания интегрированных в разработанную систему телесигнализации и телеуправления средств измерения. Для имитации производственного процесса и снятия соответствующих показаний необходимо задать входную величину расхода нефтепродукта, поступающего в сепаратор. Для этого оператор может внести значение в ячейку «Вход». После этого можно отдельно наблюдать выходные значения расхода нефти, воды и газа после процесса сепарирования.

Также на панели управления присутствуют кнопки открытия/закрытия клапанов трубопроводов транспортировки воды и нефти. С их помощью можно регулировать поток жидкости в трубопроводе. При закрытии клапана воды, значение давления воды в трубопроводе, соответственно, увеличивается, что продемонстрировано на рисунке 29.

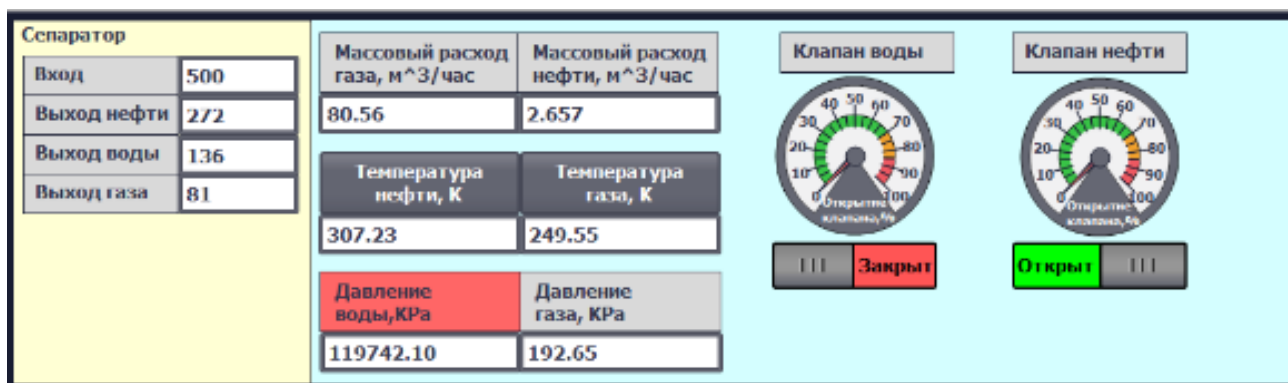


Рисунок 29 – Демонстрация закрытия клапана воды

При этом индикатор давления воды начинает мигать красным цветом, так как произошло превышение порога допустимого давления трубопровода воды.

При закрытии клапана трубопровода с нефтью, расходомер, установленный после данного клапана, выдает нулевое значение расхода, что показано на рисунке 30.



Рисунок 30 – Демонстрация закрытия клапана нефти

При нажатии на исследуемый технологический параметр появляется график изменения данного параметра с момента запуска имитации, как показано на рисунке 31.

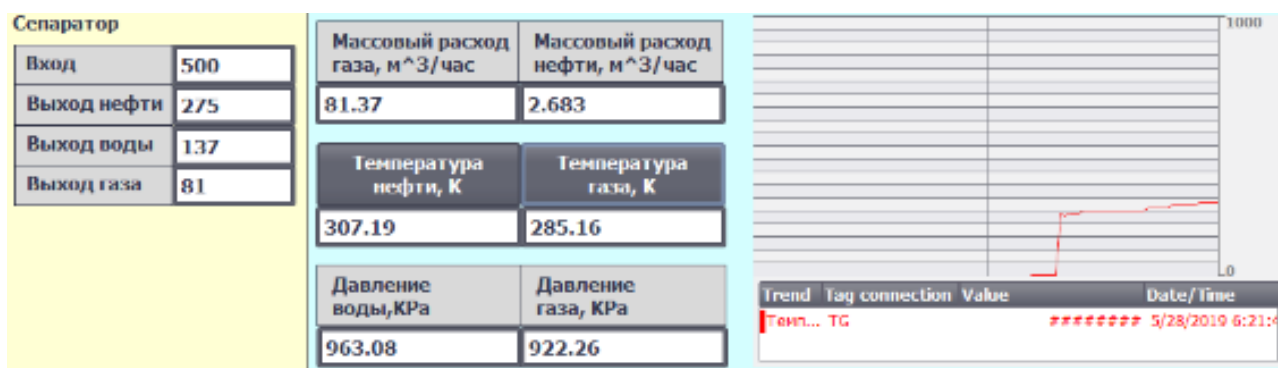


Рисунок 31 – Демонстрация изменения параметра

2.7 Связь SCADA-системы с имитационной моделью

Связь человеко-машинного интерфейса с имитационной моделью разработанной системы осуществляется с помощью OPC-сервера. OPC – это промышленный стандарт, описывающий интерфейс обмена данными между устройствами управления технологическими процессами.

Так как управление с помощью SCADA-системы происходит не реальным объектом, а имитационной моделью, используется программный продукт Process Simulate. Данный программный продукт позволяет симулировать работу реального оборудования с программой для ПЛК.

Полученные данные в результате работы имитационной модели записываются в переменные, созданные на сервере, которые используются далее в работе ПЛК. При этом данные записываются в переменные области M симулятор ПЛК, а считываются из переменных Q области входов.

Схема подключения представлена на рисунке 32.

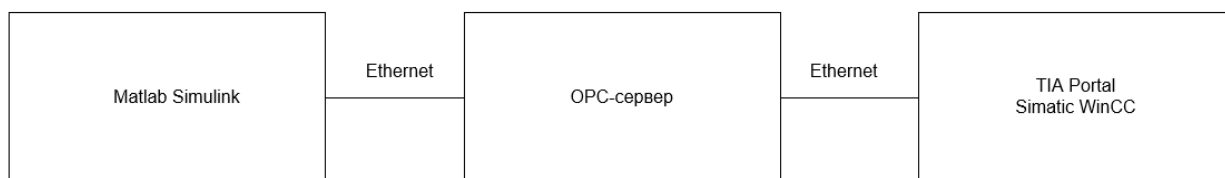


Рисунок 32 – Схема подключения

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

В данной выпускной работе затрагивается такая проблема, как связь удаленных объектов. Инфраструктура нефтедобывающих предприятий, в большинстве случаев, является распределенной с территориально отдаленными объектами. Для контроля значений параметров всех технологических процессов, управления удаленными объектами и т.д. служат системы телемеханики. В основной части работы предложена модель кустовой площадки, которая может служить для выявления всех ресурсов, нахождения и устранения проблемных мест технологического процесса, анализа и обработки информации, которая может быть использована на реальном объекте. Работа с такой моделью дает возможность относительно быстро и без существенных материальных затрат исследовать свойства и поведения объектов в разных ситуациях.

Автоматизация технологических процессов позволяет использовать доступные ресурсы на производстве более экономно и рационально. Она влияет на повышение качества выпускаемой продукции, на повышение производительности труда, увеличение эффективности предприятия.

Для создания проекта, соответствующего требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения, выявления лучших качеств, по сравнению с аналогичными конкурентными разработками, служит раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтедобывающие предприятия, имеющие кустовые площадки, преимущественно расположенные в труднодоступных для сбора информации и обслуживания местах. Также, потенциальными потребителями могут выступать

предприятия, связанные с железнодорожной, электро- и теплоэнергетической отраслями.

Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления транспортировкой и хранением нефтепродуктов, а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует большое количество проектных организаций, занимающихся разработкой АС телемеханики, разработкой SCADA – систем и внедрением их на производстве.

Оценка конкурентоспособности технических решений показана в таблице 2, где

- Бк1 – системы телемеханики производителя «ПиЭлСи Технолоджи»;
- Бк2 – система телемеханики «Элтехника-КП»;
- Бф – разработанная автоматизированная система.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 8.

Таблица 8 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность аппаратной части	0,12	4	3	3	0,48	0,36	0,36
Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
Простота устройства системы	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
Эффективность системы	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48

Продолжение таблицы 8 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Минимизация производственных ошибок	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
Учет погрешностей среды	0,08	5	4	5	0,4	0,32	0,4
Ориентация на отечественные стандарты	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
Помехоустойчивость	0,04	3	5	5	0,12	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Послепроектное сопровождение	0,08	3	5	5	0,24	0,4	0,4
Затраты на реализацию системы	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Конкурентоспособность	0,04	4	5	3	0,16	0,2	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	5	3	0,32	0,4	0,24
Итого	1				4,31	4,31	4,15

3.1.3 SWOT – анализ

На основе анализа рынка и конкурентных технических решений, была составлена матрица SWOT анализа. Матрица показывает сильные и слабые стороны проекта, потенциальные возможности и угрозы для разработки. Матрица SWOT анализа представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Матрица SWOT анализа

	<u>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</u> S1. Широкие возможности по расширению системы; S2. Более низкая стоимость; S3. Новизна и уникальность проекта; S4. Возможность исследования множества факторов производственного процесса; S5. Удобство управления системой.	<u>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</u> W1. Несоответствие новейшим технологиям построения систем сбора и передачи информации; W2. Большой срок поставок оборудования. W3. Возникновение помех при передаче данных.
--	---	---

Продолжение таблицы 9 – Матрица SWOT анализа

<u>Возможности:</u> О1. Применение в новых отраслях; О2. Использование существующего ПО; О3. Модернизация действующей работы кустовых площадок.	Использование существующего ПО предполагает меньшую стоимость системы, при этом удобство управления системой позволяет увеличить конкуренцию на рынке автоматизированных систем.	Следование новейшим технологиям построения систем реализуется модернизацию действующих автоматизированных систем.
<u>Угрозы:</u> Т1. Развитая конкуренция; Т2. Невостребованность в системе из-за необходимости замены действующего оборудования;	Возможные потребители имеют низкое желание внедрения новых технологий, однако экономичность проекта и научная новизна поможет решить данную проблему	Из-за необходимости в замене оборудования на предложенное предприятия могут отказаться в использовании данной системы телемеханики.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для организации и систематизации работы выпускника был сформирован план работ. Данный этап обеспечил своевременное и эффективное выполнение задания выпускной квалификационной работы. Для осуществления разработки, был сформирован ряд работ и назначены исполнители для каждого этапа работы (таблица 10).

Таблица 10 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Р, И
Определение целей, задач, исходных данных	2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Р
	3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	И
	4	Определение технологических параметров исследования	Р, И
	5	Определение совокупности исследуемых объектов	Р, И
	6	Описание технологического процесса	И

Продолжение таблицы 10 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Определение целей, задач, исходных данных	7	Подбор средств измерения, контроллерного оборудования и исполнительных механизмов	Р, И
Разработка АСУ	8	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	И
	9	Разработка математической модели сепаратора	И
	10	Разработка системы транспортировки нефти	И
	11	Моделирование системы транспортировки нефти	И
	12	Расчет параметров некоторых объектов	И
	13	Снятие показаний	Р, И
	14	Разработка схем внешних проводок	Р, И
	15	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	И
	16	Проектирование и создание SCADA-системы	И
Оформление отчета	17	Проверка работы руководителем	Р
	18	Подведение итогов, оформление работы	Р, И

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того чтобы определить трудоемкость работ, используются следующие показатели:

- ожидаемое значение трудоемкости,
- продолжительность каждой работы,
- продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях,
- коэффициент календарности.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ осуществляется согласно формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 * t_{min} + 2 * t_{max}}{5}, \quad (11)$$

где t_{min} – минимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни,
 t_{max} – максимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (12)$$

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

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (13)$$

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (14)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году,
 $T_{вых}$ – количество выходных дней в году,
 $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно, $k_{кал} = 1,22$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 11. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена на рисунке 33.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы		Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
		t min, чел-дни		t max, чел-дни		$t_{ож\bar{i}}$, чел-дни					
		Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы		2		3		2,4		2,4		3
3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	7		10		8,2		8,2		8	
4	Определение технологических параметров исследования	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2	2
5	Определение совокупности исследуемых объектов	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2	2
6	Описание технологического процесса	1		2		1,4		1,4		2	
7	Подбор средств измерения, контроллерного оборудования и исполнительных механизмов	8	8	10	10	8,8	8,8	4,4	4,4	5	5

Продолжение таблицы 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы		Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T _{pi}		Длительность работ в календарных днях, T _{ki}	
		t min, чел-дни		t max, чел-дни		t _{ож} , чел-дни					
		Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
8	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	4		8		5,6		5,6		6	
9	Разработка математической модели сепаратора	6		9		7,2		7,2		8	
10	Разработка системы транспортировки нефти	4		6		4,8		4,8		5	
11	Моделирование системы транспортировки нефти	8		12		9,6		9,6		10	
12	Расчет параметров некоторых объектов	6		7		6,4		6,4		7	
13	Снятие показаний	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1	1
14	Разработка схем внешних проводок	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1	1
15	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	3		6		4,2		4,2		5	
16	Проектирование и создание SCADA-системы	6		8		6,8		6,8		7	
17	Проверка работы руководителем		3		5		3,8		3,8		4
18	Подведение итогов, оформлнение работы	3	3	5	5	3,8	3,8	1,9	1,9	2	2
	Итого									65	17

