

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 АСУ дожимной насосной станции

УДК 004.896-048.35:622.692:621.65.03

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Воронцов Алексей Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
по направлению 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

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.
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
 Уровень образования – бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – весенний семестр 2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Воронцов Алексей Михайлович

Тема работы:

Разработка АСУ дожимной насосной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объектом проектирования является АСУ дожимной насосной станции (ДНС). На ДНС проходит предварительная дегазация и обезвоживание нефти и дальнейшая ее транспортировка до центрального пункта сбора.</p> <p>Средства реализации АС должны удовлетворять требованиям работы в условиях жесткого климата и являться наиболее доступными на рынке.</p>
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Описание технологического процесса, разработка структурной схемы АС, разработка функциональной схемы автоматизации, выбор средств реализации АС, выбор алгоритмов управления, разработка математической модели контура регулирования технологического параметра, разработка мнемосхем.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема АС, функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013, схема информационных потоков, мнемосхема.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Меньшикова Екатерина Валентиновна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Винокурова Галина Федоровна</p>
<p>Нормоконтроль</p>	<p>Суханов Алексей Викторович</p>

<p>Дата выдачи на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Воронцов Алексей Михайлович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Воронцову Алексею Михайловичу

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»:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p>Бюджет – 110 745.2 руб. Затраты на заработную плату – 41 739.94 руб. Прочие расходы – 100.63 руб. Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч Налог во внебюджетные фонды 27,1% Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР) 2. Формирование календарного плана и бюджета инженерного проекта (ИП) 3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков 	<p>Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT – анализ. Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета. Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель эффективности – 4.4 Сравнительная эффективность проекта – 1.12</p>
---	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. График разработки и внедрения ИР 4. Материальные затраты 5. Инвестиционный план. Бюджет ИП 6. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Воронцов Алексей Михайлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Воронцов Алексей Михайлович

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

Тема ВКР:

Разработка АСУ дожимной насосной станции	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<ul style="list-style-type: none"> – Объектом исследовательской работы является автоматизированная система управления дожимной насосной станцией. В состав системы входят: нефтяные и газовые сепаратор, датчики, исполнительные механизмы, насосное оборудование. – Рабочей зоной является насосный блок, включающий 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: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019); – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума в помещении. – Несоответствие нормам параметров микроклимата. – Недостаточная освещенность рабочей зоны. – Повышенный уровень электромагнитного излучения. – Опасность поражения электрическим током.
3. Экологическая безопасность:	Риск загрязнения нефтепродуктами литосферы, выброс вредных веществ в сточные воды.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. – Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Воронцов Алексей Михайлович		

Реферат

Пояснительная записка содержит 93 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 12 рисунков, список использованных источников из 28 наименований.

Объектом исследования является дожимная насосная станция.

Цель работы – уменьшить затраты на транспортировку нефти с помощью АСУ дожимной насосной станции.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

Дожимная насосная станция, клапан с электроприводом, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, локальный программируемый логический контроллер, сепаратор, SCADA-система.

Содержание

Термины и определения	13
Обозначения и сокращения.....	14
Введение.....	15
1 Техническое задание	17
1.1 Наименование системы	17
1.1.1 Полное наименование системы	17
1.2 Назначение и цели создания системы	17
1.2.1 Назначение системы	17
1.2.2 Цели создания системы	18
1.3 Характеристика объекта автоматизации	18
1.4 Требования к системе	19
1.4.1 Требования к системе в целом.....	19
1.4.2 Требования к функциям АС.....	20
1.4.3 Требования к видам обеспечения.....	21
2 Основная часть	25
2.1 Описание технологического процесса.....	25
2.2 Разработка структурной схемы АС.....	25
2.3 Разработка функциональной схемы	26
2.4 Разработка схемы информационных потоков.....	27
2.5 Выбор средств реализации АСУ ДНС	30
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования.....	30
2.5.2 Выбор датчика давления	31
2.5.3 Выбор датчика температуры	33
2.5.4 Выбор датчика уровня.....	35
2.5.5 Выбор расходомера.....	37
2.5.6 Выбор исполнительных механизмов	40
2.6 Алгоритм автоматического регулирования тех. параметра	41
2.7 Разработка мнемосхемы	47

3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования	48
3.2	Технология QuaD	48
3.3	SWOT анализ	50
3.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	52
3.4.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	52
3.4.2	Определение трудоемкости работ.....	53
3.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	58
3.5.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	58
3.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	58
3.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	59
3.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
3.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды	61
3.5.6	Прочие прямые расходы	62
3.5.7	Накладные расходы	62
3.5.8	Формирование бюджета затрат научно - исследовательского проекта.....	63
3.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
4	Социальная ответственность	67
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
4.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	67
4.1.2	Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя.....	68
4.2	Производственная безопасность	69
4.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия.....	70
4.3	Экологическая безопасность.....	77

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
Заключение	82
Список литературы	83
Приложение А Структурная схема автоматизации	86
Приложение Б Функциональная схема автоматизации	88
Приложение В Схема информационных потоков	90
Приложение Г Мнемосхема	92

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

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

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

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

техническое задание на АС (ТЗ): Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы;

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

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

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения с соответствующими определениями:

ДНС – дожимная насосная станция;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

АСУ – автоматизированная система управления;

ТЗ – техническое задание;

ТП – технологический процесс;

НГС – нефтегазовый сепаратор;

ГС – газовый сепаратор;

ГПЗ – газоперерабатывающий завод;

ЦПС – центральный пункт сбора;

ПЛК – программно-логический контроллер;

ДП – диспетчерский пункт;

ПО – программное обеспечение;

IP (International Protection) – степень защиты.

Введение

Нефтегазовый комплекс является ключевым направлением в экономике России. Доходы от экспорта нефти и газа ежегодно пополняют бюджет нашей страны. Как и в любой другой отрасли, технологии двигаются в направлении увеличения эффективности и повышения безопасности производства. Так, автоматизация производства является повсеместным явлением в нефтяной промышленности.

Автоматизация – неотъемлемая часть промышленного прогресса. Внедрение первых приборов регистрации параметров на объекте положило начало современного автоматизированного производства, работающее без непосредственного участия человека в ходе технологического процесса. С внедрением более современных средств сбора данных, рабочих органов и контрольно-измерительных приборов, увеличивался и объем информации, который необходимо обрабатывать. Это привело к внедрению управляющих систем, включающих сбор, обработку, анализ и отображение информации о технологическом процессе. Такими системами стали программные пакеты SCADA систем. Отличительной чертой SCADA систем является наличие HMI (Human Machine Interface) – графический интерфейс взаимодействия оператора автоматизированного рабочего места с автоматикой полевого уровня. Главное окно для оператора SCADA представлено мнемосхемой – графическим отображением технологической схемы объекта с индикацией значений регулируемых параметров. Разработка SCADA системы начинается с конца, с разработки мнемосхемы для операторов.

SCADA системы применяются в сферах добычи, переработки и транспорта нефтяных продуктов. Для транспортировки нефти на удаленные пункты все чаще применяются дожимные насосные станции. Нефть проходит первичную очистку и перекачивается с помощью центробежных насосов. До транспортировки нефть проходит предварительную очистку. На каждом этапе сепарации и дегазации нефти технологический процесс включает в себя большое

число регулируемых параметров. Необходимость поддержания параметров на заданном уровне приводит к необходимости применения автоматизированной системы управления на базе SCADA системы.

Несмотря на начальные вложения в автоматизацию производства, это несет неоспоримые преимущества, а именно:

- повышение экономической эффективности объекта за счет сокращения затрат на трудовые ресурсы и рационализации энергопотребления системы;

- повышение технологической эффективности за счет ускорения операций процесса производства, исключения человеческого фактора, и, как следствие, повышение качества продукции;

- повышение уровня безопасности, за счет снижения количества персонала, задействованного непосредственно на промышленном объекте и увеличения надежности системы.

Целью данной выпускной работы является автоматизация процесса транспортировки нефти за счет разработки автоматизированной системы управления дожимной насосной станцией.

1 Техническое задание

1.1 Наименование системы

1.1.1 Полное наименование системы

Автоматизированная система управления дожимной насосной станции.

1.1.2 Краткое наименование системы

АСУ ДНС

1.2 Назначение и цели создания системы

1.2.1 Назначение системы

АСУ ТП должна обеспечивать:

- автоматизированный контроль в реальном времени за производительность дожимной станции с минимальными энергозатратами;
- безопасность транспортировки нефтепродукта и предотвращение аварийных ситуаций;
- автоматическое и дистанционное приведение системы регулирования в безопасное состояние при нештатной ситуации (отказ технологического оборудования, утечка продукта и другие);
- контроль параметров технологического процесса в сепараторах и поддержание их в пределах заданного диапазона, а также обеспечение автоматического безопасного сбрасывания продукта при превышении предельных значений уровня;
- контроль состояния и работоспособности насосного оборудования, учет количество нефтепродукта, который перекачивает дожимная станция;
- управление исполнительными механизмами дожимной станции (электродвигатели насосов, задвижки с электроприводами).

Основным предназначением АСУ ТП ДНС является:

- автоматизированный контроль параметров технологических процессов, протекающих на ДНС;

- предоставление актуальной информации о ходе технологического процесса и централизованное управление объектом из диспетчерского пункта;
- сбор, обработка и хранение информации о ходе технологического процесса, запись информации на сервер базы данных;
- повышение эффективности работы технологического объекта;
- обеспечение безопасности протекания технологических процессов и постоянный контроль за состоянием технологического оборудования для повышения надежности производства;

1.2.2 Цели создания системы

Целью создания системы является решение и поддержание следующих технологических задач:

- обеспечение операторов актуальной и достоверной информацией о состоянии технологических процессов и оборудования;
- повышение оперативности и точности системы, за счет использования современных средств измерения;
- обеспечение мобильности системы при изменении внешних условий или режима работы объекта;
- сокращение затрат на управление технологическим оборудованием;
- поддержание экологии местности расположения дожимной станции;
- оптимизация режимов работы и энергопотребления технологического оборудования.

1.3 Характеристика объекта автоматизации

Объектами автоматизации являются технологические процессы, протекающие на дожимной насосной станции. А именно, процессы предварительного обезвоживания, дегазации и перекачки нефти и газа на центральный пункт сбора и газоперерабатывающий завод соответственно. Применение дожимной насосной станции рационально в случаях удаленности

нефтяных месторождений от центральных пунктов сбора и подготовки нефти, и нехватки давления в системе промышленного сбора нефти и попутного газа из-за низкой энергии нефтегазоносного пласта. ДНС обеспечивает предварительную сепарацию нефтяной эмульсии, поступающей с кустового сборного коллектора. С помощью центробежных насосов нефть транспортируется до последующих перерабатывающих объектов, газ транспортируется до газоперерабатывающего завода под давлением сепарации.

Основные объекты и сооружения:

- нефтегазовый сепаратор (НГС);
- газовый сепаратор (ГС);
- технологический трубопровод;
- газовый трубопровод;
- напорный нефтепровод;
- узел учета нефти;
- узел учета газа;
- насосный блок;
- дренажная система;
- факельная система.

1.4 Требования к системе

1.4.1 Требования к системе в целом

1.4.1.1 Требования по диагностированию системы

Дополнительные требования по диагностированию системы при развитии системы не предъявляются.

1.4.1.2 Перспективы развития, модернизации системы

Дополнительные требования по перспективам развития и модернизации системы не предъявляются.

1.4.1.3 Требования к численности и квалификации персонала

Для обеспечения бесперебойной работы станции, необходимо применять посменный график работы персонала. Данный график предусматривает наличие бригад (смен) в количестве не менее четырех.

Дополнительные требования по численности, квалификации персонала системы не предъявляются.

1.4.1.4 Требования к безопасности

Требования по безопасности дожимной насосной станции предъявляются согласно:

- ГОСТ 31840-2012 «Насосы погружные и агрегаты насосные. Требования безопасности»;
- СП 231.1311500.2015 «Обустройство нефтяных и газовых месторождений. Требования пожарной безопасности».

1.4.2 Требования к функциям АС

АСУ ТП РП должна обеспечивать следующие функции:

- контроль технологических параметров нефтепродуктов в сепарирующих резервуарах;
- автоматическое и дистанционное управления технологическим оборудованием;
- сбор, отображение и архивирование информации о технологическом процессе и действиях технологического персонала в удобном для оператора виде;
- ведение товарного учета нефтепродуктов.

