

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления дожимной насосной станции

УДК 681.51-048.35:628.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Гуля Владислав Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Журавлев Денис Владимирович	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

Руководитель ОАР	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 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
8Т4А	Гуля Владиславу Васильевичу

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления дожимной насосной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: узел учета газа. Цель работы: повышение точностных и экономических характеристик автоматизированного узла учета газа. Режим работы: непрерывный.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводок; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранной формы АС; моделирование работы системы регулирования давления.
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; структурная схема;

	схема соединения внешних проводок; схема информационных потоков; экранная форма; дерево экранных форм; алгоритм управления узлом учета газа.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Журавлев Денис Владимирович	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Гуля Владислав Васильевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Гуля Владиславу Васильевичу

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Задача проектируемой системы проверка показателей качества и расхода газа. Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: повышенный уровень шума и вибрации, повышенный уровень электромагнитных излучений.</p> <p>Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток.</p> <p>Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</p>	<p>В ходе анализа производственной среды на предмет вредных факторов было выявлено следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шумов на рабочем месте. 2. Повышенный уровень вибрации. 3. Электромагнитные излучения.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов произведённой среды</p>	<p>Электрический ток (источником является датчики, исполнительные механизмы и другое электрооборудование автоматики)</p> <p>Взрыв и пожар (основным веществом, с которым работает УУГ, является газ, который является взрывоопасным и легко воспламеняемым веществом)</p>
<p>3. Охрана окружающей среды</p>	<p>Воздействие на гидросферу незначительное. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.</p>

	Воздействие на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.
Перечень графического материала:	
—	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Гуля Владислав Васильевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Гуля Владиславу Васильевичу

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Изучение информации, представленной в различных публикациях, нормативно-правовых документах, изданиях.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоёмкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Гуля Владислав Васильевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 79 страницах, содержит 16 рисунков, 28 таблиц, 21 источник литературы, 5 приложений.

Объектом исследования является дожимная насосная станция.

Целью работы является повышение точностных и экономических характеристик технологических процессов дожимной насосной станции, а также повышение оперативности сбора и передачи обслуживающему персоналу достоверной и своевременной информации.

В данной работе были приняты решения по автоматизации системы управления дожимной насосной станцией, выбору контроллерного оборудования, датчиков и исполнительных механизмов. В результате были разработаны алгоритмы автоматического управления, экранные формы технологических процессов, а также функциональная схема автоматизации, схема внешних проводок, схема информационных потоков и структурная схема.

Для выполнения работы использовались программные продукты Matlab R2017b, Microsoft Visio 2013, Siemens TIA Portal V13.

Выпускная квалификационная работа была выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

Ключевые слова: дожимная насосная станция, АСУ ТП, SCADA, Siemens, автоматическое регулирование, программируемый логический контроллер (ПЛК), отстойник, клапан с электроприводом.

Глоссарий

Автоматизированная система – это совокупность аппаратных и программных средств. АС используется при управлении процессами в рамках технологического процесса.

Архитектура автоматизированной системы – это совокупность организационных решений, а также набор интерфейсов и структурных элементов.

Интерфейс – это набор правил и средств, обеспечивающих нормальное взаимодействие между устройствами, программными системами и между системой и пользователями.

Программируемый логический контроллер – микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени

Протокол – это набор команд, позволяющих осуществить обмен и соединение между программируемыми устройствами.

Технологический процесс – это последовательные технологические операции, которые необходимы, чтобы выполнить определённый вид работ.

SCADA – это инструментальная программа, предназначенная для проектирования ПО АСУ.

OPC-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам OPC.

SQL – язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных.

Обозначения и сокращения

- АС – Автоматизированная система;
- АСУ – Автоматизированная система управления;
- АУУГ – Автоматизированный узел учета газа;
- АРМ – Автоматизированное рабочее место;
- АЦП – Аналого-цифровой преобразователь;
- БИЛ – Блок измерительных линий;
- БД – База данных;
- ИЛ – Измерительная линия;
- КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;
- ЛВС – Локальная вычислительная сеть;
- НС – Нержавеющая сталь;
- ПЛК – Программируемый логический контроллер;
- ПО – Программное обеспечение;
- ПУ – Поверочная установка;
- САУ – Система автоматического управления;
- СИ – Средства измерения;
- СОИ – Система сбора и обработки информации;
- ТП – Технологический процесс;
- ФСА – Функциональная схема автоматизации.

Содержание

Введение.....	13
1 Техническое задание.....	14
1.1 Назначение и состав дожимной насосной станции.....	14
1.2 Назначение системы.....	14
1.3 Цели создания системы.....	15
1.4 Требования к системе.....	15
1.4.1 Требования к техническому обеспечению.....	15
1.4.2 Требования к метрологическому обеспечению.....	16
1.4.3 Требования к информационному обеспечению.....	17
1.4.4 Требования к программному обеспечению.....	17
1.4.5 Требования к математическому обеспечению.....	18
1.4.6 Требования по стандартизации и унификации.....	18
2 Основная часть.....	19
2.1 Описание технологического процесса.....	19
2.2 Разработка структурной схемы.....	20
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	20
2.4 Разработка схемы информационных потоков.....	22
2.5 Выбор контроллерного оборудования.....	24
2.6 Выбор датчиков.....	26
2.6.1 Выбор датчика расхода.....	26
2.6.2 Выбор датчика давления.....	28
2.6.3 Выбор датчика температуры.....	30
2.6.4 Выбор уровнемера.....	31
2.7 Выбор исполнительных механизмов.....	33
2.8 Разработка схемы внешних проводок.....	35
2.9 Разработка алгоритмов управления.....	37
2.9.1 Алгоритм проверки сигнала с датчиков.....	37
2.9.2 Алгоритм сбора данных измерений.....	37
2.9.3 Алгоритм автоматического регулирования технологического параметра.....	39
2.10 Экранные формы АСУ.....	42
2.10.1 Разработка дерева экранных форм.....	42
2.10.2 Разработка экранной формы АСУ.....	43

3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	44
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	44
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	44
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	45
3.1.3	Технология QuaD	47
3.1.4	SWOT – анализ	48
3.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	53
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	53
3.2.2	Разработка графика проведения научного исследования	54
3.3	Бюджет научно-технического исследования.....	58
3.3.1	Расчет материальных затрат	58
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование	59
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	59
3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	60
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	60
3.3.6	Накладные расходы	61
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта б1	
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	62
4	Социальная ответственность	65
4.1	Введение.....	65
4.2	Надежность системы.....	65
4.3	Защита информации.....	68
4.4	Информирование диспетчера	70
	Заключение	72
	Список источников	73
	Приложения А	75
	Приложение Б.....	76
	Приложение В.....	77
	Приложение Г	78
	Приложение Д.....	79

Введение

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость выполняемых операций.

Дожимные насосные станции порой имеют огромную площадь территории. От рабочего места оператора до объекта, работу которого необходимо регулировать, можно добираться несколько минут, что может привести к нарушению работы системы или опасному событию.

Объектом исследования является дожимная насосная станция.

Целью работы является повышение оперативности сбора и передачи обслуживающему персоналу достоверной и своевременной информации, а также повышение точностных и экономических характеристик дожимной насосной станции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить и описать технологические процессы ДНС.
2. Разработать необходимую документацию.
3. Выбрать средства автоматизации.
4. Разработать алгоритмы управления технологическими процессами.
5. Разработать экранную форму АСУ ТП.