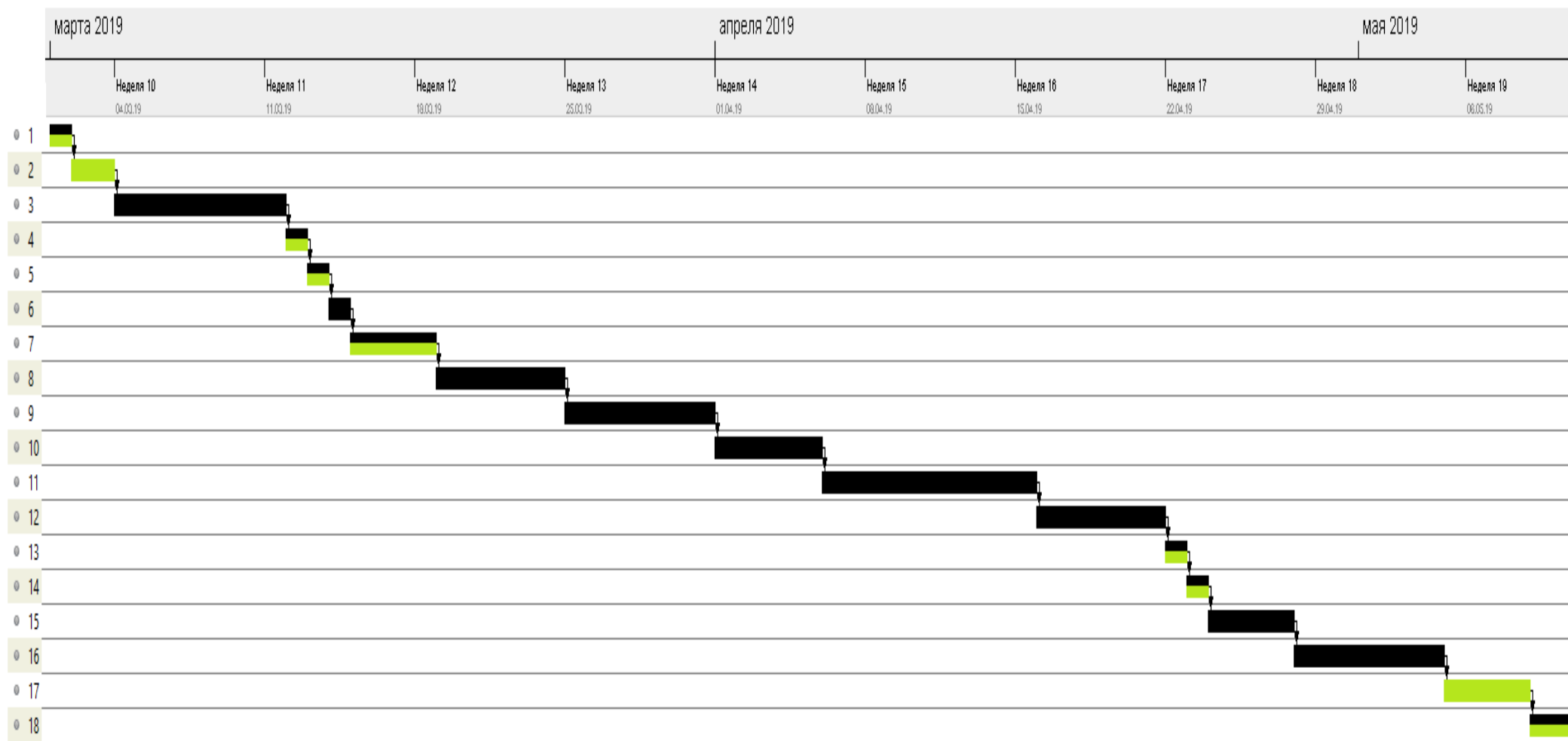


Рисунок 33 – Диаграмма Ганта: инженер (черный), руководитель (зеленый)

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны. Также в эту статью включаются транспортные расходы, равные 15 % от общей стоимости материальных затрат.

Общая сумма материальных затрат включает в себя только затраты на канцелярские принадлежности (250 руб.), для которых не учитываются транспортные расходы.

Таким образом, общая сумма материальных затрат составляет 250 руб.

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью затрат входят суммы, необходимые на обеспечение амортизации используемого оборудования.

Расчет амортизации персонального компьютера, используемого при написании работы: первоначальная стоимость персонального компьютера составляет 43500 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 4 месяцев. Тогда:

- норма амортизации вычисляются по формуле (15):

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% = \frac{1}{3} * 100\% = 33,33\%, \quad (15)$$

- годовые амортизационные отчисления вычисляются по формуле (16):

$$A_r = 43500 * 0,33 = 14355 \text{руб.}, \quad (16)$$

- ежемесячные амортизационные отчисления вычисляются по формуле (17):

$$A_m = \frac{14355}{12} = 1196 \text{руб.}, \quad (17)$$

- итоговая сумма амортизации основных средств вычисляются по формуле (18):

$$A = 1196 * 4 = 4785 \text{руб.} \quad (18)$$

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя.

В таблице 12 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251

Количество месяцев работы без отпуска принимается за 10,4 (с учетом длительности отпуска в 48 дней). Тогда, зная месячную заработную плату, можно рассчитать среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{Z_M * M}{F_D} = \frac{43763,2 * 10,4}{251} = 1813,3 \text{руб.}, \quad (19)$$

$$Z_{\text{дн}}^{\text{студ}} = \frac{Z_M * M}{F_D} = \frac{16463,2 * 10,4}{251} = 682,14 \text{руб.}, \quad (20)$$

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p * (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) * K_p, \quad (21)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.,

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни,

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент,

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок,

K_p – районный коэффициент.

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_{м,}$ Руб.	$Z_{дн,}$ Руб.	$T_p,$ Раб. Дн.	$Z_{осн,}$ Руб.
Руководитель	33 664	-	-	1.3	43 763.2	1 813,3	17	30 826,1
Инженер	12 664	-	-	1.3	16 463.2	682,14	65	44 339,14
Итого:								75 465,24

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данную статью расходов входит заработная плата, начисленная рабочим и служащим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей.

Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 12 % от основной:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}, \quad (22)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительная заработная плата,

$Z_{осн}$ – основная заработная плата.

Таблица 14 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн,}$ руб.	$Z_{доп,}$ руб.
Инженер	0,12	44 339,14	5 320,69
Научный руководитель	0,12	30 826,1	3 699,13
Итого			9 019,82

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данную статью затрат включаются отчисления в органы социального страхования, пенсионные фонды и отчисления медицинского страхования.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются как:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (23)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент внебюджетные фонды; в 2019 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%,

$З_{осн}$ – основная заработная плата,

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 15 – Расчет страховых отчислений

Исполнители	$k_{внеб}$	$З_{доп}$	$З_{осн}$	$З_{внеб}$
Инженер	0,271	5 320,69	44 339,14	13 457,81
Научный руководитель	0,271	3 699,13	30 826,1	9 356,34
Итого				22 814,15

3.3.6 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = k_{накл} * (\text{сумма статей расходов}) \quad (24)$$

где $k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

Таблица 16 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	250
Затраты на амортизацию	4785
Затраты на основную заработную плату	75 465,24
Затраты на дополнительную заработную плату	9 019,82
Накладные расходы	14 331,88

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.
Материальные затраты	250
Затраты на амортизацию	4785
Затраты на основную заработную плату	75 465,24
Затраты на дополнительную заработную плату	9 019,82
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	22 814,15
Накладные расходы	14 331,88
Общий бюджет	126 720

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (25)$$

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

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{126720}{155450} = 0,82. \quad (26)$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (27)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Сравнительный анализ приведен в таблице 18.

Таблица 18 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. инженера	Исп. «Элтехника-КП»
Надежность аппаратной части	0,12	4	3
Удобство в эксплуатации	0,19	4	5
Простота устройства системы	0,16	5	4
Минимизация производственных ошибок	0,07	4	4
Учет погрешностей среды	0,18	5	4
Ориентация на отечественные стандарты	0,11	5	3
Помехоустойчивость	0,17	3	5
Итого	1	30	28

$$I_{\text{исп.инженер}} = 4,28;$$

$$I_{\text{исп. «Элтехника-КП»}} = 4,13.$$

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

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}} \quad (28)$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} \quad (29)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исполнение	
	Исп. инженер	Исп. «Элтехника-КП»
Интегральный финансовый показатель	0,82	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,28	4,13
Интегральный показатель эффективности	5,22	4,13
Сравнительный показатель эффективности	1,26	

Исходя из полученных данных таблицы 19, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

4 Социальная ответственность

В данной работе рассматривается система телемеханики кустовой площадки. Кустовая площадка месторождения – это территория, на которой расположена специальная площадка, включающая в себя устья скважин, нефтегазодобывающее оборудование, бытовые и служебные помещения, а также прочие необходимые для эксплуатации сооружения. Основной особенностью автоматизированной кустовой площадки является ее самостоятельность – куст может функционировать полностью без участия человека. Все технологические параметры в реальном времени передаются на контроллер и транслируются в диспетчерском пункте с помощью радиосигнала.