Технологические параметры, подлежащие измерению в системе АСУ ДНС:

- давление на выходе из сборного коллектора;
- давление, температура, уровень в нефтегазовом сепараторе;

- давление, температура в газовом сепараторе;
- давление, температура, уровень в отстойнике;
- давление на выходе центробежных насосов;
- расход на выходе ДНС.

1.4.3 Требования к видам обеспечения

1.4.3.1 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках должно находиться в работоспособном режиме в условиях, характеризующиеся 80 % влажности воздуха, и температуре окружающей среды в пределах от минус 50 до 50 °С.

АС должна иметь свойство масштабируемости, увеличение и модернизации технического и программного оснащения. Должна иметь резервные каналы ввода/вывода от 35 %.

Контрольно-измерительные средства необходимо подбирать с возможностью взрывозащищенного исполнения. Для контакта первичных приборов с агрессивными средами необходимо применять разделители сред. Также возможно применение антикоррозийных покрытий на чувствительных элементах приборов. Вся автоматика, применяемая в системе, должна иметь искробезопасные цепи.

Рекомендуемая степень пылевлагозащиты контрольно-измерительных приборов выше IP55.

Датчики подбираются из наиболее надежных образцов отечественных и мировых производителей. При совпадении характеристик отдается предпочтение наиболее доступному. Основные требования надежности к техническим средствам:

- средняя наработка на отказ не менее 50 тысяч часов;
- средний срок службы не менее 5 лет.

Необходимо использовать контроллеры с модульной архитектурой для реализации различной компоновки каналов ввода/вывода. Допускается использование взрывобезопасных барьеров для снятия сигналов с чувствительных элементов, находящихся во взрывоопасной среде.

Измерения строятся на основе электронных преобразователей и измерителей уровня, давления, температуры и расхода.

Выходной сигнал контрольно-измерительной аппаратуры должен быть унифицированным, соответствующий стандарту токового сигнала в диапазоне (4 – 20) мА.

В составе системы должны присутствовать модули ввода следующих сигналов:

- токовый сигнал (4 – 20) мА;
- дискретный сигнал;
- сигнал передающийся по интерфейсам RS-232/RS-422/RS-485 от удаленных контроллерных устройств;

1.4.3.2 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) терминала должно быть совместимым с существующими на объектах эксплуатации ПО.

Программное обеспечение АС включает в себя:

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

Данные описывающие течение технологического процесса (протоколы событий, отчеты смены, тренды) на серверах должны храниться в течение 6 месяцев. Необходимо иметь резервные копии на внешнем носителе. Языки программирования, применяемые при настройке контроллерного оборудования должны соответствовать стандарту IEC 61131-3.

Алгоритмы управления, расчетные функции должны выполняться по средствам специального ПО. Стандартные функции (визуализация, регистрация, опрос, измерение и др.) должны выполняться по средствам базового ПО.

При анализе данных с первичных преобразователей и измерительных систем, необходимо обеспечить систему контроля, выявляющую возможные ошибки измерений.

1.4.3.3 Требования к метрологическому обеспечению

Основная приведенная погрешность датчиков не более 1 %. Для измерения расхода используется расходомер с основной относительной погрешностью

Для измерения расхода нефти в трубопроводе использовать расходомер основная относительная погрешность измерения которого составляет не более 1 %.

Основная относительная погрешность сигнализаторов, вибрации, датчиков температуры должна составлять не более 0,2 %.

Для измерения уровня нефти в сепараторе использовать уровнемер, абсолютная погрешность которого составляет не более 30 мм.

1.4.3.4 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АСУ ТП должно обеспечивать реализацию перечисленных в данном ТЗ функций, а также выполнение операций конфигурирования, программирования, управления базами данных и документирования.

Математические методы и алгоритмы, используемые для шифрования/дешифрования данных, а также программное обеспечение, реализующее их, должны быть сертифицированы уполномоченными организациями для использования в государственных органах Российской Федерации.

1.4.3.5 Требования к информационному обеспечению

Для удобства работы технологов-операторов с большими объемами разнообразной информации, и для выработки соответствующих стереотипов взаимодействия с АС, информационное обеспечение должно быть структурировано, и иметь иерархическую организацию.

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составляющими частями АС;
- структура процесса сбора, обработки и передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Дожимная насосная станция предназначена для приема нефтяной эмульсии, ее предварительной дегазации и обезвоживания.

Нефть из сборного коллектора по трубопроводу поступает в трехфазный нефтегазовый сепаратор (НГС-1). Перед этим реагенты, необходимые для сепарирования поступают из блока добавления реагента. В НГС-1 нефтяная эмульсия проходит первичное сепарирование и делится на нефть, воду и газ. Газ под давлением поступает в газовый сепаратор (ГС-1), затем, после повторного разделения, газ под давлением сепарации поступает на газоперерабатывающий завод. Выделившаяся на НГС-1 вода поступает на очистные сооружения. Затем отсепарированная нефть поступает в отстойник (О-1), где из нее выделяется оставшаяся вода, которая поступает на очистные сооружения для последующей закачки в пласт.

2.2 Разработка структурной схемы АС

АСУ ТП ДНС включает в себя контроль-измерительное оборудование, контроллерное оборудование, компьютер и сервер базы данных. Таким образом, структурная схема будет включать в себя три уровня: полевой, контроллерный и информационно-вычислительный уровни.

Полевой (нижний) уровень включает в себя контрольно-измерительную аппаратуру и исполнительные механизмы (датчики давления, датчики уровня, датчики температуры, электропривод задвижек, асинхронные двигатели центробежных насосов)

Контроллерный (средний) уровень включает в себя локальные контроллеры, принимающие и обрабатывающие сигналы с датчиков полевого уровня. Контроллеры направляют данные на следующий уровень.

Информационно-вычислительный (верхний) уровень включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, представленное

персональным компьютером и сервер базы данных. Связь сервера и АРМ осуществляется по средствам Ethernet. На компьютерах оператора установлена операционная система Windows 7 и программное обеспечение MasterSCADA.

Данные с измерительных приборов по токовому каналу (4 - 20) мА передается на местный контроллер, он в свою очередь выполняет следующие функции:

- сбор, хранение и первичную обработку информации о течении технологического процесса и состоянии оборудования;
- автоматическое регулирование и поддержание технологических параметров;
- исполнение команд, поступающих из диспетчерского пункта;

Информация с датчиков нижнего (полевого) уровня переправляется локальному контроллеру (ПЛК) на средний уровень управления. Он в свою очередь выполняет следующие функции:

Коммуникационный контроллер осуществляет сбор данных с местных контроллеров и отправляет их по средствам Ethernet в сеть диспетчерского управления.

Диспетчерский пункт включает в себя совокупность АРМ операторов и сервер базы данных. На экранах операторов отображается актуальная информация о технологическом процессе. Также на экране присутствуют элементы управления исполнительными механизмами. Все элементы системы связаны каналами обмена информации [1].

Структурная схема приведена в приложении А.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации – это технический документ, который определяет функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического управления, регулирования и контроля технологического процесса, а также оснащения объекта управления средствами автоматизации и

приборами. Функциональная схема включает в себя изображения технологического оборудования, измерительных приборов, исполнительных механизмов.

Функциональная схема изображается в виде упрощенной технологической схемы производства. Элементы системы управления изображаются в виде условных обозначений и связаны между собой функциональными связями.

При проектировании функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- получение первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- стабилизации технологических параметров процессов и прямое воздействия на технологический процесс в целях управления данным процессом;
- контроль и регистрации состояния технологического оборудования и технологических параметров процессов.

Соответствуя заданию была разработана функциональная схема автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [3].

Функциональная схема приведена в приложении Б.

2.4 Разработка схемы информационных потоков

Схема включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

Верхний уровень – уровень корпоративного информационного хранения, а также архивного хранения. Информация на этом уровне отображается в виде экранных форм/мнемосхем.

Средний уровень – буферная база данных, характеризующая уровень текущего хранения. Этот уровень представляет собой маршрутизатор информационных потоков от датчика и систем телемеханики до верхнего

уровня, т.е. к SCADA–системам. Данные между ними передаются с помощью протокола Ethernet.

Нижний уровень – сбор данных и их обработка. Представляют собой дискретные либо аналоговые сигналы, несущие в себе данные датчиков, данные о вычислениях, преобразованиях.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCCC, где:

1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- PRS (Pressure) – давление;
- TER (Temperature) – температура;
- LVL (Level) – уровень;
- POS (Position) – положение/режим;
- FLW (Flow) – поток;

2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- OS1 – нефтегазовый сепаратор НГС-1;
- GS1 – газовый сепаратор ГС-1;
- OT1 – отстойник О-1;
- PM1 – центробежный насос 1;
- PM2 – центробежный насос 2;
- PM3 – центробежный насос 3;
- PL1 – трубопровод сборного коллектора;
- PL2 – трубопровод ГПЗ;
- PL3 – трубопровод на отстойник;
- PL4 – трубопровод на ЦПС;

3) CCCC – примечание, не более 5 символов:

- NORM (normal) – в рамках рабочего диапазона;
- HL (high limit) – верхняя сигнализация;

- LL (low limit) – верхняя предупредительная сигнализация;
- OPEN – открыто/включено;
- CLOS – закрыто/выключено.

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

Пример кодировки сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка сигналов в SCADA системе

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_PL1_NORM	Давление в трубопроводе сборного коллектора
PRS_OS1_NORM	Давление в НГС-1
PRS_OG1_NORM	Давление в ГС-1
PRS_OT1_NORM	Давление в О-1
PRS_PM1_NORM	Давление на насосе 1
TER_OS1_NORM	Температура в НГС-1
TER_GS1_NORM	Температура в ГС-1
TER_OT1_NORM	Температура в О-1
LVL_OS1_NORM	Уровень жидкости в НГС-1
LVL_GS1_NORM	Уровень жидкости в ГС-1
LVL_OT1_NORM	Уровень жидкости в О-1
POS_PL2_OPEN	Положение клапана в трубопроводе на ГПЗ
POS_PL3_OPEN	Положение клапана в трубопроводе на отстойники
POS_PL4_OPEN	Положение клапана в трубопроводе на центральный пункт сбора
POS_PM1_OPEN	Режим работы насоса 1

Схема информационных потоков приведена в приложении В.

2.5 Выбор средств реализации АСУ ДНС

2.5.1 Выбор контроллерного оборудования

Рассмотрим семейство контроллеров SIMATIC S7-1200. Программируемый контроллер S7-1200 – это универсальный модульный программируемый контроллер для автоматизации циклических процессов во всех секторах промышленного производства. Высокая производительность, модульная конструкция, широкие коммуникационные возможности, гибкое использование систем локального и распределенного ввода-вывода, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы центральных процессоров, высокая стойкость к электромагнитным и механическим воздействиям, работа с естественным охлаждением, удобство эксплуатации позволяют получать рентабельные решения для построения систем промышленной автоматизации различного назначения [3].

В качестве ПЛК в данной работе был выбран модифицированный контроллер SIPLUS S7-1200 (рисунок 1) из семейства SIMATIC S7-1200 на базе центрального процессора CPU 1516-3 PN/DP.



Рисунок 1 – Siemens SIPLUS S7-1200

SIPLUS S7-1200 является современным идеальным изделием для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях, отличающихся сильным воздействием вибрации и тряски, повышенной влажности, широким диапазоном рабочих температур. Технические характеристики процессора CPU 1516-3 PN/DP представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики CPU 1516-3 PN/DP

Рабочая память	5 Мбайт
Время выполнения операции	10 нс
Количество каналов ввода-вывода, дискретных / аналоговых, не более	256/64
Языки программирования	LAD, FBD, STL, SCL
Напряжение питания	24 В
Диапазон рабочих температур	От минус 25 до 60 °С
Скорость передачи данных	12 Мбит/с
Цена	4 203 €

2.5.2 Выбор датчика давления

При рассмотрении рынка, наибольшее распространение в России получили компании Emerson (Метран), Элемер.

Компания "Emerson" является глобальным поставщиком решений и производителем оборудования в области промышленной автоматизации техпроцессов. В 2004 году компания приобрела российскую промышленную группу «Метран». С тех пор «Метран» – основной актив компании в России и странах СНГ [2].

Компания "ЭЛЕМЕР" – ведущий отечественный разработчик и производитель на рынке средств и систем технологического контроля [3].