1 Техническое задание

1.1 Назначение и состав дожимной насосной станции

В случае недостаточной пластовой энергии в залежах, для транспортировки нефтегазовой смеси и воды на центральный пункт подготовки нефти (ЦППН) или установки предварительного сброса воды (УПСВ) используют дожимные насосные станции (ДНС). На ДНС с помощью насосов газу и нефти сообщается дополнительный напор и осуществляется их транспортировка через системы сбора и подготовки на высоконапорные участки.

В составе типовой ДНС предусматриваются следующие технологические объекты:

- нефтяные и газовые сепараторы;
- буферные и дренажные емкости;
- резервуары различного назначения;
- отстойники;
- печи;
- узлы учета газа и нефти;
- насосные станции для перекачки нефти и воды;
- электроздвижки и регулирующие клапаны.

1.2 Назначение системы

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) предназначена для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях, а также для своевременной остановки процесса при угрозе наступления аварийной ситуации и локализации аварии, при ее наступлении.

АСУ ТП должна решать следующие задачи:

- автоматический контроль и управление технологическими процессами дожимной насосной станции в режиме реального времени;

- повышать оперативность сбора, обработки и предоставления обслуживающему персоналу достоверной и своевременной информации. Осуществлять не только сбор, но и хранение информации в базах данных, контролировать доступ к данной информации;

- обеспечивать безопасность технологического процесса и его автоматическое переключение в безопасное состояние при возникновении или угрозе возникновения аварийных или опасных ситуаций;

АСУ ТП внедряется в действующую автоматизированную систему управления и улучшает технологические процессы.

1.3 Цели создания системы

Основные цели создания и внедрения АСУ ТП:

- обеспечение безопасности персонала и окружающей среды;
- улучшение качества управления технологическим процессом и оперативности действий персонала;
- сбор данных и их передача в корпоративные системы предприятия.

1.4 Требования к системе

Создаваемая АСУ ТП во всем должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» и требованиям раздела 1.4 технического задания [4].

1.4.1 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, установленное на открытых площадках, должно иметь устойчивость к воздействию температур в диапазоне от -50 до +50 °С и воздействию влажности до 80% при температуре 35 °С.

Весь программно-технический комплекс АС должен иметь возможность модернизации, наращивания и развития системы, для этого необходим резерв по каналам ввода/вывода не менее 30%.

Все датчики и исполнительные механизмы, используемые в системе, должны соответствовать требованиям взрывобезопасности. Их чувствительные элементы, в случае возможного соприкосновения с агрессивной средой, должны быть защищены разделителями сред или же выполнены из коррозионностойких материалов. Технические средства должны иметь степень защиты IP56 или выше. Все используемые датчики должны иметь следующие показатели надежности: срок службы не менее 10 лет; наработка на отказ не менее 100 тыс. часов.

Используемые программируемые логические контроллеры (ПЛК) должны иметь модульную архитектуру, для свободной компоновки каналов ввода/вывода. При нахождении датчиков во взрывоопасной среде необходимо использовать модули с искробезопасными цепями.

1.4.2 Требования к метрологическому обеспечению

Относительная погрешность измерения расходомера, используемого для измерения расхода нефти в трубопроводе, должна составлять менее 1%.

Основная приведенная погрешность для датчиков давления – не более 1%, для сигнализаторов вибрации и датчиков температуры – не более 0,2%.

Уровнемеры, устанавливаемые в сепараторах для измерения уровня нефти, должны иметь основную погрешность измерения не более 0,125%.

Средства измерения, используемые в системе, должны проходить первичную и периодическую поверки согласно требованиям нормативных документов: ГОСТ 8.279 для термометров, МИ 1997 для преобразователей давления, ГОСТ 8.321-2013 для уровнемеров [6][7][8].

Все требования данного раздела должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения», а выражение значений контролируемых параметров технологического процесса должно соответствовать ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин» [10][11].

1.4.3 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение - в автоматизированных системах - совокупность единой системы классификации и кодирования информации, унифицированных систем документации и информационных массивов.

По результатам проектирования необходимо предоставить:

- структуру, состав и способы организации данных в АС;
- описание процесса сбора, обработки и передачи информации внутри АС;
- информация по визуальному представлению данных.

Все данные, используемые в работе АСУ ТП, должны быть защищены от аварий и отказов каких-либо элементов системы, а также иметь резервные копии.

1.4.4 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) разрабатываемой системы должно быть совместимо с существующим ПО, используемым на объекте и отвечать требованию независимости. Другими словами, отсутствие каких-либо отдельных данных не должно оказывать никакого влияния на выполнение тех функций АСУ ТП, в работе которых эти данные не участвуют.

Программное обеспечение АС должно включать в себя: системное ПО, общее прикладное ПО, специальное прикладное ПО и инструментальное ПО.

Системное ПО – это операционные системы, которые устанавливаются на персональные компьютеры персонала объекта. Все технологические языки программирования, используемые в системе, должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3 [12].

Общее прикладное ПО обеспечивает выполнение стандартных функций, таких как: опрос, фильтрация, сигнализация, измерение и другие. Специальное прикладное ПО обеспечивает выполнение нестандартных функций АС, это могут быть специальные алгоритмы управления, расчеты и т.д.

ПО должно обеспечивать хранение архивов информации в течении следующего времени: для протоколов событий и трендов – 1 месяц; для отчетов

за несколько часов, смену или сутки – 3 месяца; для ежемесячных отчетов – 1 год.

1.4.5 Требования к математическому обеспечению

Организация математического обеспечения включает в себя: создание алгоритмов функционального назначения (обработка информации контроллерами) и разработка алгоритмов специального назначения.

Реализация функций первичной обработки аналоговых сигналов должна осуществляться с использованием стандартных алгоритмов масштабирования, линеаризации, сглаживания, фильтрации и усреднения.

Реализация функций автоматического регулирования должна осуществляться с использованием стандартного алгоритма ПИД-регулирования.

Все языки программирования, на которых реализуются задачи, связанные со сбором, хранением и представлением информации, выдачей управляющих воздействий, должны соответствовать требованиям стандарта IEC 61131-3.

1.4.6 Требования по стандартизации и унификации

Разрабатываемая система АСУ ТП должна быть универсально, это значит все входные и выходные сигналы должны быть унифицированные.

В АСУ ТП дожимной насосной станции используются следующие сигналы:

- входные и выходные аналоговые сигналы с токовыми значениями 4-20 мА;
- входные и выходные дискретные сигналы напряжением 24В;
- интерфейсы последовательной передачи данных RS-485 с протоколами передачи данных Modbus RTU и интерфейс Ethernet с протоколами передачи данных TCP/IP.

2. Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Технологическая схема ДНС представлена на рисунке 1. Дожимная насосная станция принимает газожидкостную смесь с кустов добывающих скважин, отделяет и утилизирует попутный газ, а после этого дегазированная сырая нефть транспортируется.