В данной выпускной работе представлена автоматизированная система телесигнализации и управления кустовой площадки, модель данной системы в программном обеспечении Matlab SimHydraulics и SCADA – система, предназначенная для управления созданной моделью.

В разделе социальная ответственность рассматриваются вопросы обнаружения и анализа вредных и опасных факторов труда, минимизация негативных последствий проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В связи с тем, что в данной работе рассматривается автоматизированная система телемеханики кустовой площадки, предполагается, что куст работает без участия человека. В данном разделе речь пойдет об особенностях трудового законодательства применимо к сотрудникам, выполняющим обслуживание и ремонт оборудования на объекте, работающим вахтовым методом в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях. Вахтовый метод подразумевает особую форму осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников. Работа вахтовым методом устанавливается локальным нормативным актом компании (ч.1 ст.8, ст.252 ТК РФ, ч.4 ст.297 ТК РФ) [13].

По общему правилу продолжительность вахты не может превышать одного месяца. Продолжительность рабочего времени, начало и окончание рабочего дня, перерывы для отдыха и питания определяются правилами внутреннего трудового распорядка и иными локальными нормативными актами работодателя.

Для сотрудников, работающих вахтовым методом в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях оплата труда осуществляется с применением процентных надбавок к заработной плате (ст.315 ТК РФ). [13]. Размер такой выплаты зависит от стажа работы работника в данных местностях.

Для работников установлены районные коэффициенты, размер которых зависит от территории, на которой трудится такой работник (ч.5 ст.302 ТК РФ) [13].

4.1.2 Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя

Выполнение ремонтных работ, обслуживание, монтаж и демонтаж оборудования производится слесарями контрольно-измерительных приборов и автоматики.

В задачу эксплуатации средств КИПиА, установленных на производственных участках и цехах, входит обеспечение бесперебойной, безаварийной работы приборов контроля, сигнализации и регулирования, установленных в щитах, пультах и отдельных схемах.

Рабочее место слесаря КИПиА, занимающегося эксплуатацией средств, имеет щиты, пульта и мнемосхемы с установленной аппаратурой, приборами; стол-верстак с источником регулируемого переменного и постоянного тока; испытательные приспособления и стенды. Кроме того, на рабочем месте должна быть необходимая техническая документация – монтажные и принципиальные схемы автоматизации, инструкции заводов-изготовителей приборов; индивидуальные средства защиты для работы в электроустановках до 1000В; индикаторы напряжения и пробники; приборы для проверки работоспособности средств измерения и элементов автоматики.

На рабочем месте должны поддерживаться санитарно-бытовые условия: площадь на одно рабочее место слесаря КИПиА – 4,5 м², температура воздуха в помещении (20+2) °С; кроме того, должна работать приточно-вытяжная вентиляция, рабочее место должно быть достаточно освещено.

Для осуществления ремонта и поверки на участке должна иметься конструкторская документация, регламентирующая производство ремонта каждого вида измерительной техники, а также его поверку. В эту документацию включаются нормативы по среднему и капитальному ремонту; нормам расхода запасных частей, материалов.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В таблице 20 приведены основные опасные и вредные факторы при проектировании системы телемеханики кустовой площадки нефтяного месторождения. Согласно ГОСТ 12.0.003-15 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [16].

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Вид работы			Нормативные документы
	Ремонт	Обслуживание	Монтаж/ демонтаж	
1. Повышенный уровень шума в помещении		+	+	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [17], Методические рекомендации МР 2.2.7.2129-06 [18]; Освещение – СП 52.13330.2016 [19]; Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-8 [20]; Пожарная безопасность – ГОСТ 12.1.004-91 [21]; Шум на рабочих местах – СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 [22]; Вибрация – СанПиН 2.2.4.3359-16 [23].
2. Несоответствие нормам параметров микроклимата	+	+	+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
4. Повышенный уровень общей вибрации		+		
5. Пожаро-взрывоопасность	+	+	+	

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Повышенный уровень шума

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Длительное воздействие шума может отрицательно сказаться на здоровье работника, а в некоторых случаях даже привести к глухоте.

При выполнении работ в цеховых помещениях, а также в конторских рабочих комнатах предельно допустимое звуковое давление равно 80 дБА [22].

При разработке автоматизированной системы телесигнализации и управления кустовой площадки было использовано оборудование, каждое из которых является источником шумов. В совокупности давление этих шумов может быть близко к предельно допустимому.

Стоит учесть, что в паспортах на вышеперечисленное электрооборудование звуковое давление во время работы данных устройств не

превышает предельно допустимого звукового давления, таким образом можно прийти к выводу, что дополнительных средств защиты от шума при проведении работ с данным оборудованием не требуется.

Однако необходимо принять во внимание тот факт, что при неисправности оборудования возможно появление посторонних шумов, которые могут превысить нормируемое значение, в таком случае необходимо определить причину неисправности и устранить ее в кратчайшие сроки. В связи с этим необходимо устраивать кратковременные перерывы в течение рабочего дня вне помещения учета газа.

При необходимости уровень шума можно снизить, используя средства индивидуальной защиты органов слуха, таких как специальные звуконепроницаемые вкладыши или наушники.

Повышенный уровень вибрации

Вибрация определяется как колебательный процесс, возникающий при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии [23].

При внедрении автоматизированной системы телемеханики вибрация может появиться вследствие наличия в системе задвижек и электропривода. Однако стоит заметить, что подобранное оборудование имеет низкую вибрационную активность, поэтому дополнительных мер по предотвращению вредных воздействий от вибрации в помещениях кустовых площадок не требуется.

Микроклимат

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

В связи с необходимостью проведения работ на открытой территории в холодный период года, а также в неотапливаемых помещениях организация предполагает следующие действия:

- проведение медосмотров (согласно п. 5.1 Методических рекомендаций 2.2.7.2129-06 к работе на холоде допускаются лица, прошедшие медицинские осмотры в соответствии с действующими приказами Минздравсоцразвития и не имеющие противопоказаний);

- обеспечение СИЗ, имеющие теплоизоляцию, предусмотренную для конкретного климатического региона (пояса) (п. 5.4). При температуре воздуха ниже минус 40 °С следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей (п. 5.12);

- обеспечение работников рукавицами, обувью, головными уборами, имеющими соответствующую теплоизоляцию (во избежание локального охлаждения тела работников и уменьшения общих теплопотерь с поверхности тела) (п. 5.5);

- оборудование помещения для обогрева. В целях нормализации теплового состояния температура воздуха в местах обогрева должна поддерживаться на уровне от плюс 21 до минус 25 °С. Помещение следует оборудовать устройствами для обогрева кистей и стоп, температура которых должна быть в диапазоне от плюс 35 до минус 40 °С (п. 5.8);

- обеспечение работников горячим питанием (п. 5.11).

Производственное освещение

Качественное освещение производственных помещений обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. От освещения в значительной степени зависят: сохранность зрения работника, состояние его центральной нервной системы, безопасность на производстве, производительность труда.