Выбор датчиков давления проводился по следующим характеристикам:

- диапазоны пределов измерений;
- предел допустимой погрешности;
- выходной сигнал;

- гарантийный срок службы;
- температура внешней среды.

Из всего ассортимента компаний было подобрано 3 наиболее подходящих датчика давления: АИР-20/М2-Н, ЭЛЕМЕР-100, Rosemount 2088. Таблица 3 с техническими характеристиками приведена ниже [7], [8], [9].

Таблица 3 – Технические характеристики датчиков давления АИР-20/М2-Н, ЭЛЕМЕР-100, Rosemount 2088

Технические характеристики	АИР-20/М2-Н	ЭЛЕМЕР-100	Rosemount 2088
Предел измерений	От 1,0 кПа до 16 МПа	От 2,5 кПа до 16 МПа	до 27,58 МПа
Выходной сигнал	(4 – 20) мА; HART	(4 – 20) мА; HART; Modbus RTU	(4 – 20) мА; HART
Основная приведенная погрешность, %	$\pm 0,075$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2$; $\pm 0,5$	$\pm 0,15$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$	$\pm 0,065$
Температура окружающей среды	От минус 60 до 70 °С	От минус 55 до 70 °С	От минус 40 до 85 °С
Варианты исполнения	Ex; Exd; Exdia	Ex; Exd	Ex; Exd
Пылевлагозащита	IP65; IP67	IP65	IP66; IP68
Гарантийный срок эксплуатации	5 лет	5 лет	3 года
Цена	От 28 тыс. руб.	От 35 тыс. руб.	От 25 тыс. руб.

Исходя из сравнительной таблицы, для измерения давления был выбран датчик Rosemount 2088, т.к. является наиболее доступным вариантом, но при этом имеет высокую точность. Предел измерения давления датчика выше, чем у конкурентов. Выходной сигнал (4 – 20) мА с поддержкой HART. Датчик подходит для эксплуатации в жестких климатических условиях. Имеет

достаточный гарантийный срок эксплуатации. На рисунке 2 ниже представлен выбранный датчик.



Рисунок 2 – Преобразователь избыточного и абсолютного давления Rosemount 2088

2.5.3 Выбор датчика температуры

Для контроля температуры нефтепродукта в сепараторах будем использовать датчики температуры. При выборе датчика температуры основными критериями выбора были следующие характеристики:

- оптимальный для проекта диапазон пределов измерений;
- невысокая приведенная погрешность;
- унифицированный выходной сигнал;

В соответствии с вышеуказанными техническими характеристиками, были выбраны следующие термопреобразователи: Метран 280, ТСПУ-205, ТСМУ-16. Сравнительная таблица 4 с техническими характеристиками датчиков приведена ниже [10], [11].

Таблица 4 – Технические характеристики температурных преобразователей Метран 280, ЭЛЕМЕР ТСПУ-205, ЭЛЕМЕР ТСМУ-16

Технические характеристики	Метран 280	ТСПУ-205	ТСМУ-16
Диапазон измерения	От минус 50 до 500 °С	От минус 50 до 180 °С	От минус 50 до 150 °С
Выходной сигнал	(4 – 20) мА; HART	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Основная приведенная погрешность, %	± 0,15; ± 0,3; ± 0,4	± 0,25	± 0,5; ± 1,5;
Температура окружающей среды	От минус 50 до 85 °С	От минус 50 до 70 °С	От минус 40 до 85 °С
Варианты исполнения	Exd; Exia	Ex	Ex
Пылевлагозащита	IP65	IP65	IP55
Средний срок эксплуатации	Не менее 6 лет	Не менее 6 лет	Не менее 5 лет
Межпроверочный интервал	5 лет	2 года	2 года
Цена	От 7 500 руб.	От 4 185 руб.	От 4 390 руб.

На основании сравнительной таблицы, наиболее подходящим вариантом был выбран термопреобразователь Метран 280. Датчик подходит для точных измерений в составе автоматических систем управления технологическими процессами. Передача информации об измеряемой температуре передается в виде постоянного тока (4 – 20) мА или по цифровому каналу в соответствии с HART-протоколом. Датчик имеет более высокую точность и широкий диапазон измерений в сравнении с конкурентами. Более продолжительный межпроверочный интервал указывает на надежность данного измерительного устройства. Из недостатков можно выявить более высокую стоимость. На рисунке 3 представлен выбранный датчик [4].



Рисунок 3 – Датчик температуры с унифицированным выходным сигналом
Метран 280

2.5.4 Выбор датчика уровня

Для контроля уровня границы раздела фаз в сепараторах применяются уровнемеры. Существует множество видов уровнемеров.

Выбор датчиков уровня проводился по следующим характеристикам:

- максимальная высота измерений;
- предел допустимой погрешности;
- выходной сигнал;
- давление измеряемой среды;
- плотность измеряемой среды.
- гарантийный срок службы;

В соответствии с вышеуказанными техническими характеристиками, были выбраны следующие уровнемеры: уровнемер поплавковый потенциометрический ЭЛЕМЕР-УПП-11, дискретный уровнемер СКБ-01-Ех, буйковый преобразователь уровня Сапфир-22ДУ. Таблица 5 со сравнением технических характеристик выбранных уровнемеров представлена ниже [12], [13], [14].

Таблица 5 – Технические характеристики уровнемеров ЭЛЕМЕР-УПП-11, СКБ-01-Ех, Сапфир-22ДУ

Технические характеристики	ЭЛЕМЕР-УПП-11	СКБ-01-Ех	Сапфир-22 ДУ
Диапазон измерения	От 400 до 6000 мм	до 6000 мм	до 10000 мм
Выходной сигнал	(4 – 20) мА; HART; 2 реле	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Пределы допускаемой основной погрешности	± 10 мм	± 15 мм	± 5 мм
Плотность измеряемой среды	От 600 до 1200 кг/м ³	От 500 до 1100 кг/м ³	От 600 до 2000 кг/м ³
Давление измеряемой среды	До 2,5 МПа	До 1,2 МПа	До 20 МПа
Варианты исполнения	Exd; Ex	Ex	Exia; Exd
Пылевлагозащита	IP65; IP66	IP65	IP66
Средний срок эксплуатации	Не менее 12 лет	Не менее 6 лет	Не менее 7 лет
Межпроверочный интервал	4 года	2 года	3 года
Цена	От 20 800 руб.	От 15 800 руб.	От 30 500 руб.

На основании сравнительной таблицы, наиболее оптимальным решением был выбран поплавковый потенциометрический уровнемер ЭЛЕМЕР-УПП-11. Данный датчик предназначен для измерения, контроля и непрерывного преобразования значений уровня жидких, в том числе агрессивных и взрывоопасных сред, в унифицированный выходной токовый сигнал и цифровой сигнал HART-протокола, а также дискретный релейный выход [3]. Датчик удовлетворяет необходимым требованиям, а именно, оптимальный диапазон до 6 м, невысокая допустимая погрешность измерений. Плотность измеряемой среды соответствует плотности нефтяной эмульсии в сепараторах. Также, уровнемер имеет наибольшую надежность среди конкурентов и наибольший

межпроверочный результат. Цена также является конкурентоспособной для датчиков такого класса. На рисунке 4 представлен выбранный датчик.



Рисунок 4 – Датчик уровня с унифицированным выходным сигналом ЭЛЕМЕР-УПП-11

2.5.5 Выбор расходомера

Расходомеры используются на всех технологических стадиях добычи, транспортировки и переработки нефтяного и газового сырья. Так, на этапе подготовки и подъема нефти необходимо контролировать количество подтоварной нефти. При транспортировке нефти и газа самым распространенным первичным преобразователем расхода является стандартное сужающее устройство – диафрагма, а в процессах переработки нефти и газа наиболее широкое распространение нашли массовые расходомеры. Все чаще пользуются спросом ультразвуковые расходомеры на узлах учета нефти и газа, так как они обеспечивают высокую точность измерения 0,3 %, а отсутствие сужений не создает потери давлений, что вытекает в результате в существенную экономию энергии. Массовые расходомеры, работающие по принципу Кориолиса, подходят для измерения жидкостей и газов. Измерение не зависит от изменений условий процесса/параметров, таких как температура, плотность,

давление, вязкость, проводимость и поток. Также, массовые расходомеры обладают рядом преимуществ в сравнении с другими видами измерителей расхода [15]:

- многопараметрическое измерение (объединение функций нескольких приборов в едином корпусе);
- корректная работа вне зависимости от направления потока;
- не требуются прямолинейные участки трубопровода до и после расходомера;
- отсутствие затрат на установку вычислителей расхода;
- надёжная работа при наличии вибрации трубопровода, при изменении температуры и давления рабочей среды;
- длительный срок службы и простота обслуживания благодаря отсутствию движущихся и изнашивающихся частей;
- не требуется регулярная перекалибровка и техническое обслуживание;
- измерение расхода сред с высокой вязкостью.

В соответствии с вышеуказанными преимуществами, был выбран кориолисовый расходомер ЭМИС-МАСС 260. Таблица 6 с техническими характеристиками выбранного расходомера представлена ниже.

Таблица 6 – Технические характеристики расходомера ЭМИС-МАСС

Технические характеристики	ЭМИС-МАСС 260
Диаметр условного прохода, мм	10; 15; 25; 40; 50; 80; 100; 150; 200
Избыточное давление измеряемой среды	до 6,4 МПа или до 25 МПа (спец. заказ)
Погрешность измерения температуры	1 °С
Температура измеряемой среды	от минус 50 до 200 °С
Выходной сигнал	(4 – 20) мА; RS-485 на базе Modbus RTU
Варианты исполнения	Exd; Ex
Пылевлагозащита	IP65
Средний срок эксплуатации	Не менее 10 лет
Межпроверочный интервал	4 года

Массовый расходомер ЭМИС–МАСС 260 позволяет с наибольшей точностью производить измерение объемов и массы расхода жидкости. Стабильность работы расходомера обусловлена устойчивостью к гидроударам и высоким температурам. При помощи массового счетчика-расходомера ЭМИС–МАСС 260 осуществляется измерение как плотности, так и температуры измеряемой среды. Преимущества данного расходомера [16]:

- Измерение расхода ведется в прямом и реверсном режиме.
- Важным преимуществом является возможность измерения расхода в двухкомпонентной среде, что актуально для нефтеводной эмульсии.
- Отсутствие требований для организации потока к прямолинейным сегментам или специализированному оборудованию.
- 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, продлевает срок эксплуатации датчика.
- Расходомер содержит меню на русском языке, оснащен оптическими кнопками и индикаторами, позволяющими осуществлять точную настройку и управление прибором. На рисунке 5 представлен выбранный расходомер.



Рисунок 5 – Расходомер ЭМИС–МАСС 260

2.5.6 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительное устройство – это устройство, которое непосредственно реализует управляющее воздействие на объект управления со стороны регулятора путём перемещения регулирующего органа. Регулирующее воздействие, которое производит исполнительное устройство, изменяет процесс в заданном направлении для решения поставленной задачи стабилизации регулируемой величины.

В процессе сепарирования нефти необходимо регулировать уровень флюида в сепараторе таким образом, чтобы он не превышал верхний допустимый предел. Для регулирования уровня нефти в сепараторе в качестве исполнительного механизма будем использовать клапан с электроприводом.

В качестве регулирующего органа в данной работе будет использоваться клапан запорно-регулирующий со встроенным электроприводом RV230/UV. На рисунке 6 представлен выбранный клапан.



Рисунок 6 – Запорно-регулирующий клапан со встроенным электроприводом
RV230/UV

Данный регулирующий орган представляет 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.

2.6 Алгоритм автоматического регулирования технологического параметра

В процессе сепарирования нефти в НГС-1 необходимо поддерживать уровень жидкости в сепараторе на заданном уровне. Соответственно, уровень жидкости в НГС-1 является регулируемым параметром технологического процесса. В процессе регулирования будет использоваться ПИД-алгоритм, который обеспечивает хорошее качество регулирования, короткое время выхода на режим и нечувствительность к внешним возмущениям.

ПИД (П – пропорциональный, И – интегральный, Д – дифференциальный) – регулятор представляет собой устройство применяемое в контурах управления, оснащенных звеном обратной связи. Регуляторы используют для формирования сигнала управления в автоматических системах, чтобы достичь необходимых характеристик переходного процесса.