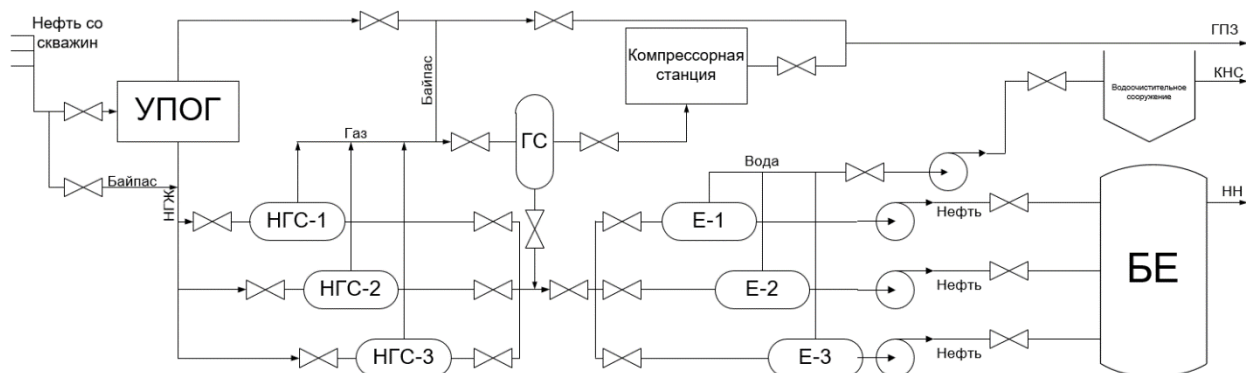


Рисунок 1 – Технологическая схема ДНС

Нефтегазосодержащая жидкость, поступающая со скважин, отправляется на УПОГ (установка предварительного отбора газа). Здесь из жидкости отбирается около 25-30% свободного газа, а затем она отправляется в нефтегазосепараторы (НГС). После первичного разделения на нефть газ и воду, нефть переходит в горизонтальные отстойники, где происходит обезвоживание, а после этого в буферные емкости, где происходит дегазация. С резервуарного парка частично подготовленная нефть поступает на прием насосов внешней перекачки и через оперативный узел учета отправляется в напорный нефтепровод.

Газ из нефтегазосепараторов переходит в газосепаратор для окончательной осушки, а после этого через компрессорную станцию и узел замера и регулирования сбрасывается на газоперерабатывающий завод (ГПЗ) и факела высокого и низкого давления.

Вода из отстойников при помощи трубопровода отправляется на водоочистное сооружение, где очищается от нефтепродуктов и взвешенных частиц. После очистки вода отправляется на кустовую насосную станцию (КНС).

2.2 Разработка структурной схемы

В Приложении А представлена структурная схема системы.

Автоматизированная система управления дожимной насосной станции является трехуровневой и состоит из нижнего (полевого) уровня, среднего (контроллерного) уровня и верхнего (информационно-вычислительного) уровня.

Первичные датчики и исполнительные устройства составляют нижний уровень. К ним относятся датчики температуры, датчики уровня, датчики давления, датчики скорости, а также клапаны с электроприводом.

Программно-аппаратные средства, построенные на программируемых логических контроллерах (ПЛК), составляют средний уровень. ПЛК, собирая и обрабатывая информацию с нижнего уровня, выполняет заложенные в него алгоритмы автоматического управления и регулирования. Также ПЛК обменивается данными с верхним уровнем, а именно отправляет необходимую информацию в пункт управления и выполняет команды, которые приходят с пункта управления.

Верхний уровень представляет собой средства дистанционного управления и контроля над технологическим процессом. Также здесь происходит сбор всех данных и их архивирование.

Датчики и исполнительные механизмы, находящиеся на нижнем уровне, взаимодействуют с ПЛК по каналам связи 4..20мА. Контроллеры соединяются с коммутатором верхнего уровня с помощью локальной сети Ethernet, точно также все объекты верхнего уровня соединены между собой.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

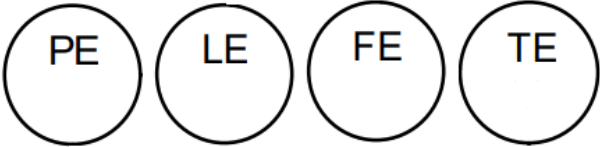
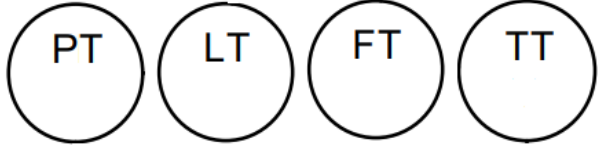
Функциональной схемой автоматизации является технический документ, определяющий функциональную блочную структуру отдельных узлов. Это узлы

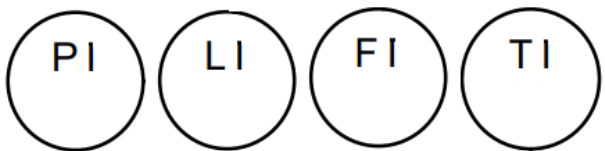
автоматического управления, регулирования и контроля технологического процесса. В функциональной схеме все элементы системы управления изображаются при помощи условных изображений, которые связаны в единую систему линиями функциональной связи. Процесс разработки ФСА решает следующие задачи:

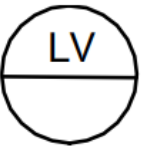
- контроль и регистрация состояния технологического оборудования и параметров процессов;
- управление технологическим процессом путем стабилизации его параметров и прямого воздействия на данный процесс;
- получение первичной информации о состоянии оборудования и состоянии технологического процесса.

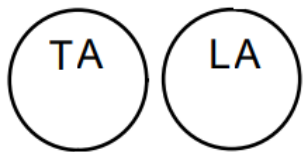
Соответствующим заданию была разработана функциональная схема автоматизации, которая удовлетворяет требованиям ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками)» Данная схема представлена в Приложении Б [14].

На функциональной схеме приведены следующие обозначения:

- 1)  Первичный измерительный элемент) для измерения преобразователь (чувствительный элемент) для измерения давления/уровня/скорости/температуры.
- 2)  Прибор для измерения давления/уровня/скорости/температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний установленный по месту.

- 3)  Прибор для измерения давления/уровня/скорости/температуры показывающий установленный по месту.

- 4)  Прибор для преобразования сигнала управляющего воздействия.

- 5)  Лампа, встроенная в прибор для сигнализации.

2.4 Разработка схемы информационных потоков

Составленная схема информационных потоков представлена в Приложении В.

На среднем уровне находят программируемые логические контроллеры, которые принимают данные с датчиков, находящихся на нижнем уровне, и передают эти данные на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора и в базу данных АСУ ТП. В свою очередь с АРМ оператора на ПЛК приходят запросы и управляющие команды. Управляющие команды обрабатываются ПЛК и передаются на исполнительные механизмы. Все действия оператора регистрируются в базе данных АСУ ТП, оператор же может получать информацию из базы данных посредством SQL запросов. База данных информационной сети постоянно архивирует данные с базы данных АСУ ТП и предоставляет эти данные диспетчеру по запросам SQL. Все параметры, которые передаются в локальную вычислительную сеть, имеют свой уникальный идентификатор, состоящий из символьной строки. Структура сигналов для датчиков имеет следующий вид: «AAA_BBB_CCC», где:

- AAA – параметр, который может принимать значения: PRS – давление, TMP – температура, CON – расход, LVL – уровень;
- BBB – код аппарата или объекта, который может принимать следующие значения: SE1/2/3 – отстойники, VTR – водоочистное сооружение,

BFF – буферная емкость, NA1/2/3/4 – насосные агрегаты, BGN – входящий трубопровод;

- СС – уточнение или примечания, например, Н-достигнут верхний допустимый уровень, НН – достигнут верхний предельный уровень.