В производственных цехах необходимо применять общее или комбинированное (общее в сочетании с местным) освещение. В обоих случаях

освещенность в рабочей плоскости, создаваемая светильниками общего освещения, на участках сварки должна составлять не менее 50 лк - при лампах накаливания и 150 лк - при люминесцентных лампах, а на участках разметки - не менее 150 и 400 лк соответственно.

В сборочно-сварочных цехах необходимо применять общее или комбинированное (общее в сочетании с местным) освещение. В обоих случаях освещенность в рабочей плоскости, создаваемая светильниками общего освещения, на участках сварки должна составлять не менее 50лк - при лампах накаливания и 150лк - при люминесцентных лампах, а на участках разметки - не менее 150 и 400лк соответственно.

Применение исключительно местного освещения внутри помещений не допускается. В производственных помещениях рекомендуется использовать комбинированное освещение там, где выполняется точная зрительная работа, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально.

4.3 Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации блока сепарации, расположенного на кустовой площадке, возникают источники негативного химического воздействия на окружающую среду, в частности поступление в атмосферу или образование в ней вредных веществ в концентрациях, превышающих допустимые государством экологические нормативы качества окружающего воздуха. Для предотвращения этого используется «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу», по которой проводится инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разработка норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, планирование работ по снижению выбросов, проведение контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Пожарная безопасность

При внедрении автоматизированной системы телемеханики, в объекты технологического производства добавляется новое электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны во взрывобезопасном исполнении, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи.

Возникшее пламя при пожаре в помещениях кустовой площадки можно потушить одним из следующих способов:

- удаление горючих материалов;
- прекращение доступа кислорода;
- охлаждение горящего вещества ниже его температуры воспламенения;
- объекты должны быть оснащены первичными средствами пожаротушения (вода, огнетушители, песок).

Таким образом, можно прийти к выводу, что технологические помещения кустовой площадки оснащены всеми необходимыми средствами пожаротушения и в дополнительных средствах нет необходимости.

Взрывоопасность

В связи с тем, что в технологических процессах, происходящих на кустовой площадке, присутствует процесс сепарирования, на объекте возможны утечки газа. Взрывоопасными являются трубопроводы в которых происходит замер показателей качества газа, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо вынести распределительный шкаф автоматики за блок-бокс узла учета газа.

Для предотвращения возникновения искры, все датчики выполнены во взрывоопасном исполнении, что предотвращает взрыв при возникновении утечки газа.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На кустовой площадке присутствует сепаратор. В процессе сепарирования выделяются нефтепродукты, газ, присутствуют остатки масел, конденсата. Поэтому есть вероятность возникновения взрывоопасной ситуации. Согласно «ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования» данный объект относится к классу взрывопожароопасности категории Б, что предоставляет достаточную опасность.

Так как работа кустовой площадки подразумевается самостоятельной, без участия человека, тем не менее обслуживающие и ремонтные работы проводятся бригадами слесарей. Согласно Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» в качестве предупреждения возникновения взрывоопасной ситуации существует автоматический алгоритм управления при возникновении аварийной ситуации. В первую очередь при появлении угрозы возникновения аварийной ситуации на экран оператора поступает соответствующая информация об угрозе, зажигается цветовая индикация в месте аварии. Перекрывается доступ подачи углеводородов в емкость сепарирования. При экстренной необходимости происходит сброс нефтепродукта в специальную сливную яму для опустошения емкости.

Заключение по главе 4

При выполнении раздела социальной безопасности были проанализированы и выявлены основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе обслуживания и ремонта объектов разработанной системы, такие как: повышенный уровень шума на рабочем месте, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень общей вибрации. Были описаны меры минимизации уровней воздействия данных факторов.

С точки зрения экологической безопасности было выявлено, что есть объект системы (сепаратор), который может представить угрозу для окружающей среды. Были описаны меры во избежание данной угрозы.

Произведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций, возникновение которых наиболее вероятно при эксплуатации разработанной системы. Были разработаны превентивные меры по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций, а также разработан порядок действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стала разработанная система телесигнализации и управления кустовой площадки, а именно участка технологического процесса после процесса сепарирования нефтепродукта. В ходе выполнения были разработаны математическая модель сепаратора, имитационная модель транспортировки сырья с наличием исполнительных механизмов, а также средств контрольно-измерительных приборов и автоматики. Данная модель дает возможность проведения безопасных исследований с целью получения информации об разработанной системе.

В ходе выполнения ВКР с помощью программного продукта TIA Portal V13 Simatic WinCC была разработана SCADA-система, с помощью которой осуществляется контроль, а также управление работой модели транспортировки сырья. В основной функционал данной системы входит управление входным значением расхода нефтепродукта, поступающего в установки сепарирования, управления клапанами трубопровода, снятие показаний средств контрольно-измерительных приборов и автоматики, а также анализ изменения данных показаний во времени.

Проведена разработка основных схем автоматизации, таких как функциональная схема автоматизации, структурная, схема информационных потоков. Данные схемы определяют состав необходимого оборудования, средства и метода передачи данных.

Выполненная работа удовлетворяет требованиям к системе автоматизации. Данная система имеет возможность расширения и модернизации.

Список использованных источников

1. Чухарева Н.В. Транспорт скважинной продукции: учеб. пособие / Н.В. Чухарева, А.В. Рудаченко, А.Ф. Бархатов, Д.В. Федин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 354 с.
2. ГОСТ 30852.0-2002 (МЭК 60079-0:1998) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2018. – 57 с.
3. ГОСТ 30852.13-2002 (МЭК 60079-14:1996) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок). – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с.
4. ГОСТ 16920-93 Межгосударственный стандарт. Термометры и преобразователи температуры манометрические. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 12 с.
5. ГОСТ 22520-85 Датчики давления, разрежения и разности давлений с электрическими аналоговыми выходными сигналами ГСП. Общие технические условия (Изменения № 1, 2, 3) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 24 с.
6. ГОСТ 28723-90 Расходомеры скоростные, электромагнитные и вихревые. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2005. – 10 с.
7. Громаков Е. И., Лиепиныш А.В. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2016, – 371с.
8. Горизонтальные аппараты ГЭЭ с эллиптическими днищами [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://sarrz.ru/produkcija/apparaty_emkostnye/apparat_gee.html. – (дата обращения: 4.03.2019)