На рисунке ниже приведена операторно-структурная схема для автоматического регулирования уровня жидкости в сепараторе:

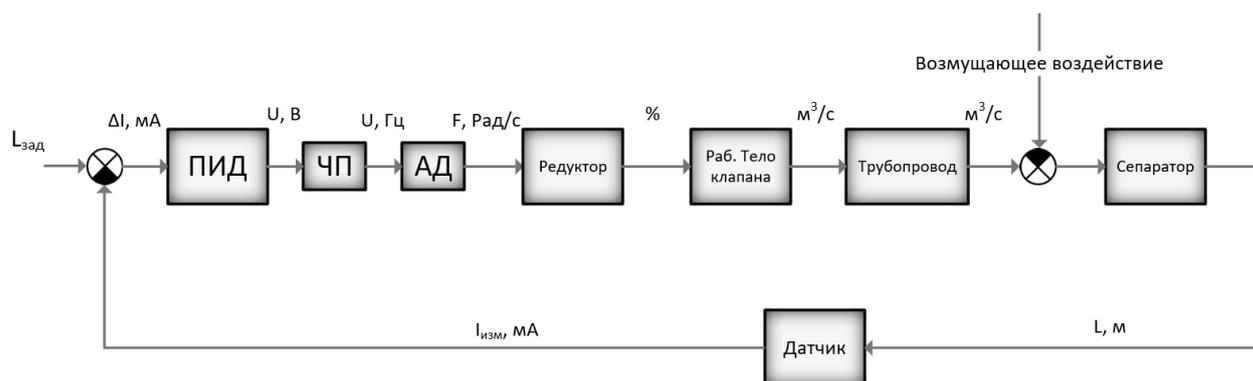


Рисунок 7 – Операторно-структурная схема контура управления

Преобразователь частоты регулирует частоты тока статора электропривода, управляющего задвижкой. Так как частота вращения ротора при

изменении частоты тока изменяется не мгновенно, появляется переходный процесс, значит, преобразователь частоты можно аппроксимировать апериодическим звеном.

Передаточная функция (ПФ) частотного преобразователя (ЧП) имеет следующий вид:

$$W_{\text{ЧП}} = \frac{K_{\text{ЧП}}}{T_{\text{ЧП}} \cdot s + 1} = \frac{3}{0,3 \cdot s + 1}, \quad (1)$$

где $K_{\text{ЧП}}$ – коэффициент преобразователя частоты;

$T_{\text{ЧП}}$ – постоянная времени, характеризующая инерционность электропривода (приведена в техническом паспорте привода).

$$K_{\text{ЧП}} = \frac{f_{\text{max}}}{D} = \frac{50}{20 - 4} \approx 3, \quad (2)$$

где f_{max} – максимальная частота тока, выдаваемая преобразователем (Гц);

D – диапазон токового выходного сигнала (мА).

Передаточная функция асинхронного двигателя включает в себя коэффициенты, значения которых зависят от электромагнитных и механических характеристик двигателя, описанные в технологическом паспорте.

ПФ асинхронного двигателя записывается в виде:

$$W_{\text{АД}} = \frac{K_{\text{АД}}}{T_{\text{АД}} \cdot s + 1} = \frac{3}{0,2 \cdot s + 1}, \quad (3)$$

$$K_{\text{АД}} = \frac{\omega_{\text{max}}}{f_{\text{max}}} = \frac{150}{50} = 3, \quad (4)$$

где $K_{\text{АД}}$ – коэффициент асинхронного двигателя;

$T_{\text{АД}}$ – постоянная времени асинхронного двигателя, зависящая от его электромагнитных и механических свойств;

ω_{max} – максимальная частота вращения электродвигателя (рад/с);

f_{max} – максимальная частота тока, которая поступает на двигатель (Гц);

Редуктор преобразует скорость вращения электродвигателя в расстояние, которое проходит шток клапана. Таким образом, его можно заменить интегрирующим звеном со следующей передаточной функцией:

$$W_P = \frac{K_p}{T_p \cdot s} = \frac{0,01}{0,05 \cdot s} = \frac{1}{5 \cdot s}, \quad (5)$$

$$K_p = \frac{\omega_{\text{вых}}}{\omega_{\text{вх}}} = \frac{1,5}{150} = 0,01, \quad (6)$$

$$T_p = \frac{1}{v} = \frac{1}{20} = 0,05, \quad (7)$$

где K_p – коэффициент понижающего редуктора, рассчитываемый как отношение угловых скоростей входной и выходной скоростей;

T_p – постоянная времени, зависящая от линейной скорости перемещения штока задвижки;

$\omega_{\text{вых}}$ – угловая скорость на выходе редуктора (рад/с);

$\omega_{\text{вх}}$ – угловая скорость на входе редуктора (рад/с);

v – линейная скорость движения штока клапана (мм/с).

При регулировании уровня в сепараторе, трубопровод вносит в систему транспортное запаздывание. Передаточная функция трубопровода зависит от технологических параметров трубы, плотности транспортируемой смеси, потока в трубопроводе. Ниже приведены формулы, для расчета передаточной функции:

$$W_{TP} = \frac{Q_k(s)}{Q(s)} = \frac{1}{T \cdot s + 1} e^{-\tau s}, \quad (8)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad \tau = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{p}{2\Delta P}}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (9)$$

где $Q_k(p)$ – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$ – измеряемый объемный расход жидкости;

L – длина участка трубопровода между точкой регулирования и точкой измерения;

f – площадь сечения трубы;

ρ – плотность жидкости;

ΔP – перепад давления на трубопроводе;

d – диаметр трубы;

τ – запаздывание.

Характеристика трубопровода приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика трубопровода

Параметр	Значение	Единица измерения
Длина рассматриваемого участка	4	м
Перепад давления на трубопроводе	1	МПа
Плотность нефти	875	кг/м ³
Диаметр трубы	250	мм
Объемный расход жидкости в трубопроводе	750	м ³ /ч

Рассчитаем коэффициенты для передаточной функции трубопровода:

$$T = \frac{LQ}{f} \cdot \frac{\rho}{\Delta P} = \frac{4 \cdot \frac{750}{3600}}{(3,14 \cdot 0,25^2)} \cdot \frac{875}{101971} = 0,29,$$

$$\tau = \frac{L}{Q} \cdot \frac{\pi d^2}{8} = \frac{4}{750} \cdot \frac{(3,14 \cdot 0,25^2)}{8} = 0,47,$$

$$W_{TP} = \frac{1}{T \cdot s + 1} e^{-\tau s} = \frac{1}{0,29 \cdot s + 1} e^{-0,47s},$$

Передаточная функция сепаратора преобразует расход жидкости из сепаратора в уровень жидкости в сепараторе. Для получения значения объема, необходимо вычислить интеграл по расходу. Зная площадь сечения сепаратора,

найдем высоту столба жидкости в метрах. Таким образом, передаточная функция сепаратора приведена ниже:

$$W_{cen} = \frac{K_{cen}}{s} = \frac{1}{20s}, \quad (10)$$

$$K_{cen} = \frac{L}{V} = \frac{2,5}{50} = \frac{1}{20}, \quad (11)$$

где $K_{сеп}$ – коэффициент сепаратора, связывающий уровень жидкости в сепараторе и ее объем;

L – уровень жидкости в сепараторе;

V – объем жидкости в сепараторе.

Передаточная функция датчика уровня находится из отношения диапазонов измеряемого уровня и выходного сигнала.

$$W_{cen} = \frac{D}{h_{max} - h_{min}} = \frac{20 - 4}{2,5 - 0} = 6,4, \quad (12)$$

где D – диапазон токового выходного сигнала датчика (мА);

h_{max} – максимальный измеряемый уровень жидкости в сепараторе;

h_{min} – минимальный измеряемый уровень жидкости в сепараторе.

Ниже приведена структурная схема контура управления, собранная в среде Matlab Simulink.

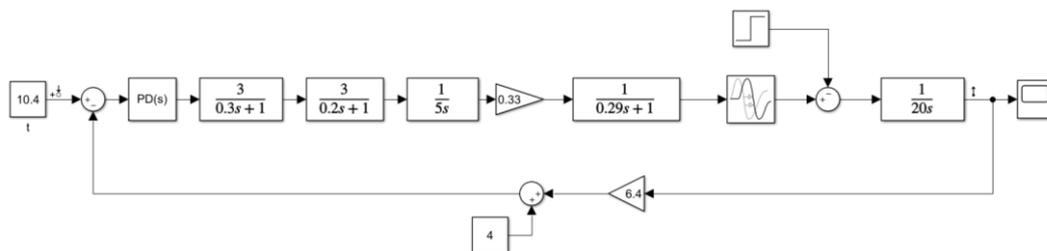


Рисунок 8 – Структурная схема в среде Matlab Simulink

В качестве регулятора был выбран ПД-алгоритм, так как в системе уже присутствует интегратор и добавление в систему интегрирующей составляющей

увеличит перерегулирование. Коэффициенты были подобраны вручную, эмпирическим методом. Полученные коэффициенты представлены на рисунке ниже.

Proportional (P):	0.05
Derivative (D):	1.2

Рисунок 9 – Параметры ПД-регуляторы ($K_p = 0,05$; $K_d = 1,2$)

На рисунке 10 приведена переходная характеристика с внешним возмущением на сотой секунде.

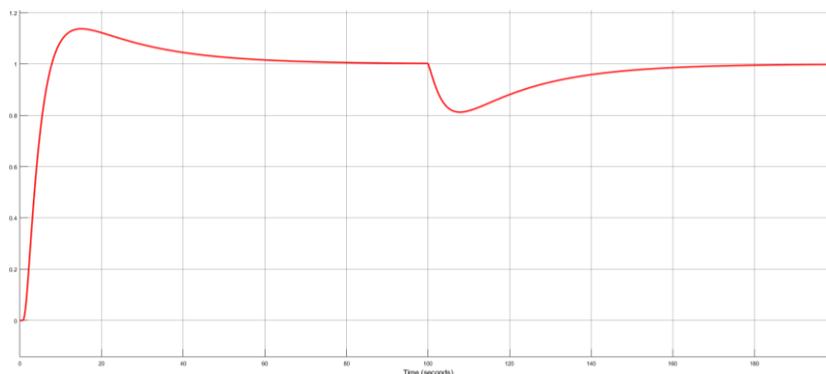


Рисунок 10 – Переходная характеристика системы с добавлением внешнего воздействия на сотой секунде

Из рисунка 10 видно, что система выходит на уставку после влияния внешнего возмущения на сотой секунде.

Ниже приведена переходная характеристика по задающему воздействию.

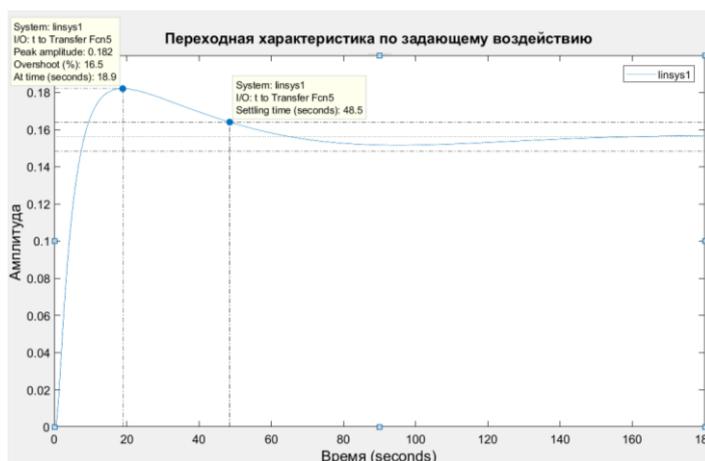


Рисунок 11 – Переходная характеристика системы по задающему воздействию ($\delta = 16,5 \%$, $t_{nn} = 48,5 \text{ с}$)

На рисунке 12 приведена переходная характеристика системы по возмущающему воздействию.