Ниже приведена таблица входных сигналов.

Таблица 1 – Кодировка сигналов в системе SCADA

Кодировка	Тип данных	Наименование
PRS.NA1	REAL	Давление на входе насоса 1
PRS.NA2	REAL	Давление на входе насоса 2
PRS.NA3	REAL	Давление на входе насоса 3
TMP.BFF	REAL	Температура нефти в буферной емкости
TMP.BFF.H	BOOL	Достигнуто верхнее допустимое значение температуры в буферной емкости
TMP.BFF.HH	BOOL	Достигнуто верхнее предельное значение температуры в буферной емкости
CON.NA4	REAL	Расход воды на входе насоса 4
CON.BGN	REAL	Расход нефти на входящем трубопроводе
LVL.SE1	REAL	Уровень жидкости в отстойнике 1
LVL.SE2	REAL	Уровень жидкости в отстойнике 2
LVL.SE3	REAL	Уровень жидкости в отстойнике 3
LVL.VTR	REAL	Уровень воды в водоочистном сооружении
LVL.VTR.H	BOOL	Достигнут верхний допустимый уровень воды в водоочистном сооружении
LVL.VTR.HH	BOOL	Достигнут верхний предельный уровень нефти в буферной емкости
LVL.BFF	REAL	Уровень воды в водоочистном сооружении
LVL.BFF.H	BOOL	Достигнут верхний допустимый уровень нефти в буферной емкости

LVL.BFF.HH	BOOL	Достигнут верхний предельный уровень нефти в буферной емкости
------------	------	---

2.5 Выбор контроллерного оборудования

В ходе работы рассматривались контроллеры HITACHI EH-150, Allen Bradley SLC 500 и SIEMENS SIMATIC S7-300.

Технические параметры, по которым сравнивались данные контроллеры, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение контроллерного оборудования

Технические параметры		SLC 500 Allen Bradley	HITACHI EH-150	Siemens SIMATIC S7-300
Встроенная память, RAM		1 Мбайт	64Кбайта	256 КБайт
Дополнительная память (микро-карта памяти Flash-EPROM)		До 4 Мбайт	до 8 МБайт	до 8 МБайт
Время выполнения (min)	булевы операции/ операций со словами	2,4/4мкс	0,15/0,3мкс	0,1/0,2 мкс
	арифметических операций с фиксированной/ плавающей точкой	8 мкс	2 мкс	3 мкс
Адресное пространство ввод/вывод	дискретные IO/ аналоговые IO	До 1024/256	до 1024/256	до 16384/1024
Используемые интерфейсы		RS 485, RS 232, Modbus, Ethernet	PROFIBUSDP, INTERBUS-S, CANOPEN, ASI	RS 485, PROFINET, Ethernet
Напряжение питания	номинальное	24В	24В	24В
	допустимое	18...31,6 В	21,6...26,4 В	20,4...28,8 В
Потребляемый ток	номинальный	95мА	0.4 А	0,8 А
Потребляемая мощность, Вт		2,28	3	3,5
Габариты ШxВxГ, мм		100 x 32 x 93	60 x 100 x 95	80x125x130
Масса, кг		0,205	0,18	0,46
Диапазон рабочих температур, °С		0...+60	0-55	-40...+70

Степень защиты по ip	ip65	ip56	ip65
----------------------	------	------	------

В результате исследования выбран контроллер SIMATIC S7-300, который будет использоваться для управления и контроля процессов ДНС при проектировании системы автоматического регулирования. На выбор повлияли следующие преимущества:

- широкий диапазон рабочих температур и высокая степень пылезащиты позволяет использовать контроллер в условиях сурового климата;
- контроллер поддерживает все стандартные форматы данных и сетевых протоколов;
- контроллер многофункционален, имеет высокую автономность и производительность;
- приемлемая цена контроллера и его обслуживания.

Для системы автоматизированного управления ДНС используем два ПЛК Siemens SIMATIC S7-300, которые будут взаимодействовать на базе интерфейса Ethernet. Один контроллер является основным, второй – резервным. На рисунке 2 изображен ПЛК состоящий из процессорного модуля и модулей аналоговых и дискретных вводов/выводов.



Рисунок 2 - Siemens SIMATIC S7-300

Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300 - предназначен для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция контроллера S7-300, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, высокое удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения оптимальных решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в различных областях промышленного производства.

2.6 Выбор датчиков

2.6.1 Выбор датчика расхода

В процессе работы ДНС необходимо отслеживать расход нефти, которая обладает следующими характеристиками:

- Плотность нефти – 836 кг/м^3

- Вязкость нефти – 5,9 мм²/с
- Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76 – 3
- Температура самовоспламенения – 250 °С
- Рабочее давление в трубопроводе не более 6 МПа.

Заранее было решено использовать кориолисовы расходомеры, которые имеют ряд преимуществ, таких как:

- Высокая точность работы;
- Могут устанавливаться перед или после криволинейных участков;
- При использовании резиновых подставок-прокладок смена давления и температуры рабочей среды, а также вибрация трубопровода не повлияют на надежность работы прибора;
- У кориолисовых расходомеров большой срок службы, потому что в них отсутствуют изнашивающиеся и движущиеся элементы;
- Расходомеры предназначены для измерения расхода сред, которые обладают высокой вязкостью.

В таблице 3 представлены основные критерии, по которым осуществлялся выбор.

Таблица 3 – Сравнительный анализ расходомеров

Критерий	Micro Motion R-series	ЭМИС-МАСС 260
Предел допускаемой погрешности	0,2%	0,25%
Наличие взрывозащищенного исполнения	Да	Да
Устойчивость к окружающим температурам	-50..+80 °С	-40..+65 °С
Срок службы	12 лет	6 лет

Степень защиты от пыли и воды	IP-65	IP-65
Цена	От 105 тыс. руб.	От 100 тыс. руб.

Как мы видим, по всем необходимым параметрам расходомер Micro Motion R-series (рисунок 3) подходит для данной задачи. Относительно небольшая погрешность измерения, высокий температурный диапазон к окружающей среде, а также высокий срок службы компенсирует небольшую разницу в цене. Данные расходомеры поддерживают выходной сигнал 4..20мА, который используется в разрабатываемой системе.



Рисунок 3 – Micro Motion R-series

2.6.2 Выбор датчика давления

Был проведен сравнительный анализ датчиков давления Метран-75, Сапфир-22М и КВАРЦ-2. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительный анализ датчиков давления

Критерий	КВАРЦ-2	Метран-75	Сапфир-22М
Диапазон пределов измерений, МПа	0-100	0-25	0-10
Предел допускаемой погрешности	0,1%	0,075%	0,25%
Выходной сигнал	4..20мА	4..20мА	4..20мА
Наличие взрывозащищенного исполнения	Да	Да	Нет
Срок службы	6 лет	12 лет	12 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP-54	IP-66	IP-56
Цена	От 17 тыс. руб.	От 17 тыс. руб.	От 20 тыс. руб.