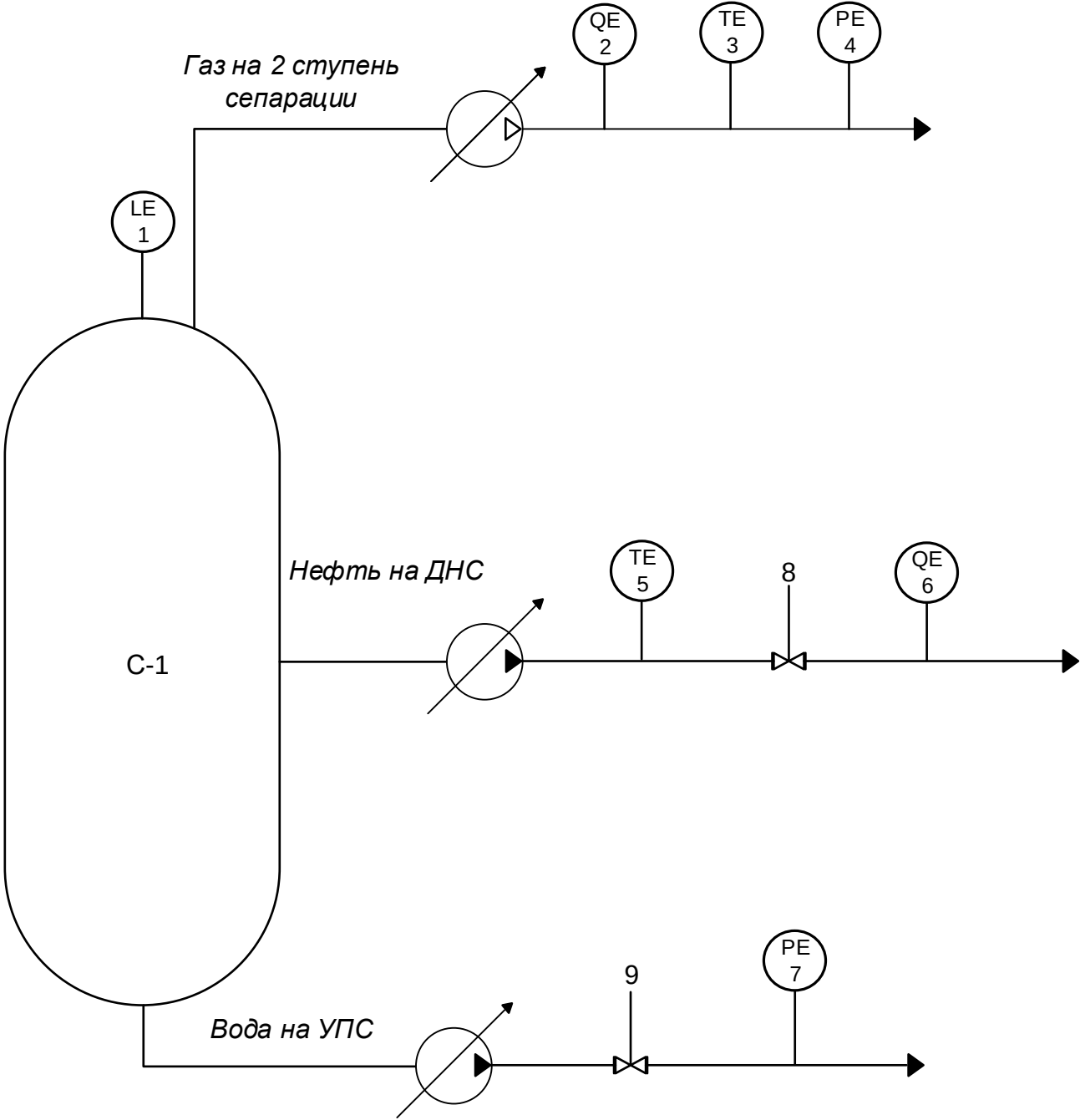
9. Системы автоматического контроля и сбора информации (SCADA) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://bourabai.ru/dbt/scada.htm>. – (дата обращения: 12.04.2019)
10. Метран-150 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-150> (дата обращения: 11.03.2019).
11. ГОСТ 633-80 Трубы насосно-компрессионные и муфты к ним. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3) – М.: Стандартинформ, 2010. – 32 с.
12. ГОСТ 10585-75 Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия (с Изменениями № 1-5). – М.: Издательство стандартов, 1993. – 8 с.
13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). – М.: Эксмо, 2019. – 224 с. – (Законы и кодексы)
14. Типы расходомеров газа: преимущества и недостатки. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://intelpribor.ru/blog/tipy-sushchestvuyushchikh-raskhodomerov/> (дата обращения: 13.03.2019).
15. Промышленный Ethernet [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx (дата обращения: 4.05.2019).
16. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2016. – 16 с.
17. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4.548-96. – М. Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.
18. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. Методические рекомендации. МР 2.2.7.2129-06. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. – 22 с.
19. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализованная редакция СНиП 23-05-95 (утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 № 783)

20. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением № 1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
21. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1). – М.: Стандартиформ, 2006. – 68 с.
22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
23. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.2.4.3359-16. – 72 с.
24. Попович Н. Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное издво, 1986. – 311с.
25. Наумовская А.А. Сравнение PID-управления и МРС-управления при регулировании расхода нефти на выходе трехфазного сепаратора // XV Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/46452/1/conference_tpu-2017-C04_p282-283.pdf. – (дата обращения: 10.03.2019)

Приложение А
(обязательное)
Функциональная схема

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

		1	2	3	4	5	6	8	7	9
		м	м³/ч	°С	МПа	°С	м³/ч		МПа	
Приборы по месту		LT 1-1	QT 2-1	TT 3-1	PT 4-1	TT 5-1	QT 6-1		PT 7-1	
Шкаф управления		LIRA 1-2	QIRA 2-1	TIRA 1-2	PIRA 4-2	TIRA 5-2	QIRA 6-2	QC 7-3	PIRA 7-2	DC 8-2
SCADA	Телесигнализация	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Телеизмерение	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Телеуправление	●	●	●	●	●	●	○	●	●
								○		