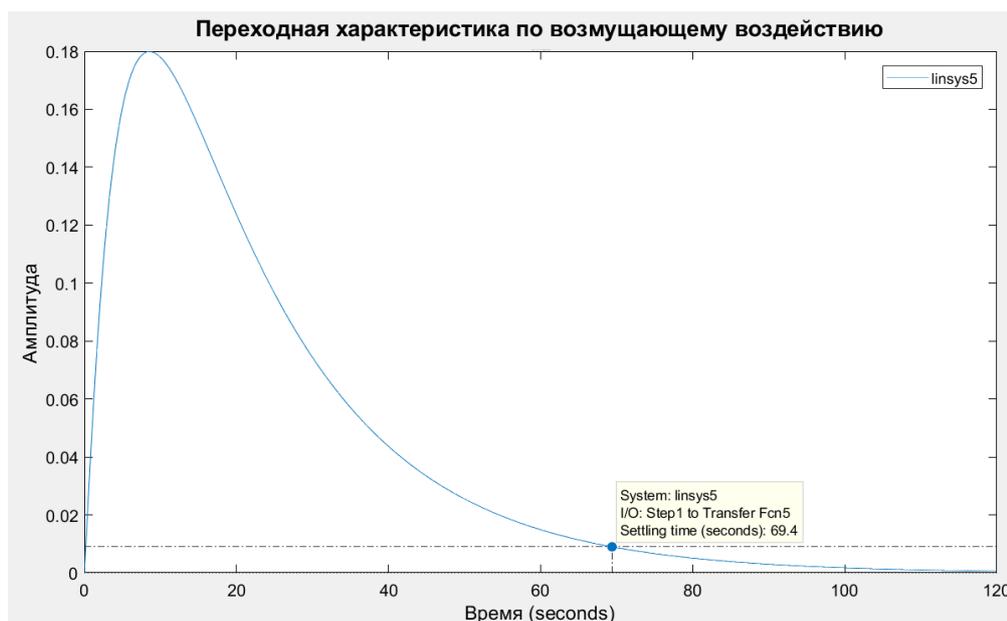


Рисунок 12 – Переходная характеристика системы по возмущающему воздействию ($t_{mn} = 69,4$ с)

Из рисунка 12 видно, что при воздействии возмущающего воздействия, система возвращается в установившейся режим за 69,4 секунды.

2.7 Разработка мнемосхемы

Мнемосхема, которая отображается на АРМ оператора представлена в приложении Г. Мнемосхема была выполнена в программном обеспечении MasterSCADA. На схеме представлены регистрируемые параметры технологического процесса, также присутствует сигнализатор об аварийном значении измеряемой величины. При помощи мнемосхемы можно отследить температуру, давление, уровень в рабочих резервуарах. Отображается информация о состоянии клапанов, и есть возможность дистанционного управления тремя клапанами. Также обеспечивается актуальное информирование о состоянии средств КИПиА и технологических объектов.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные конкуренты для результатов исследования

Объектом разработки является автоматизированная система управления дожимной насосной станции. Потенциальными потребителями исследований являются множество компаний в нефтегазовом секторе, такие как, нефтегазоперерабатывающие заводы; предприятия, использующие ДНС для транспортировки нефтепродуктов. Целевыми потребителями являются компании (недропользователи), занимающиеся разработкой месторождений, удаленных от центрального пункта сбора, либо месторождений с низким пластовым давлением, не хватающим для транспортировки нефтепродуктов до пункта сбора.

3.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Оценка QuaD приведена в табличной форме в таблице 8.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность системы	0,1	85	100	0,85	8,5
2. Удобство интерфейса	0,05	70	100	0,7	3,5
3. Повышение безопасности на производстве	0,1	90	100	0,9	9

Продолжение таблицы 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

4. Ресурсоэкономичность	0,07	90	100	0,9	6,3
5. Помехоустойчивость	0,05	60	100	0,6	3
6. Степень открытости системы	0,04	85	100	0,85	3,4
7. Информационная защищенность	0,07	55	100	0,55	3,85
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	85	100	0,85	3,4
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	70	100	0,7	2,8
10. Простота эксплуатации	0,05	75	100	0,75	3,75
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	85	100	0,85	4,25
12. Ремонтопригодность	0,06	65	100	0,65	3,9
13. Стоимость обслуживания	0,06	75	100	0,75	4,5
14. Срок ввода в эксплуатацию	0,04	50	100	0,5	2
15. Стоимость начальных вложений	0,07	90	100	0,9	6,3
16. Послепродажное обслуживание	0,07	90	100	0,9	6,3
17. Наличие сертификации разработки	0,04	45	100	0,45	1,8
Итого:	1	1265	100	12,65	76,55

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$\prod_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 76,55 \quad (13)$$

где \prod_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $P_{ср}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Значение 76,55 говорит об уровне перспективности выше среднего.

3.3 SWOT анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ. SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Низкая стоимость разработки АСУ. С2. Быстрый переходный процесс. С3. Удобный пользовательский интерфейс для операторов АРМ. С4. Возможность расширения функционала системы. С5. Использование современного контрольно-измерительного оборудования.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Необходимость в квалифицированных кадрах у заказчика. Сл2. Отсутствие качественной системы защиты информации. Сл3. Низкая помехоустойчивость. Сл4. Узкий круг компаний-заказчиков.
--	---	--

Продолжение таблицы 9 – Матрица SWOT-анализа

<p>Возможности: В1. Увеличение спроса на рынке нефтедобычи. В2. Снижение налогов на ввоз зарубежных компонентов системы В3. Получение финансирования от заинтересованных компаний. В4. Выход на иностранный рынок</p>	<p>Невысокая стоимость и современные технологические компоненты системы выделяет проект на фоне конкурентов и обеспечит выход на зарубежный рынок. Возможность расширения функционала повысит спрос на разработку при увеличении спроса на рынке Востребованность на рынке приведет к притоку инвестиций в сфере разработки систем управления. Возможность расширения функционала системы и ее низкая стоимость повысят интерес зарубежных специалистов к данной системе.</p>	<p>Увеличение спроса на рынке увеличит нужду в высококвалифицированных специалистах на производстве. Получение финансирования от компаний позволит протестировать предлагаемую систему на необходимом оборудовании и установить дополнительно фильтры для шумоподавления. С выходом на иностранный рынок увеличится круг потенциальных заказчиков. возможно появление и увеличение клиентской базы. Увеличение спроса спровоцирует масштабирование компаний, и возможность найма сторонних организаций для обеспечения информационной безопасности.</p>
<p>Угрозы: У1. Увеличение стоимости компонентов системы. У2. Появление на рынке более совершенных систем управления. У3. Увеличение конкуренции на рынке. У4. Уменьшение спроса на предлагаемый проект.</p>	<p>Возможность расширения функционала системы приведет к постоянным совершенствованиям проекта, что сделает его более конкурентоспособным. Увеличение стоимости компонентов приведет к повышению стоимости на проекты конкурентов.</p>	<p>Узкий круг компаний-заказчиков и снижение спроса на системы управления приведет к уменьшению количества предлагаемых продуктов от конкурентов.</p>

Таким образом, невысокая стоимость и востребованность на рынке позволит использовать возможности в полной мере. Но снижение спроса в отрасли с небольшим количеством компаний-заказчиков может привести к высокой конкурентной среде на рынке.

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для реализации проекта необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Теоретические исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер АСУ
	3	Изучение существующих систем	Инженер АСУ
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер АСУ
	5	Подбор компонентов для реализации системы	Инженер АСУ
Разработка и проектирование системы	6	Построение математической модели	Инженер АСУ
	7	Тестирование и отладка работы системы	Руководитель, Инженер АСУ

Продолжение таблицы 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	8	Сравнение результатов тестирования с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер АСУ
	9	Доработка математической модели	Руководитель, инженер АСУ
Разработка технической документации	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер АСУ
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер АСУ
	12	Составление схемы информационных потоков	Инженер АСУ
	13	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер АСУ
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер АСУ
	15	Составление схем внешних проводок	Инженер АСУ
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер АСУ
	17	Проектирование мнемосхем	Инженер АСУ
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Инженер АСУ

3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается

экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (14)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (15)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Представим ленточный график в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{кi} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (16)$$

где $T_{кi}$ – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (17)$$

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

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

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

Полученные данные сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работы в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8		2,8		3	
Подбор и изучение материалов по теме		2		5		3,2		3,2		4
Изучение существующих систем		2		4		2,8		2,8		3
Календарное планирование работ по теме	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	2	2
Подбор компонентов для реализации системы		3		5		3,8		3,8		5
Построение математической модели		4		7		5,8		5,8		7
Тестирование и отладка работы системы	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1	1
Сравнение результатов тестирования с теоретическими исследованиями	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1	1

Продолжение таблицы 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работы в календарных днях, T_{ki} t_{min} , чел-дни	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Доработка математической модели	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA		1		2		1,4		1,4		2
Составление перечня вход/выходных сигналов		1		2		1,4		1,4		2
Составление схемы информационных потоков		1		2		1,4		1,4		2
Разработка алгоритмов автоматического регулирования		1		2		1,4		1,4		2
Разработка алгоритмов сбора данных		1		2		1,4		1,4		2
Составление схем внешних проводок		1		2		1,4		1,4		2
Разработка структурной схемы автоматического регулирования		1		2		1,4		1,4		2
Проектирование мнемосхем		2		4		2,8		2,8		3
Составление пояснительной записки		2		4		2,8		2,8		3
Итого	7	27	15	54	10,2	38,4	6,5	34,7	8	44

На основе полученной таблицы 11 На основе полученной таблицы 11 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам.

График работ приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Календарный план-график выполнения проекта

№ работ	Вид работ	Длительность	Календарный план-график							
			Март			Апрель				
			1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания		■							
2	Подбор и изучение материалов по теме		▨							
3	Изучение существующих систем			▨						
4	Календарное планирование работ по теме				■					
5	Подбор компонентов для реализации системы					▨				
6	Построение математической модели					▨				
7	Тестирование и отладка работы системы						■			
8	Сравнение результатов тестирования с теоретическими исследованиями						■			
9	Доработка математической модели						■			
10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA							▨		
11	Составление перечня вход/выходных сигналов								▨	
12	Составление схемы информационных потоков									▨
13	Разработка алгоритмов автоматического регулирования									▨
14	Разработка алгоритмов сбора данных									▨
15	Составление схем внешних проводок									▨
16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования									▨
17	Проектирование мнемосхем									▨
18	Составление пояснительной записки									▨



- инженер



- руководитель

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (18)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 13 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Ноутбук Lenovo	Шт.	1	32000	32000
Мышь A4Tech F4	Шт.	1	500	500
Итого				32500

3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением программного оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам. Расчет затрат по данной статье приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на приобретение ПО

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
MATLAB R2017b	Шт.	1	5929	5929

Продолжение таблицы 14 – Затраты на приобретение ПО

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Microsoft Visio 2019	Шт.	1	12485	12485
Итого:				18414

3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере (20 – 30) % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

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

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

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

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

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

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

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

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

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (21)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (22)$$

где $Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Расчет основной платы представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м, руб}$	$Z_{дн, руб.}$	$T_{р, раб. дн.}$	$Z_{осн, руб.}$
Руководитель	33 664	-	-	1,3	43 763,2	1 750,53	6,5	11 378,43
Инженер	13 600	-	-	1,3	17 680	736,6	34,7	25 560,02
Итого:								36 938,45

3.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (23)$$

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

Получим:

$$Z_{доп.рук.} = 0,13 \cdot 11378,43 = 1479,2$$

$$Z_{доп.инж.} = 0,13 \cdot 25560,02 = 3322,8$$

3.5.5 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (24)$$

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

Расчет отчислений приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	11 378,43	1 479,2	0,271	3 484,42

Продолжение таблице 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Инженер	25 560,02	3 322,8		7 827,24
Итого				11 311,66

3.5.6 Прочие прямые затраты

К данному виду затрат относятся затраты на электроэнергию. Для юридических лиц стоимость 1 кВт·ч составляет 5,8 рублей. При умеренном пользовании ноутбук средней мощности потребляет 100 Вт в час в среднем. В день на работу затрачивается 5 часов, всего на работу с компьютером и оборудованием затрачивается 34,7 дней. Тогда затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{эн} = 100 \cdot \frac{5,8}{1000} \cdot 5 \cdot 34,7 = 100,63$$

3.5.7 Накладные расходы

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

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (25)$$

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

Получим:

$$Z_{накл} = 0,16 \cdot (36938,45 + 4802) = 6678,47$$

3.5.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат приведено в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты НТИ	32 500
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	18 414
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	36 938,45
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4 802
5. Отчисление во внебюджетные фонды	11 311,66
6. Прочие расходы	100,63
7. Накладные расходы	6 678,47
6. Бюджет затрат	110 745,2

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

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

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

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

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

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования 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 – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительный анализ приведен в таблице 19.