Для измерения давления был выбран датчик Метран-75 (рисунок 4), который имеет малую погрешность, хорошую степень защиты от воды и пыли, а также высокий срок службы. Датчик поддерживает необходимый сигнал 4..20мА, его можно приобрести во взрывозащищенном исполнении.



Рисунок 4 – Метран-75

Датчик состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. Сенсорный модуль состоит из измерительного блока и платы аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал. В измерительном блоке используется тензорезистивный модуль на кремниевой подложке. Чувствительным элементом тензомодуля является пластина из кремния с пленочными тензорезисторами.

2.6.3 Выбор датчика температуры

В процессе работы дожимной насосной станции необходимо отслеживать температуру нефти в буферной емкости, для этого был выбран датчик Метран-274. В таблице 5 представлен сравнительный анализ датчиков температуры.

Таблица 5 – Сравнительный анализ датчиков температуры

Критерий	Метран-274	WIKА TR50
Предел допускаемой погрешности	0,25%	0,3%
Наличие взрывозащищенного исполнения	Да	Да
Диапазон измеряемых температур	-150..+300 °С	-50..+250 °С
Устойчивость к окружающим температурам	-45..+85 °С	-40..+60 °С
Срок службы	5 лет	5 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP-65	IP-65

Цена	От 2500 руб.	От 3000 руб.
------	--------------	--------------

Метран-274 (рисунок 5) преобразует сигнал первичного преобразователя температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока при помощи измерительного преобразователя, вмонтированного в головку первичного преобразователя.



Рисунок 5 – Метран-274

2.6.4 Выбор уровнемера

Для корректной работы нефтяных отстойников необходимо осуществлять постоянный контроль за уровнем жидкости. В таблице 6 были рассмотрены уровнемеры Rosemount 3300 и OPTIFLEX 1300C.

Таблица 6 – Сравнительный анализ датчиков уровня

Критерий	Rosemount 3300	OPTIFLEX 1300C
Предел допустимой погрешности	0,1%	0,3%
Наличие взрывозащищенного исполнения	Да	Да
Выходной сигнал	4..20мА	4..20мА

Устойчивость к окружающим температурам	-45..+85 °С	-40..+80 °С
Срок службы	20 лет	10 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP-67	IP-66
Цена	От 50000 руб.	От 80000 руб.

Для измерения уровня был выбран волновой радарный уровнемер Rosemount 3300 (рисунок 6), который имеет более низкую погрешность измерения, лучше защищен от воды и срок службы которого составляет 20 лет, что является отличным показателем качества.



Рисунок 6 – Rosemount 3300

Уровнемеры Rosemount 3300 – интеллектуальные устройства, которые предназначены для постоянного измерения уровня и раздела сред в резервуаре. Принцип действия основан на технологии рефлектометрии с временным разрешением (TDR=Time Domain Reflectometry). Радиоимпульсы направляются

вниз по зонду, который погружен в измеряемую среду. При достижении поверхности измеряемой среды, часть радиоимпульса отражается и поступает обратно в приёмник. Интервал времени между моментом передачи и приёма радиоимпульса пропорционален расстоянию до поверхности (уровню).

2.7 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительным устройством называют устройство, непосредственно реализующее управляющее воздействие на объект управления со стороны регулятора с помощью перемещения регулирующего органа. В итоге регулирующее воздействие, производимое исполнительным устройством, стабилизирует регулируемую величину путем изменения процесса в заданном направлении.

В процессе обезвоживания нефти важно поддерживать постоянный уровень жидкости в отстойнике. Для этого необходимо регулировать подачу жидкости в отстойник, что можно осуществить при помощи клапана с электроприводом.

Для того чтобы выбрать клапан, необходимо сделать расчет нужной пропускной способности клапана Kv ($\text{м}^3/\text{час}$), для этого можно воспользоваться формулой:

$$Kv = Q_{max} * \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}, \quad (1)$$

где Q_{max} – максимальное значение расхода ($700 \text{ м}^3/\text{час}$);

Δp_0 – потеря давления на клапане ($1 \text{ кгс}/\text{см}^2$);

Δp – разность давлений в трубопроводе до клапана и после клапана ($0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$);

ρ – плотность среды ($836 \text{ кг}/\text{м}^3$);

ρ_0 – плотность воды ($1000 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Подставив данные, мы определим, что пропускная способность клапана составит не менее $450 \text{ м}^3/\text{час}$.

Далее необходимо определить требуемую минимальную пропускную способность клапана, она должна быть больше или равна нужной пропускной

способности клапана, умноженной на 1,3. Таким образом $Kvs \geq 580 \text{ м}^3/\text{час}$. Диаметр трубопровода будем считать равным 250мм.

Исходя из выясненных условий был выбран клапан регулирующий под электропривод с сальниковым уплотнением штока – РУСТ 510-2 (рисунок 7). Он имеет следующие характеристики:

- Условный проход ДУ – 250 мм;
- Пропускная способность – $1000 \text{ м}^3/\text{час}$;
- Протечка через закрытый клапан – 0,05%;
- Температура регулируемой среды – $-60..+550 \text{ }^\circ\text{C}$.



Рисунок 7 – Клапан РУСТ 510-2

Для управления клапаном был выбран прямоходный электропривод SIPOS 5 FLASH 2SB5 (рисунок 8).



Рисунок 8 – Электропривод SIPOS 5 FLASH

Данный электропривод выполнен во взрывозащищенном исполнении, а также имеет класс защиты IP-67 и температурный диапазон -40..+60 °С.

Монтаж клапана и электропривода осуществляется фланцевым соединением.

2.8 Разработка схемы внешних проводов

Схема внешних проводов представлена в Приложении Г. На ней обозначены следующие датчики:

- Уровнемеры Rosemount 3300;
- Датчик температуры Метран-274;
- Датчики давления Метран-75;
- Расходомеры Micro Motion R-series.

Все датчики имеют унифицированные выходные токовые сигналы 4..20 мА. На щит КИПиА сигнал подается от датчиков по кабелям.

В данной системе был выбран кабель КВВГЭнг (рисунок 9) пятижильный и десятижильный с толщиной жилы 2,5мм.

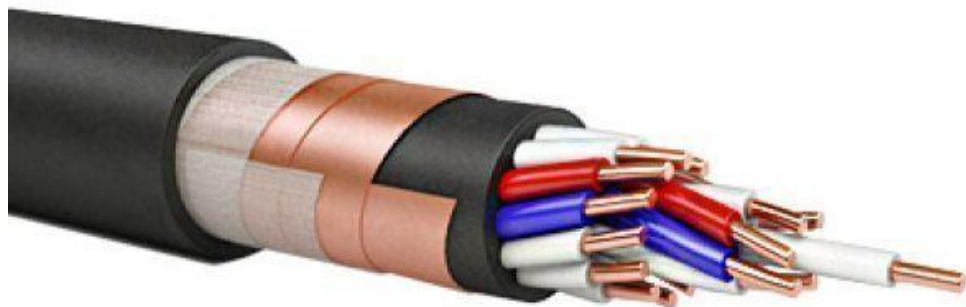


Рисунок 9 – Кабель КВВГЭнг

Обозначение кабеля расшифровывается как:

- К – кабель контрольный;
- ВВГ – с медной жилой, а также внутренней и внешней изоляцией из поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката;
- Э – экранированный;
- Нг – низкая пожароопасность [22].