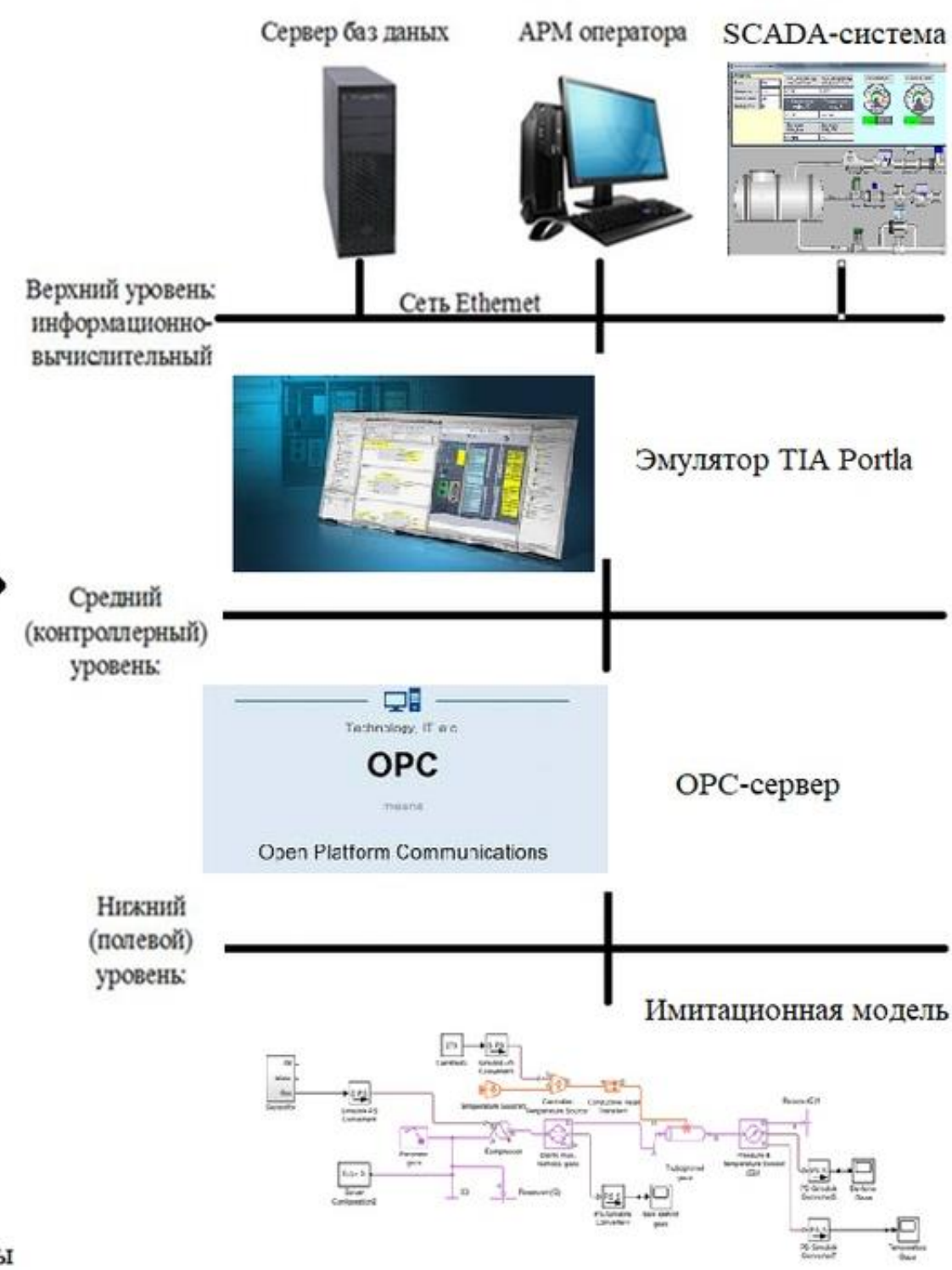
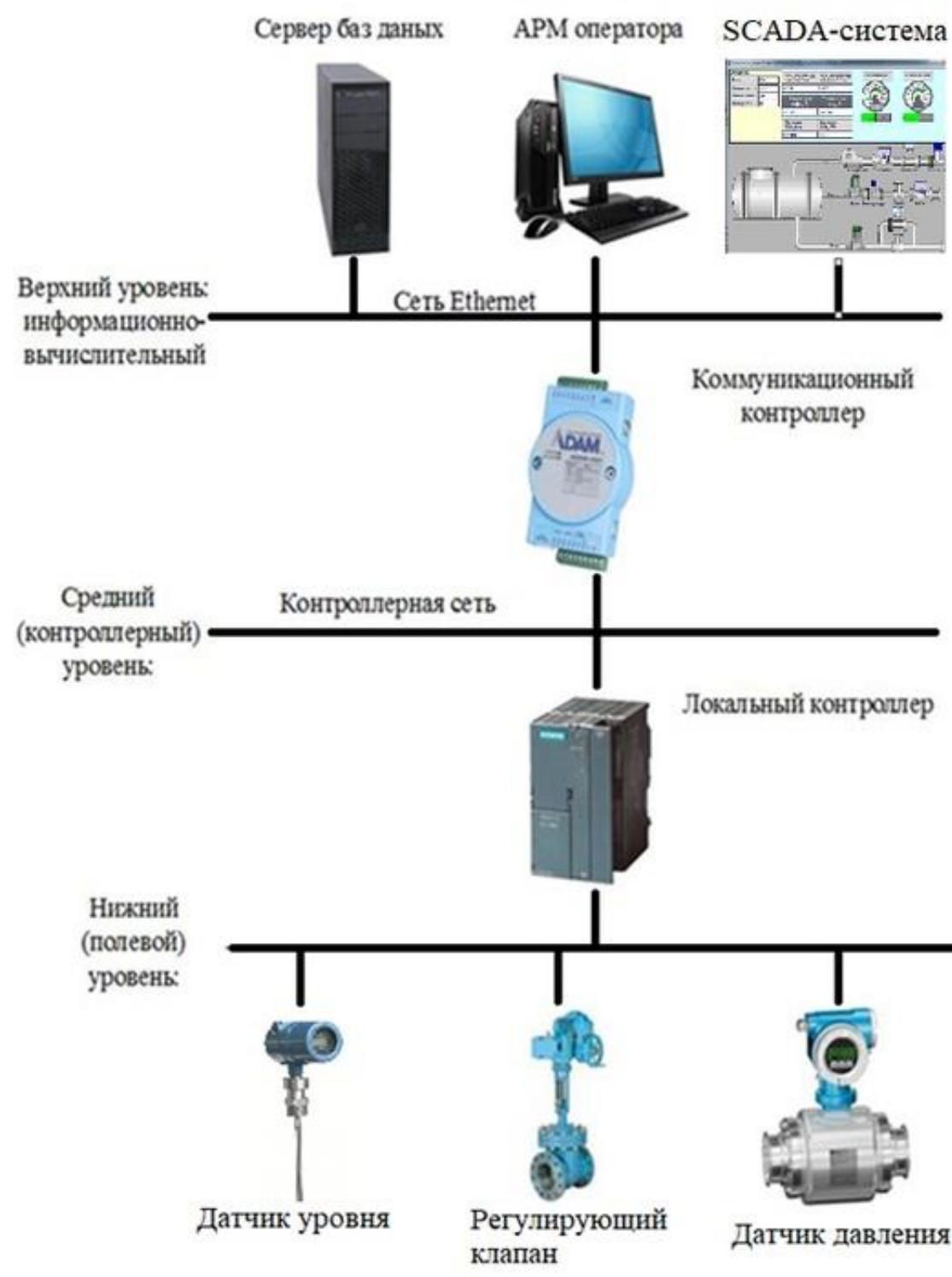
					ФЮРА. 425280. 001 С 2				
					Функциональная схема технологического процесса	Лист	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		у			
Разраб.	Петухов М.С.								
Проверил									
						Лист 1	Листов 5		
Т. Контр.						ТПУ ОАР, ИШИТР			
Утвердил						Группа 8Т5А			

Приложение Б
(обязательное)
Схема информационных потоков

Приложение В

(обязательное)