Таблица 19 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2 (без АСУ)
1.Материалоемкость	0.05	3	4
2.Надежность	0.2	4	3
3.Производительность	0.2	5	4
4.Удобство в эксплуатации	0.15	5	3
5.Ресурсоэкономичность	0.15	3	4
6. Безопасность	0.25	5	4
Итого	1	25	22

$$I_{p-исн1} = 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 = 4,4$$

$$I_{p-исн2} = 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 = 3,85$$

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

$$I_{исн.1} = \frac{I_{p-исн1}}{I_{финр}^{исн.1}}, \quad (28)$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исн.1}}{I_{исн.2}}, \quad (29)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 20.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2 (Без АСУ)
Интегральный финансовый показатель	1	0.979
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.4	3.85
Интегральный показатель эффективности	4.4	3.93
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.12	1

Приведенные расчеты:

Стоимость разработки и строительства дожимной насосной станции без АСУ – 5 200 000 руб.

Стоимость разработки и строительства дожимной насосной станции с применением разработанной АСУ – 5 308 571,3 руб.

Находим интегральные финансовые показатели для обоих исполнений:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{5308571,3}{5308571,3} = 1;$$
$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{5200000}{5308571,3} = 0,979$$

Теперь определим интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4,4}{1} = 4,4$$
$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,85}{0,979} = 3,93$$

Находим сравнительную эффективность вариантов исполнения:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{4,4}{3,93} = 1,12$$

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

4 Социальная ответственность

Темой выпускной квалификационной работы является АСУ дожимной насосной станции. Технологический процесс на автоматизированной ДНС проходит без непосредственного участия человека, что исключает постоянное влияние вредных воздействий со стороны рабочего цеха. Однако, станция нуждается в постоянном наблюдении и контроле, в своевременном техническом обслуживании, что создает необходимость обеспечить безопасные условия труда на рабочих местах.

Объектом исследования является операторный пункт дожимной насосной станции. Задачей оператора является наблюдение и контроль за параметрами технологического процесса, принятие мер по минимизации последствий в случае нештатных ситуаций. Рабочее место оператора находится непосредственно за рабочим столом, и основная часть его работы связана с использованием персонального компьютера. Основные факторы условий труда в данном случае связаны с поддержанием микроклимата в помещении, обеспечение достаточного освещения для работы и комфортного рабочего места. Также следует учесть пожарную и электробезопасность на производстве.

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются вопросы выявления и влияния вредных факторов производства на персонал, оценка условий труда. Также в разделе приведены меры по минимизации влияния вредных и опасных факторов на обслуживающий персонал технологического объекта в соответствии с требованиями техники безопасности, техники пожарной безопасности и санитарными нормами.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Так как в выпускной работе рассматривается автоматизированная система управления дожимной насосной станции, технологические процессы

проходят без участия человека. В данном разделе рассматривается трудовое законодательство, касающиеся сотрудников, задействованных на проектно объекте. Для обеспечения непрерывности работы дожимной станции необходимо применить посменный график работы с установленной продолжительностью рабочей смены в соответствии с графиком сменности. Обслуживающий персонал установки делится на четыре бригады. В течении дня задействованы 3 бригады, сменяющие друг друга посменно, четвертая бригада отдыхает. Составление графика смены проводится в соответствии с требованием ч. 2 ст. 103 ТК РФ. Длительность рабочего времени не превышает нормального числа рабочих часов, установленного трудовым законодательством (ч. 2 ст. 91, ч. 2 ст. 104 ТК РФ). Учитываются требования трудового законодательства о еженедельном непрерывном отдыхе не менее 42 часов в неделю (ст. 110 ТК РФ).

При нахождении места работы в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, предусматривается процентная надбавка к заработной плате (ст. 317 ТК РФ). Также для сотрудников предусмотрены районный коэффициент, размер которого зависит от территориального расположения места работы (ст. 316 ТК РФ).

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

Наблюдение и контроль за работой технологического оборудования производится из операторского пункта. Оператор большую часть времени находится за рабочим столом, используя персональный компьютер. Разработка эргономических требований к рабочей зоне оператора производится согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".

Важным фактором при организации рабочего места работника является рабочая поза. Для операторов рабочей позой является положение сидя, поэтому необходимо обеспечить каждое рабочее место сиденьем с правильной

конструкцией с устройством опоры для рук, ног, спины. Оптимальная конструкция сиденья способствует равномерному распределению массы тела. Кресло должно иметь подъемно-поворотный механизм и регулируемый наклон спинки и сидения.

Рабочее место оператора оборудовано соответствующим компьютерным столом. Его конструкция обеспечивает оптимальное расположение всех необходимых для работы оператора инструментов. Высота рабочей поверхности составляет 725 мм, стол имеет пространство для постановки ног.

Необходимые инструменты и материалы на рабочем месте располагаются в зависимости от частоты использования. Чем чаще работник обращается к рабочему инструменту, тем ближе данный инструмент находится. В зоне максимальной доступности оператора за рабочим местом находятся клавиатура и мышь, так как они являются основным инструментом оператора АСУ. Необходимая для работы документация находится в зоне легкой досягаемости ладони. Редко используемая литература – в выдвижных ящиках рабочего стола. Монитор находится в зоне максимальной досягаемости.

Данные эргономические требования соответствуют ГОСТ 22269-76 «Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования».

4.2 Производственная безопасность

В таблице 21 приведены основные опасные и вредные факторы на различных этапах работ с автоматизированной системой управления дожимной насосной станцией. Были выделены три основных этапа: разработка, эксплуатация, обслуживание. Также приведены нормативные документы, содержащие нормы и стандарты, относящиеся к рассматриваемым опасным производственным факторам. Таблица составлена согласно ГОСТ 12.0.003-15 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	Обслуживание	
1. Повышенный уровень шума в помещении	–	–	+	Шум на рабочих местах - СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [5];
2. Отклонение от норм параметров микроклимата	+	+	+	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [6];
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Освещение – СП 52.13330.2016 [7]; Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [8];
4. Опасность поражения электрическим током	+	+	+	Электромагнитное излучение – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10];
5. Электромагнитное излучение	+	+	–	

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия

Повышенный уровень шума в помещении

Шум – это совокупность звуков разной интенсивности и частоты, хаотично изменяющиеся во времени, которые возникают в следствии производственной деятельности. Борьба с шумом на предприятии является одним из самых сложных направлений работы инженеров по охране труда. Длительное пребывание человека в среде с повышенным уровнем шума приводит не только к частичной потере слуха, но и действует на структуры головного мозга. Вследствие чего у работников снижается разборчивость речи, появляются симптомы утомления, снижается производительность труда. Ниже приведена таблица 22 предельно допустимых уровней звука на рабочих местах.

Таблица 22 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА.

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Исходя из таблицы 22 можно сделать вывод, что допустимый уровень звука на рабочем месте варьируется в пределах от 50 до 80 дБА. Основным источником шума на ДНС являются электроприводы дожимных насосов. Однако, заявленный в паспорте, уровень звукового давления, создаваемый в процессе эксплуатации приводов, не превышает предельно допустимого звукового давления. Можно сделать вывод о том, что дополнительных мер по снижению уровня шума при эксплуатации системы не требуется.

В случае неисправности оборудования и превышения допустимого уровня звукового давления, следует воспользоваться средствами индивидуальной защиты и немедленно устранить причину повышенного шума.

Отклонение от норм параметров микроклимата

Микроклимат – комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен и здоровье организма человека, характеризуемый показателями температуры, влажности, подвижности воздуха. Санитарные нормы и правила призваны снизить пагубное влияние микроклиматических факторов на самочувствие, работоспособность и здоровье работников.

Деятельность оператора АСУ связана с нервно-эмоциональным и зрительным напряжением, большую часть времени он использует персональный компьютер с установленным программным обеспечением. Таким образом, работа оператора АСУ по степени физической нагрузки приравнивается к категории легких работ (Iб), а персональный компьютер является основным источником вредного воздействия на микроклимат помещения. Необходимо обеспечить в помещении оптимальные микроклиматические условия, установленные по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Данные условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение всей 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции. В таблице 23 приведены оптимальные параметра микроклимата на рабочем месте оператора АСУ в соответствии с категорией физической тяжести работы в холодный и теплый периоды года. В таблице 24 приведены допустимые величины показателей микроклимата.

Таблица 23 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах для работ категории Iб

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140 - 174)	(21 - 23)	(20 - 24)	(60 - 40)	0,1
Теплый	Iб (140 - 174)	(22 - 24)	(21 - 25)	(60 - 40)	0,1

Таблица 24 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	Iб (140 - 174)	(19,0 - 20,9)	(23,1 - 24,0)	(18,0 - 25,0)
Теплый	Iб (140 - 174)	(20,0 - 21,9)	(24,1 - 28,0)	(19,0 - 29,0)

В зимнее время года основным регулятором параметров температурно-влажностного состояния помещения является система отопления. Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата в зимнее время, необходимо провести расчет тепловой мощности на объем помещения. Для помещений из железобетона оптимальное значение тепловой мощности является 41 Вт/м^3 . Также, необходимо сократить теплопотери через строительные конструкции, а именно, обеспечить качественную термоизоляцию помещения.

В летнее время года при отсутствии кондиционерного оборудования в помещении устанавливается микроклимат близкий к внешней среде. Параметры такого режима опять же определяются степенью термоизоляции помещения и уровнем естественного воздухообмена в помещении. ПК является источником дополнительной тепловой энергии, его необходимо устанавливать в специальном отсеке компьютерного стола для снижения влияния его температуры на человека. При несоответствии микроклимата необходимо установить дополнительное кондиционерное оборудование для регулирования температурно-влажностного режима.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на качество работы, а также сказывается на зрении работника при длительной деятельности. Также, недостаточная освещенность может вызывать повышенное утомление и способно привести к развитию близорукости у персонала. При пребывании в условиях недостаточно освещенности снижается интенсивность обмена веществ человека. Однако, излишне яркий свет не позволит сосредоточиться на работе, снижая работоспособность, приводит к перевозбуждению нервной системы. Воздействие чрезмерно яркого освещения может вызвать серьезные заболевания с глазами, такие как, фотоожоги глаз, катаракты, кератиты и др.

Освещение делится на естественное и искусственное. Естественное освещение обусловлено солнечным светом, поступающим из вне через

остекленные светопроемы. Недостаток естественного освещения восполняется искусственным освещением, получаемым от осветительных приборов, которые находятся в помещении.

Оператор АСУ работает с документацией, необходимо отчетливо видеть текст технических документов не напрягая зрения. Также, необходимо оградить прямое попадание лучей света в глаза. Уровень оптимального освещения определяется степенью точности зрительных работ. Для пользователей ПК наименьший объект различения составляет от 0.5 до 1 мм. Таким образом, работа оператора относится к зрительной работе высокой точности. В таблице 25 приведены требования к освещению операторов ПК.

Таблица 25 – Требования к освещению рабочих мест с ПК

Освещенность на рабочем месте	(300 - 500) лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м ²
Прямая блесккость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Коэффициент пульсации	Не более 5 %

Из таблицы 25 видно, что показатель освещенности на рабочем месте у оператора АСУ должен быть не менее 300 люкс. Для достижения оптимального уровня освещенности, необходимо устанавливать искусственные источники света местного освещения. Предпочтительнее применять энергосберегающие лампы с белым светом, так как они не дают лишнее тепловое воздействие и белый свет является наиболее подходящим для глаз человека.

Опасность поражения электрическим током

Требования электробезопасности рассматриваемого объекта направлены на условия работы оборудования, при котором исключается появление электрической цепи через тело человека. При рассмотрении

электробезопасности ДНС, необходимо рассмотреть, как помещение оператора АСУ, так и машинный зал с технологическим оборудованием.

Так как в помещении операторов АСУ из электрического оборудования находятся только персональные компьютеры, данное помещение относится к категории помещений с использованием оборудования до 1000 В. Наиболее частые случаи электротравматизма - это касания рукой или другими частями тела корпусов компьютеров и дисплеев. Для предотвращения электротравматизма необходимо применять защитное заземление. Также это актуально и для машинного зала.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления. Заземляющее устройство является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования, не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.

Все сооружения установок, в зависимости от категории, должны быть надежно заземлены при помощи заземляющих устройств от прямых ударов, вторичных проявлений молнии и статического электричества.

Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению, присоединяется непосредственно к сети заземления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник заземляющих частей и электроустановок. На предприятиях нефтяной и газовой промышленности заряды статического электричества в большинстве случаев образуются при движении нефти, нефтепродуктов и газов по трубопроводам, при сливно-наливных операциях, заполнении емкостей, разбрызгивании или распылении, дросселировании потоков сжатых газов, пропаривании и других операциях.

Для защиты от накопления и проявления зарядов статического электричества на оборудовании, на теле человека и на перекачиваемых

веществах должны предусматриваться следующие меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов и предотвращение накопления заряда выше уровня 0.4 А/мин:

- отвод зарядов путем заземления корпусов оборудования и коммуникаций, а также обеспечение постоянного электрического контакта нефтепродуктов и тела человека с заземлением;
- отвод зарядов путем уменьшения удельных, объемных и поверхностных электрических сопротивлений.

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества должны объединяться со специальными устройствами заземления другого назначения или использовать естественные заземлители.

Электромагнитное излучение

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека. Электромагнитное излучение принципиально отличается от остальных вредных факторов тем, что распространяется во всех направлениях и оказывает воздействие не только на пользователя, но и на окружающих. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. В ряде экспериментов было обнаружено, что электромагнитные поля с частотой 60 Гц (возникающие вокруг линий электропередач, видеодисплеев и даже внутренней электропроводки) могут инициировать биологические сдвиги (вплоть до нарушения синтеза ДНК) в клетках животных. Следует отметить, что не только монитор, но и системный блок, и принтер - генерируют электромагнитное излучение в очень широком диапазоне частот. Но именно излучение монитора является более мощным. Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо

следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ рабочих местах.

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты.

4.3 Экологическая безопасность

Под экологической безопасностью понимают комплекс организационно-технических мер, направленных на защиту окружающей среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Нефтегазовые объекты отличаются наличием больших запасов нефти и газа, что обуславливает их опасность для экологии.

На площадке ДНС находятся сепараторы, отчищающие продукт скважин от воды и примесей. Появляется необходимость отводить сточные воды. Они должны передаваться организации, занимающейся очисткой сточных вод, по

специальному изолированному трубопроводу. Если сточные воды не соответствуют требованиям принимающей организации, то необходимо организовать их очистку в пределах предприятия с помощью специальных очистных сооружений. В данном случае специальная очистка не требуется, и сточные воды подаются обратно в скважину.

Основные мероприятия по охране окружающей среды включают в себя:

- полную герметизацию технологического оборудования;
- сбор и максимальное использование попутного нефтяного газа;
- полную утилизацию сточных вод;
- 100% контроль сварных швов соединений трубопроводов;
- защиту оборудования и трубопроводов от внутренней и наружной коррозии;
- автоматическое регулирование уровней и давления в аппаратах;
- аварийную сигнализацию предельных значений регулируемых параметров.

В случае нарушения технологического режима, связанного с авариями, в целях охраны окружающей среды предусматриваются следующие мероприятия:

- локализация аварийных разливов нефти;
- ограждение резервуаров бетонной стеной из дорожных плит, высотой 2 м;
- разделение бетонной ограждающей стеной резервуаров подготовки пластовой воды и аварийного резервуара;
- устройство бетонных площадок с бордюрным ограждением и дождеприемниками для сбора разлившейся нефти и загрязненных дождевых вод;
- обвалование факельной установки.

Продукты зачистки нефтепромыслового оборудования передвижными средствами вывозятся в шламонакопители товарного парка на установку по отмывке шламов и грунтов.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность

При эксплуатации ДНС во всех ее производственных помещениях возможно возникновение пожароопасной ситуации. Для обеспечения противопожарных мер, на площадке ДНС находятся пожарные гидранты. Также на территории ДНС в специальном складе хранения располагаются пожарные рукава, пожарные колонки. В резервуаре объемом 8 кубических метров хранится запас пенообразователя.

В соответствии с требованиями норм тушение пожаров на объекте обеспечивается передвижными средствами и первичными средствами пожаротушения.

Для тушения пожара на объекте предусмотрен комплекс мероприятий и средств пожаротушения. Для принятия мер по тушению пожара до прибытия подразделений Государственной противопожарной службы, имеется запас пожарно-технического оборудования. Система пожаротушения состоит из системы пожаротушения:

- пеной;
- водой.

Система пожаротушения пеной включает:

- генераторы пены;
- соединительные головки за обвалованием для присоединения пожарной техники;
- индивидуальные пенопроводы на отдельные объекты;
- пульт управления и мнемосхему в операторной с системой извещателей в очаге огня.

В насосных блоках и операторных имеются комплекты огнетушителей согласно норм и должностей. Здания, сооружения и наружные установки оснащены первичными средствами пожаротушения в соответствии с ППБ 01-2003 (правила пожарной безопасности в РФ) и ППБО-85 (правила пожарной

безопасности в нефтяной промышленности). Количество и тип огнетушителей выбран в соответствии с категорией здания по взрывопожарной опасности, предельно защищаемой площади и классу пожара. Для оснащения противопожарным инвентарем на территории объекта установлены пожарные щиты. Комплектация противопожарным инвентарем, выполнена согласно норм оснащения пожарных щитов типа ЩП-В.

Взрывоопасность

В связи с тем, что в технологических процессах есть процесс сепарирования, при котором выделяется газ, возможно утечка. Также взрывоопасными являются трубопроводы, перекачивающие газ на газоперерабатывающий завод. Для предотвращения аварий в первую очередь необходимо обрабатывать сваренные швы и места крепления газовых труб герметиком, также 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.

Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе были установлены основные вредные и опасные факторы, угрожающие жизни и здоровью оператора АСУ на рабочем месте. Были проанализированы следующие вредные факторы: повышенный шум, неблагоприятные микроклиматические условия, недостаточная освещенность, опасность поражения электрическим током. Были приведены нормативные документы по каждому из вредных факторов.

Были установлены основные угрозы экологической безопасности от технологического объекта. Разработаны меры минимизации влияния на людей и окружающую среду. Соблюдение предложенных мер позволит повысить

уровень безопасности рабочего места оператора до соответствования всем требованиям нормативных документов.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система управления дожимной насосной станцией. Был исследован и описан технологический процесс на ДНС и разработана структурная схема автоматизации. Было разработана техническое задание на разработку АСУ по ГОСТ 34.602-89. Согласно техническому заданию была разработана функциональная схема автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.208-2013. Для выбора средств автоматизации рассматривались преимущественно продукты российских компаний, чтобы увеличить экономическую эффективность предлагаемых решений. Были подобраны наиболее подходящие контрольно-измерительные приборы для использования в проекте автоматизации дожимной насосной станции. Также, была разработана схема информационных потоков, отображающая движение информационных пакетов в системе. Была создана математическая модель контура управления уровнем жидкости в нефтегазовом сепараторе, подобран оптимальный алгоритм управления, обеспечивающий приемлемые параметры переходного процесса. Была разработана мнемосхема для АРМ оператора с использованием среды MasterSCADA. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что применение автоматизированной системы управления на дожимной насосной станции обеспечивает бесперебойную и безопасную работу объекта. Благодаря модульности системы, ее компоненты можно заменять на аналогичные, при изменении технологического процесса.

Список литературы

1. Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 154 с
2. ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – Введ.1990-01-01.: Стандартиформ, 2009.–34 с.
3. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах – Введ.2014-11-01.: Стандартиформ, 2015.–27 с.
4. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ SIMATIC S7-1200. Технические характеристики [Электронный ресурс] / Каталог продукции Siemens// URL: <https://www.siemens-ru.com/taxonomy/term/17> – (Дата обращения: 26.05.2019)
5. Официальный сайт производственной компании Emerson Process Management [Электронный ресурс] / Emerson | Emerson RU// URL: <http://www.emerson.com> – (Дата обращения: 14.05.2019)
6. Официальный сайт ООО НПП «ЭЛЕМЕР» [Электронный ресурс] // URL: <https://www.elemer.ru/> – (Дата обращения: 14.05.2019)
7. Датчики давления Rosemount 2088 [Электронный ресурс] / Emerson | Emerson RU// URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/catalog-metran-ru-61762.pdf> – (Дата обращения: 20.05.2019)
8. Преобразователи давления измерительные АИР – 20/М2-Н [Электронный ресурс] / ЭЛЕМЕР | Научно-производственное предприятие // URL: https://www.elemer.ru/files/re/re_air_20h.pdf – (Дата обращения: 20.05.2019)
9. Преобразователи давления с HART протоколом ЭЛЕМЕР 100 [Электронный ресурс] / ЭЛЕМЕР | Научно-производственное предприятие // URL: https://www.elemer.ru/production/pressure/elemer_100.php#files – (Дата обращения: 20.05.2019)
10. Метран 280 датчики температуры с УВС для точных измерений [Электронный ресурс] / Emerson | Emerson RU// URL: <https://www.emerson.ru/ru/catalog/automation-solutions-ru-ru/measurement-instrumentation-ru-ru/temperature-ru-ru/metran-280-ru-ru> – (Дата обращения: 20.05.2019)
11. Термопреобразователи ТСПУ-205, ТСМУ-16 [Электронный ресурс] / ЭЛЕМЕР | Научно-производственное предприятие // URL:

https://www.elemer.ru/production/temperature/txxu/txxu_205n.php – (Дата обращения: 20.05.2019)

12. Уровнемеры поплавковые потенциометрические ЭЛЕМЕР-УПП-11 [Электронный ресурс] / ЭЛЕМЕР | Научно-производственное предприятие // URL: https://www.elemer.ru/files/catalog/glavi/upp_11.pdf – (Дата обращения: 20.05.2019)

13. Сапфир-22ДУ преобразователь уровня буйковый (уровнемер) [Электронный ресурс] / ГК «Теплоприбор» – разработка, производство и комплексная поставка контрольно-измерительных приборов и автоматики — КИПиА. // URL: <http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/catalog/sapfir-22du/> – (Дата обращения: 20.05.2019)

14. СКБ-01-Ех дискретный уровнемер [Электронный ресурс] / ГК «Теплоприбор» – разработка, производство и комплексная поставка контрольно-измерительных приборов и автоматики — КИПиА. // URL: <http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/catalog/skb-01-ex/> – (Дата обращения: 20.05.2019)

15. ОБЗОР РЫНКА РАСХОДОМЕРОВ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ./ М. М. Андреева, Н. А. Староверова, М. Б. Нурахметов./ Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №10.

16. ЭМИС-МАСС 260 расходомер массовый кориолисовый [Электронный ресурс] / ГК «Теплоприбор» – разработка, производство и комплексная поставка контрольно-измерительных приборов и автоматики — КИПиА. // URL: <http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/catalog/emis-mass-260/> – (Дата обращения: 20.05.2019)

17. Расчет и подбор трубопроводов. Оптимальный диаметр трубопровода [Электронный ресурс] / Компания ООО «Интех ГмбХ» // URL: http://intech-gmbh.ru/pipelines_calc_and_select/ – (Дата обращения: 20.05.2019)

18. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования/– Введ.1979-01-01.:ИПК Издательство стандартов, 2001.–9 с.

19. ГОСТ 21889-76. Система "Человек-машина". Кресло человекаоператора. Общие эргономические требования» (с Изменением N 1)/– Введ. 1977-07-01.: Издательство стандартов, 1993. –16 с.