Кабель данной марки используется для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, а также в условиях агрессивной среды, при отсутствии механических воздействий на кабель. Наличие экрана означает, что кабель не только не распространяет собственные электромагнитные поля, но и защищен от всяческих воздействий внешних помех. Необходимо прокладывать в специальных трубах, для того чтобы ограничить механическое воздействие на кабель.

Кабель КВВГ предназначен для соединений с различными электроприборами и аппаратурой с переменным напряжением до 660 В с частотой до 100 Гц или с постоянным напряжением до 1000 В. Диапазон рабочий температур для данного кабеля составляет -50..+50 °С.

2.9 Разработка алгоритмов управления

2.9.1 Алгоритм проверки сигнала с датчиков

Перед запуском какой-либо части дожимной насосной станции после ремонта, резервации или технического обслуживания необходимо убедиться, что все датчики находятся в рабочем состоянии. Для этого все токовые сигналы, поступающие с датчиков, проверяются на попадание в диапазон стандартного сигнала 4..20мА. В случае непопадания хотя бы одного сигнала в нужный диапазон оператор будет извещен о неисправности датчика. Если же все датчики работают корректно, то произойдет запуск технологического процесса.

2.9.2 Алгоритм сбора данных измерений

На данном этапе был разработан алгоритм сбора данных с канала измерения температуры нефти в буферной емкости. Алгоритм представлен на рисунке 10.

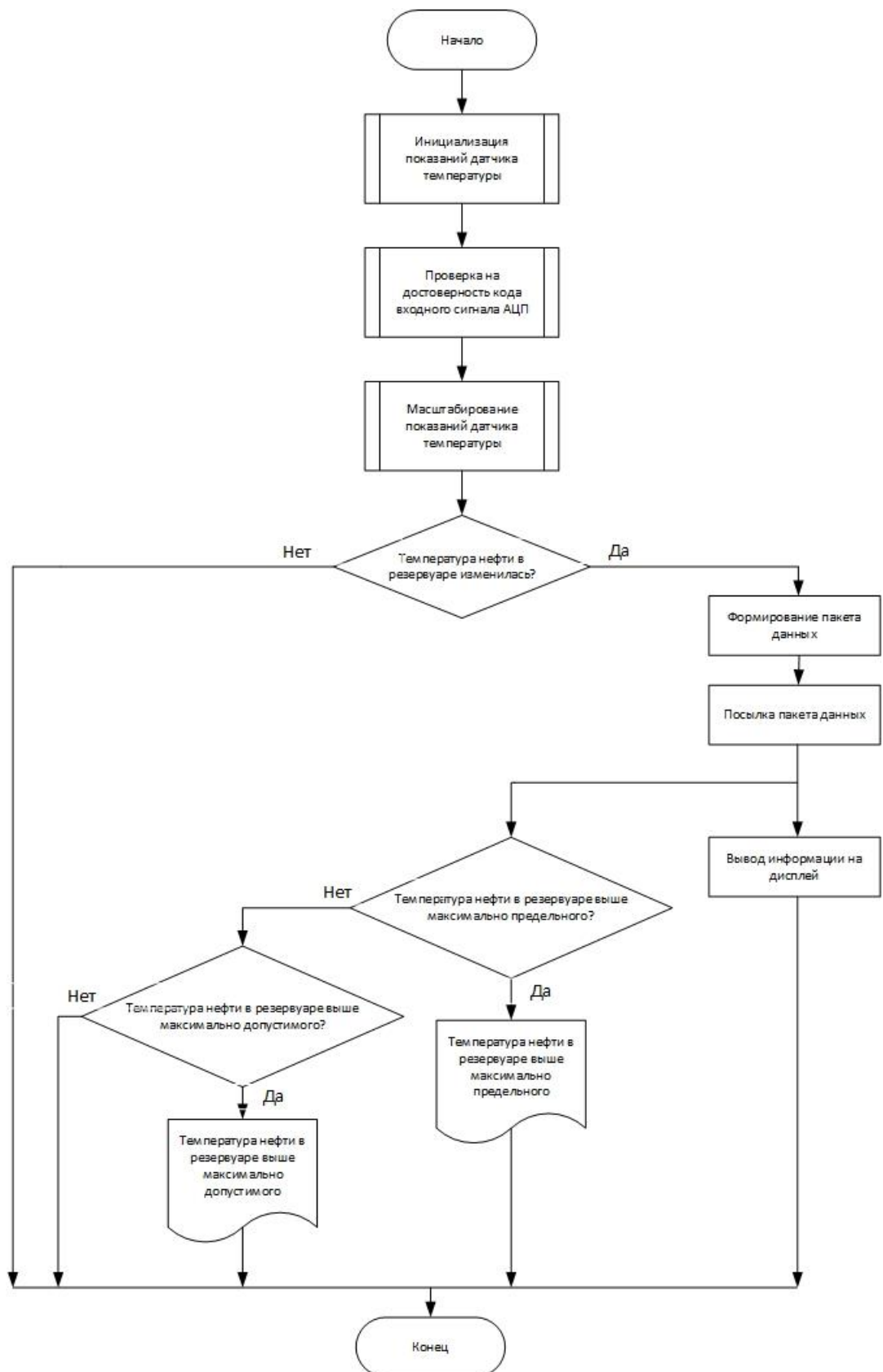


Рисунок 10 – Алгоритм сбора данных измерений

2.9.3 Алгоритм автоматического регулирования технологического параметра

В качестве основного регулируемого технологического параметра на дожимной насосной станции выступают уровни жидкости в отстойниках. Для того, чтобы происходило разделение на нефть и воду необходимо постоянно поддерживать определенный уровень жидкости в отстойнике. Для осуществления этой задачи будем использовать алгоритм ПИД-регулирования.

Основные элементы схемы – ПЛК с ПИД-регулятором, объект управления и регулирующий орган.

Полученная функциональная схема представлена на рисунке 11.

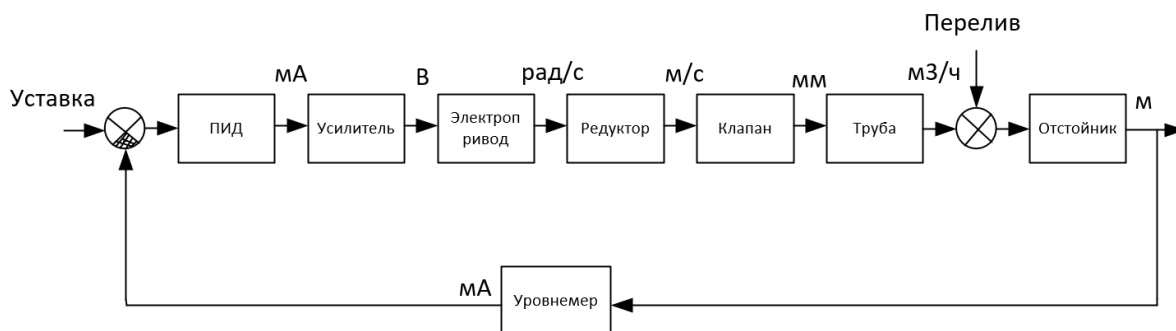


Рисунок 11 – Функциональная схема автоматизации

Блок преобразователя представляет собой устройство, преобразующее сигнал с ПИД-регулятора в сигнал с параметрами, заданными исполнительным устройством. Представим усилитель как пропорциональное звено с коэффициентом примерно равным 20. Это обусловлено размерностями вход/выходных параметров.