Схема структурная комплекса технических средств АС



ФЮРА. 425280. 001 ЭС 03

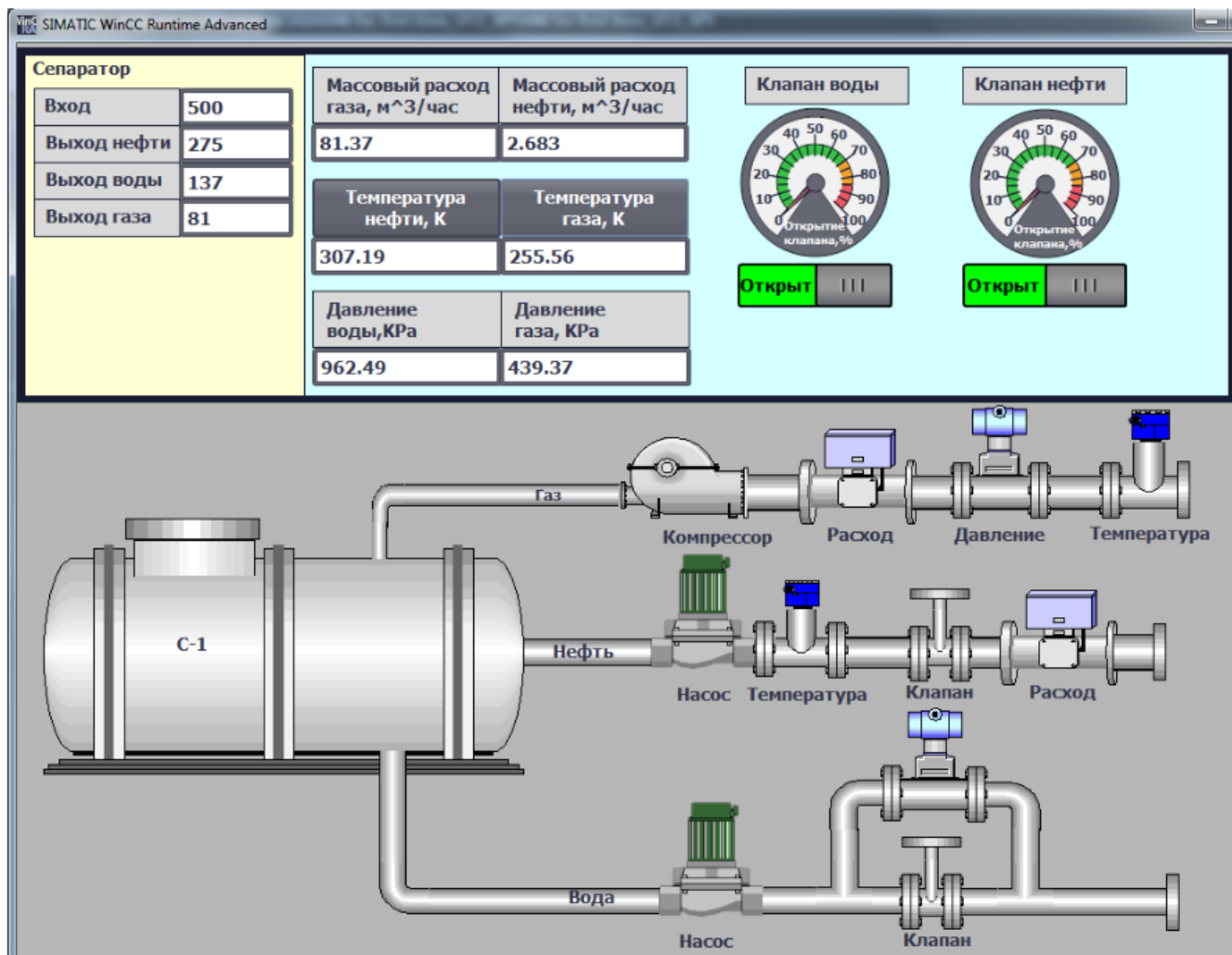
Схема структурная комплекса технических средств АС

Лист			Масса	Масштаб
у				
Лист 3			Листов 5	
ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А				

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Петухов М.С.			
Проверил				
Т. Контр.				
Утвердил				

Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. №

Приложение Г
(обязательное)
SCADA–система



Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 425280. 001 ЭС 12-13

SCADA-система

Лит Масса Масштаб

у

Лист 4 Листов 5

ТПУ ОАР, ИШИТР
Группа 8Т5А

Изм. Лист № док. Подп. Дата

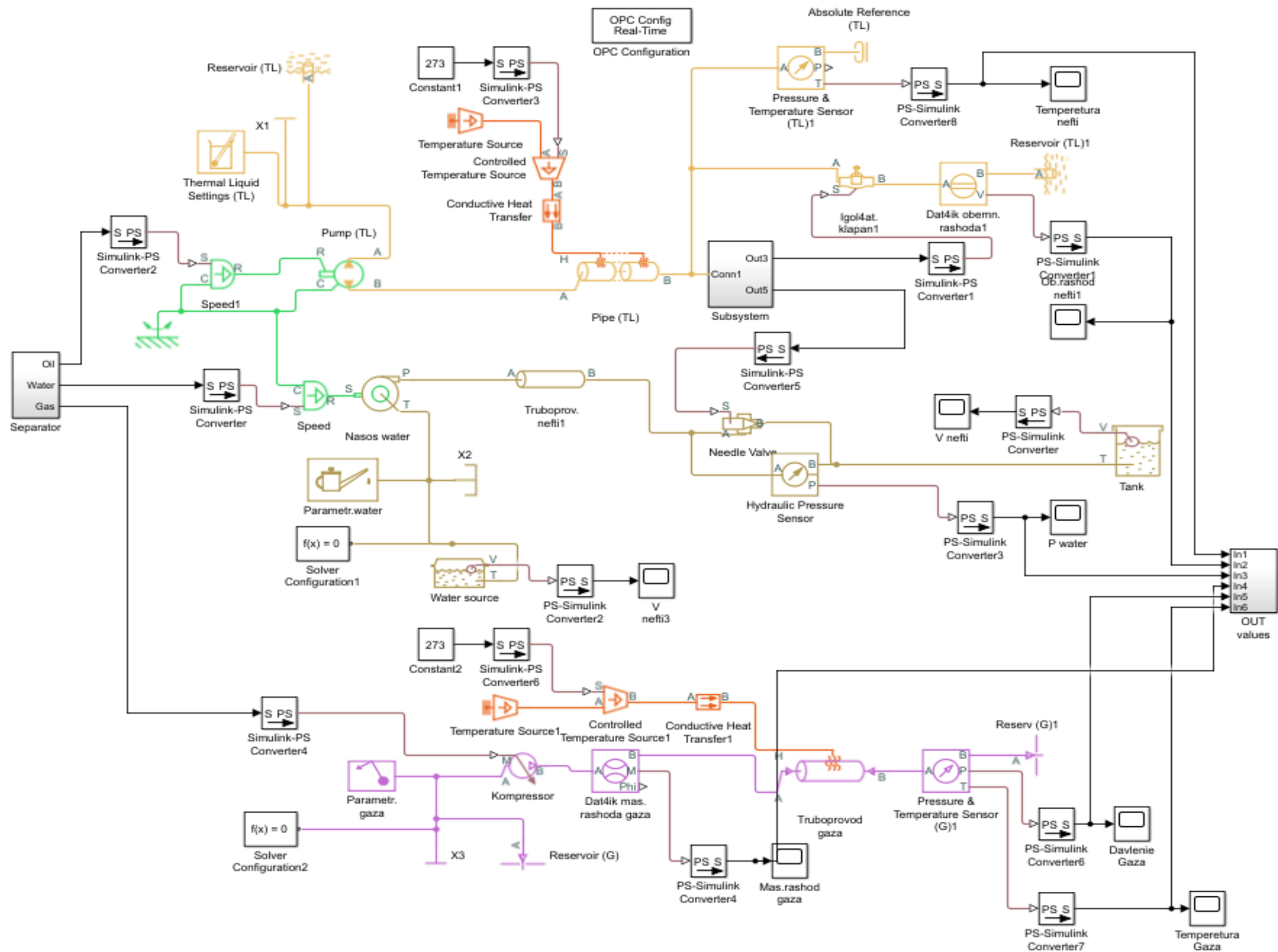
Разработал Петухов М.С.

Проверил

Т. Контр.

Утвердил

Приложение Д
(обязательное)
Схема имитационной модели



ФЮРА. 425280. 001 С 5

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Петухов М.С.			
Проверил				
Т. Контр.				
Утвердил				

Схема имитационной модели

Лист	Масса	Масштаб
у		
Лист 5	Листов 5	
ТПУ ОАР, ИШИТР		
Группа 8Т5А		