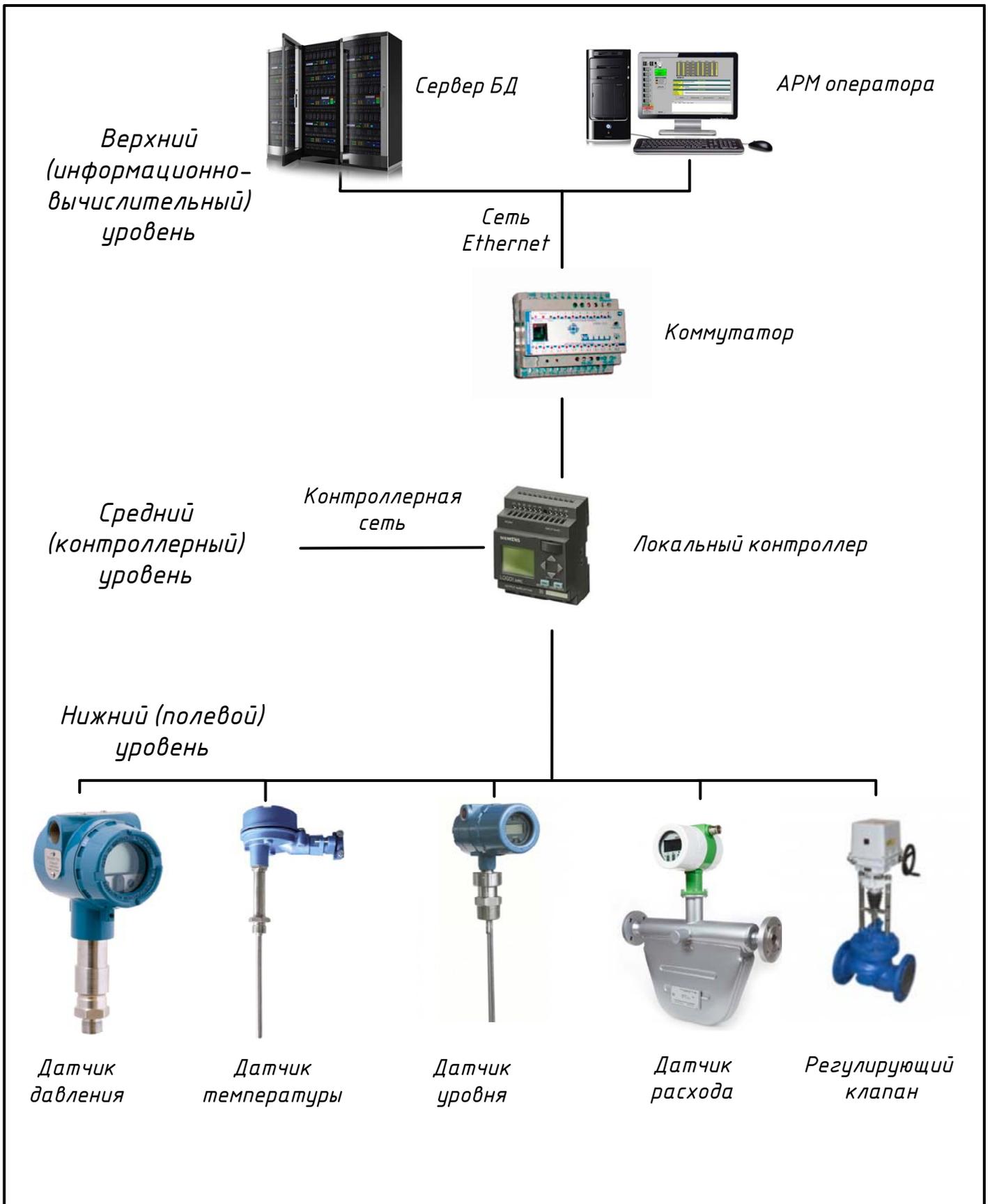
20. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования/– Введ. 1978-01-01.: Издательство стандартов, 1990. –3 с.

21. ГОСТ 12.0.003-2015/ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация/–Введ. 2017-03-01.: Стандартиформ, 2016.–9 с.
22. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности/–Введ. 1992-01-01.: ИПК Издательство стандартов, 2001.–9 с.
23. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений/– Введ. 1986-03-31.–20 с.
24. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования/– Введ. 2008-07-01.: Стандартиформ, 2010.–16 с.
25. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности/– Введ. 2015-11-01.: Стандартиформ, 2015.–24 с.
26. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация/– Введ. 1981-07-01.: ИПК Издательство стандартов, 2001.–4 с.
27. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты/– Введ. 2019-01-01.: : Стандартиформ, 2018.–16 с.
28. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1) /– Введ. 1982-07-01.: : ИПК Издательство стандартов, 2001.–10 с

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Структурная схема автоматизации

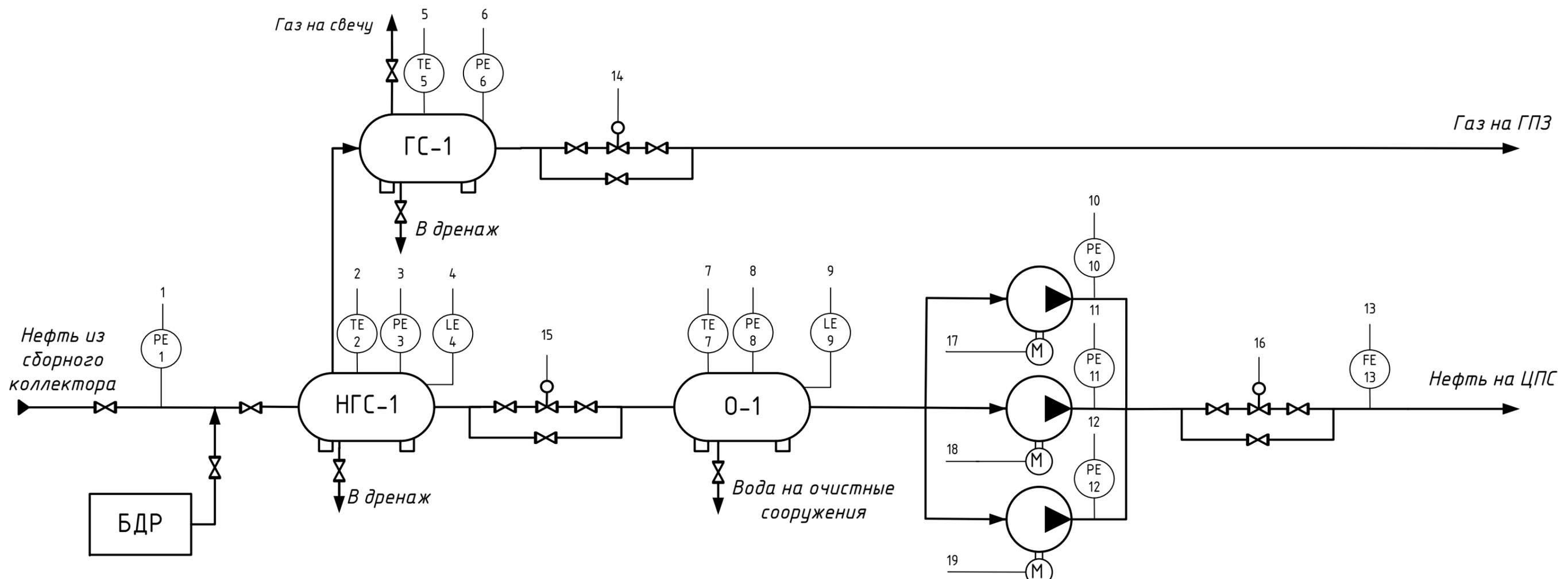


					ФЮРА.425280.001.ЭС.01					
					<i>Разработка АСУ дожимной насосной станции</i>			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				у		
Разраб.	Воронцов А. М.									
Провер.										
					<i>Структурная схема</i>			Лист	Листов	
Т.контроль										
Н.контроль								ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А		
Утв.										

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации



	1	2	3	4	15	5	6	14	7	8	9	16	10	17	11	18	12	19	13
	МПа	°C	МПа	м	°C	МПа	°C	МПа	°C	МПа	м	МПа	МПа	МПа	МПа	МПа	МПа	МПа	М³/час
Приборы по месту	PT 1-1	TT 2-1	PT 3-1	LT 4-1 ^H L	TT 5-1	PT 6-1	TT 7-1	PT 8-1	LT 9-1 ^H L	PT 10-1	PT 11-1	PT 12-1	PT 13-1						
Шкаф управления	PIRA 1-2	TIRA 2-2	PIRA 3-2	LIRA 4-2 LC 4-3	TIRA 5-2	PIRA 6-2	PC 6-3	TIRA 7-2	PIRA 8-2	LIRA 9-2 LC 9-3	PIRA 10-2	PC 10-3	PIRA 11-2	PC 11-3	PIRA 12-2	PC 12-3	PIRA 13-2		
SCADA	Телесигнализация	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Телеизмерение	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Телеуправление	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

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

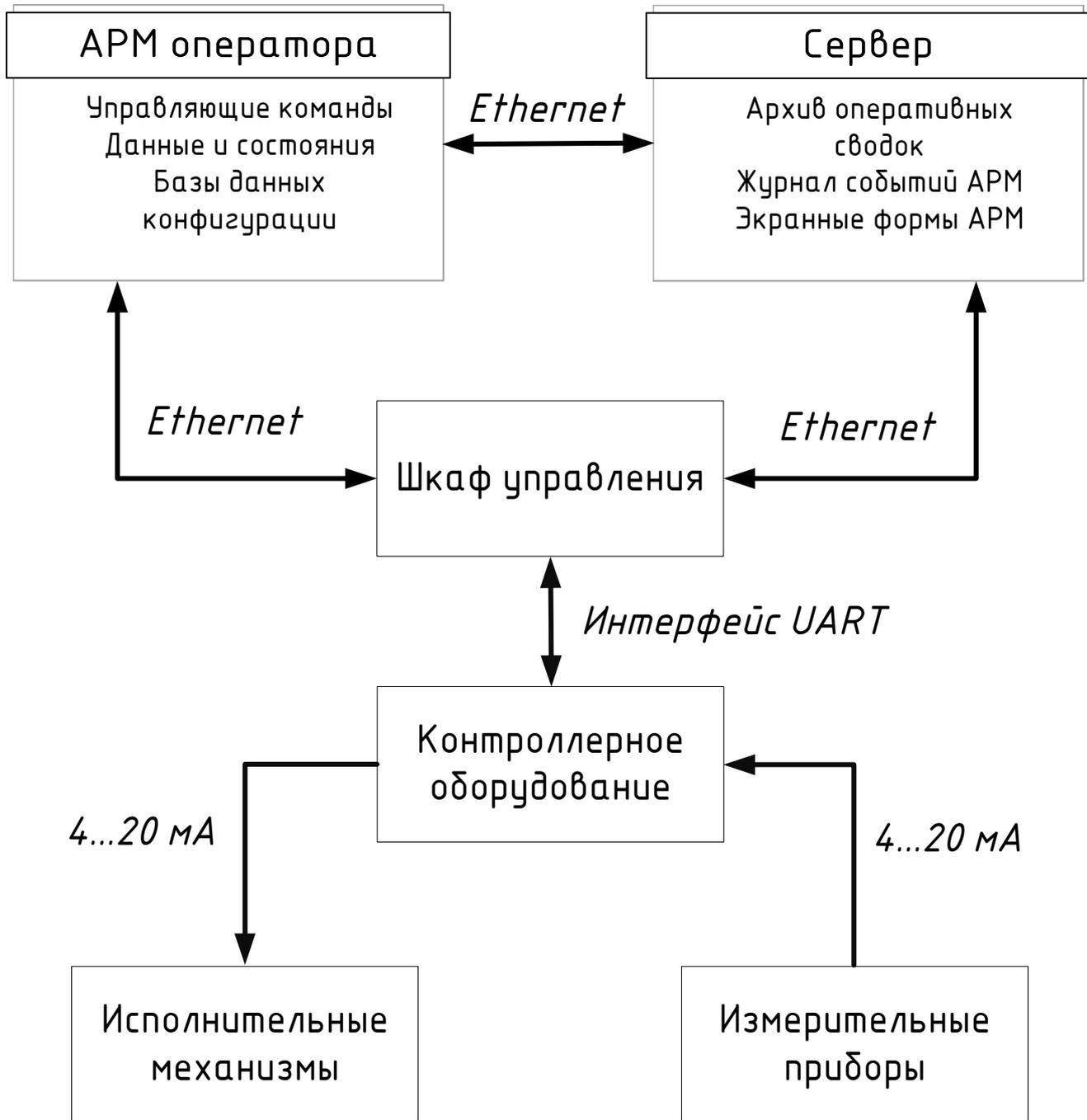
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Воронцов А.М.			
Проверил				
Т. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425280.002.С 2			
Разработка АСУ дожимной насосной станции	Лит	Масса	Масштаб
	у		
Функциональная схема автоматизации	Лист 1		Листов 1
	ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Структурная схема автоматизации



					ФЮРА.425280.001.ЭС.04					
					<i>Разработка АСУ дожимной насосной станции</i>			<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				у		
<i>Разраб.</i>		<i>Воронцов А. М.</i>								
<i>Провер.</i>										
<i>Т.контроль</i>					<i>Лист 1</i>		<i>Листов 1</i>			
					<i>Схема информационных потоков</i>			<i>ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А</i>		
<i>Н.контроль</i>										
<i>Утв.</i>										

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Мнемосхема