Передаточные функции элемента трубопровода и электропривода представлены апериодическими звеньями первого порядка и равны:

$$W_{\text{труба}} = \frac{1}{0,015s+1} \quad (2)$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{2}{0,02s+1} \quad (3)$$

Редуктор – элемент, преобразующий угловую скорость электропривода в линейную, исходя из технических данных электропривода, передаточная

функция редуктора будет описываться пропорциональным звеном с коэффициентом 0,001.

Клапан, получая на вход линейную скорость, выдает на выходе расстояние, на которое он приоткрылся, это значит, что его передаточная функция будет представлять собой идеальное интегрирующее звено.

Представим отстойник, как емкость, объем которого можно посчитать по формуле:

$$V = S * h, \quad (4)$$

тогда его передаточная функция может быть представлена интегратором:

$$W_{\text{отст}} = \frac{k_o}{s}, \quad k_o = \frac{1}{S}. \quad (5)$$

Зная все переходные функции можно приступить к моделированию процесса регулирования при помощи программного пакета Simulink. Структурная схема представлена на рисунке 12.

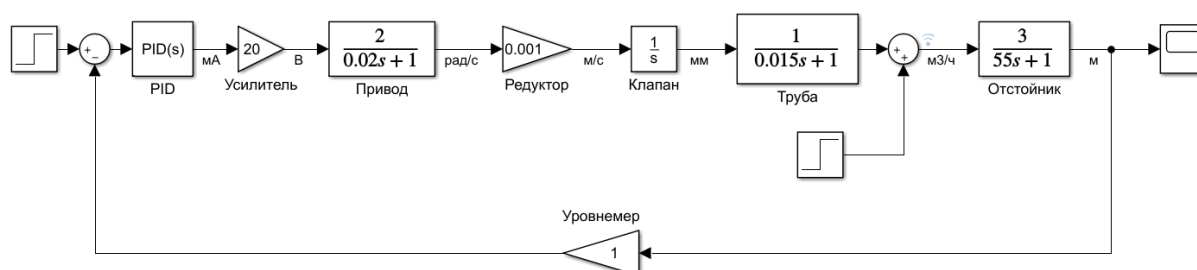


Рисунок 12 – Модель алгоритма ПИД-регулирования в пакете программ MathLab

Несмотря на то, что в модели присутствует возмущение, которое может быть вызвано резким увеличением потока жидкости, настройку ПИД-регулятора проведем без учета возмущения.

Для определения коэффициентов ПИД-регулятора воспользуемся автоматической настройкой в Simulink. Эта функция позволяет подобрать время переходного процесса и перерегулирование для заданной системы. В ходе автоматической настройки было выяснено, что если взять интегрирующую

составляющую равную нулю, то перерегулирование для данной системы также станет равным нулю. Т.е. в данном случае вместо ПИД-регулятора будет лучше использовать ПД-регулятор с коэффициентами, изображенными на рисунке 13.

Proportional (P):	<input type="text" value="0.3517312105324"/>	⋮
Derivative (D):	<input type="text" value="25"/>	⋮

Рисунок 13 – Коэффициенты ПД-регулятора

На рисунке 14 представлен переходный процесс при заданных коэффициентах и реакция системы на возмущение.

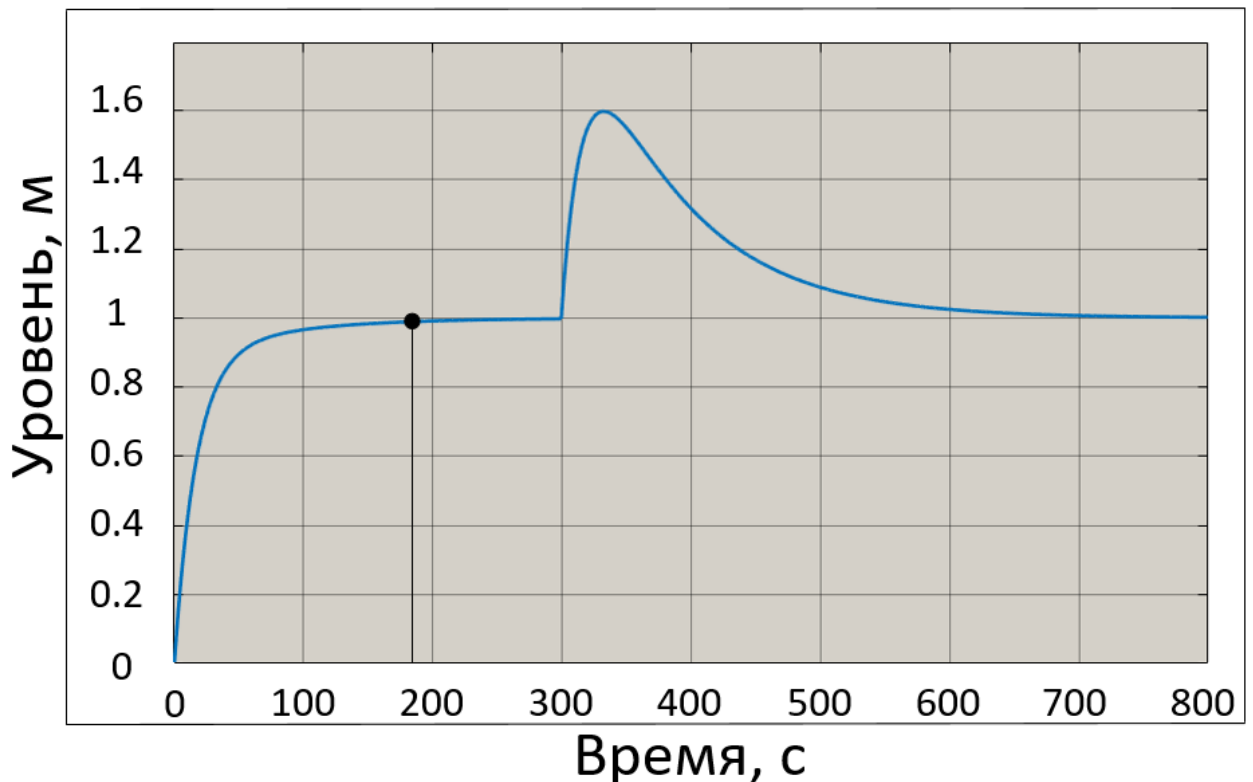


Рисунок 14 – Переходный процесс

Таким образом, время переходного процесса равно 183 секунд, что нормально, т.к. необходимо набрать в емкость большой объем жидкости, а перерегулирование отсутствует. Также система справилась с возмущением и вернулась к заданному значению уровня жидкости.

2.10 Экранные формы АСУ

2.10.1 Разработка дерева экранных форм

Для оперативного оповещения оператора о ходе технологического процесса были разработаны типовые экранные формы и дерево экранных форм (рисунок 15). При запуске проекта система потребует авторизации пользователя путем ввода личного логина и пароля. В случае успешной авторизации на экране появится мнемосхема основных объектов дожимной насосной станции. С данной экранной формы пользователь может перейти на экранные формы «Нефтегазовые сепараторы», «Установка предварительного отбора газа» или «Газосепаратор и компрессорная станция». Для этого нужно нажать на прямоугольную область с соответствующим названием. Также с каждой из перечисленных выше экранных форм можно перейти в «Журнал событий», «Журнал аварий» и «Тренды». В каждой из этих вкладок можно отсортировать информацию по отдельным объектам ДНС либо просмотреть общую информацию. На экранной форме «Тренды» пользователь может на графиках посмотреть зависимость выбранных параметров от времени.

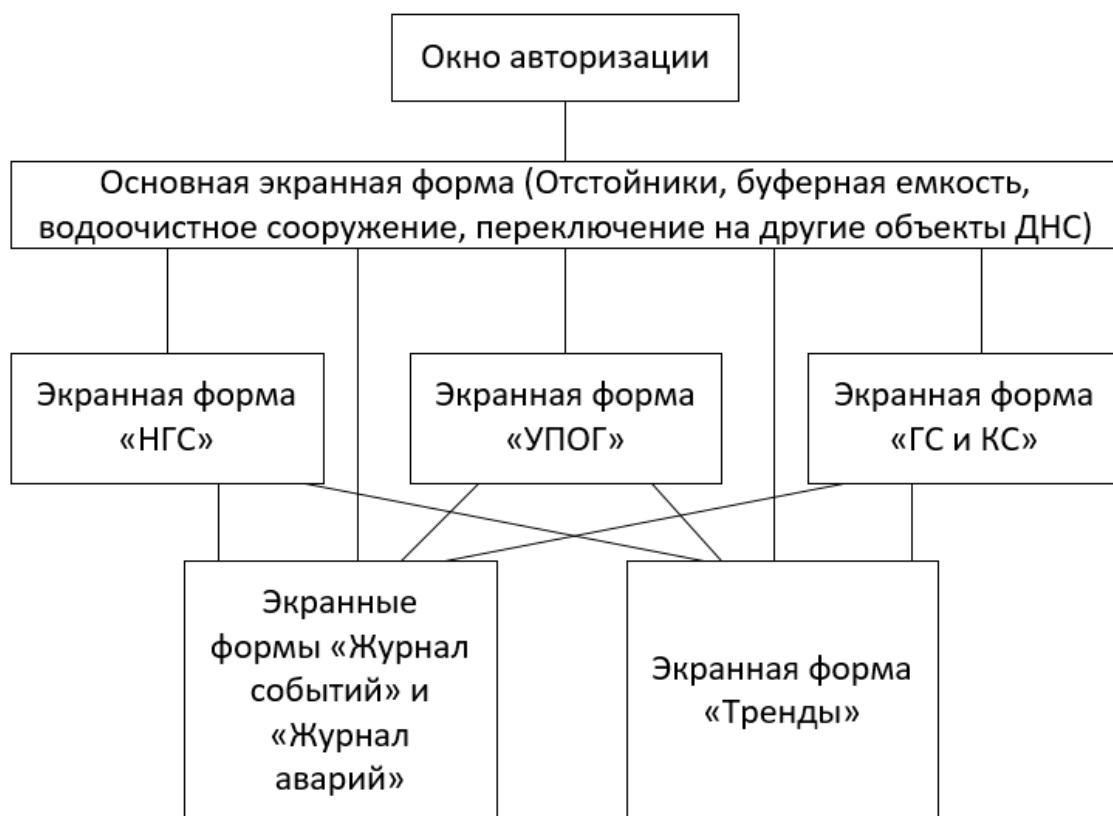


Рисунок 15 – Дерево экранных форм

2.10.2 Разработка экранной формы АСУ

В Приложении Д представлена разработанная основная экранная форма. На ней находятся кнопки для перехода к другим экранным формам, отстойники, буферная емкость и водоочистное сооружение (рисунок 16). Оператор может получить здесь данные о расходе нефти на выходе нефтегазовых сепараторов и расходе воды, откачиваемой из отстойников, об уровне жидкостей в отстойниках, буферной емкости и водоочистном сооружении, температуре нефти в буферной емкости и давлениях на участках трубопровода. Также здесь можно задать уставки для уровней жидкости в отстойниках и водоочистном сооружении, для этого необходимо нажать на сам объект и задать уставку в появившемся окне.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

В настоящее время такое понятие как коммерческая ценность разработки является одним из важнейших факторов, определяющим насколько перспективно и ценно будет научное исследование на первых этапах жизненного цикла научного исследования. Именно коммерческая ценность выступает необходимым условием при поиске финансирования для проведения различных испытаний и внедрения разработки в производство.

Необходимо учесть, что коммерческий потенциал исследования будет зависеть от того, насколько технические параметры данной разработки лучше аналогичных конкурентных разработок, а также понимание таких вопросов как: минимально необходимое время для выхода на рынок, какова цена продукта, в каких сегментах рынка он будет наиболее востребован.

Главной целью создания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание разработки, проекта, соответствующего требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения и являющегося конкурентноспособным на рынке в текущее время.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследований являются широкий круг коммерческих организаций в нефтегазовой отрасли, в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие ДНС, предназначенный для сбора нефти и газа на промыслах и их последующей транспортировки.

В таблице 7 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами

обозначены компании: «А» - ООО «Нефтестройпроект», «Б» - ОАО «Вертек», «В» - ЗАО «ЭлеСи».

Таблица 7. Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Крупные	А, Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средние	А, Б, В	А, Б	В	В
	Мелкие	Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 7. Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система АСУ ТП, существующая система управления ДНС, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Таблица 8. Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разрабатываемая АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Разрабатываемая АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Устойчивость	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Энергоэкономичность	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Надежность	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
Безопасность	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Простота эксплуатации	0,08	5	3	4	0,35	0,21	0,28
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Уровень проникновения на рынок	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
Цена	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	2	1	1	0,4	0,2
Условия проникновения на рынок	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Итого	1	51	35	43	4,43	2,75	3,29

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая АСУ ТП ДНС является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как высокая стоимость, более низкая производительность и низкий срок эксплуатации.

3.1.3 Технология QuaD

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 9.

Таблица 9. Оценочная карта QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешанное значение (5x2)
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности	0,08	70	100	0,7	0,056
Удобство в эксплуатации	0,07	75	100	0,75	0,0525
Устойчивость	0,1	85	100	0,85	0,085
Энергоэкономичность	0,11	90	100	0,90	0,099
Надежность	0,1	65	100	0,65	0,065
Безопасность	0,09	70	100	0,70	0,063
Простота эксплуатации	0,11	65	100	0,65	0,0715
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность	0,09	70	100	0,70	0,063
Уровень проникновения на рынок	0,035	80	100	0,80	0,028
Цена	0,06	65	100	0,65	0,039
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	60	100	0,6	0,018
Условия проникновения на рынок	0,035	80	100	0,80	0,028
Итого	1				0,713

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100, \quad (6)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешанное значение показателей качества и перспективности научной разработки; P_i – средневзвешанное значение показателя. Значение $P_{\text{ср}}$ отражает перспективность разработки:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100 = 71,3 \quad (7)$$

Значение $P_{\text{ср}}=71,3$ показывает, что проект обладает перспективностью выше среднего, что позволяет говорить о дальнейшей возможности работы над проектом и его улучшении.

3.1.4 SWOT – анализ

SWOT-анализ – это метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 10.

Таблица 10. SWOT-анализ

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>С1. Низкая стоимость на разработку.</p> <p>С2. Научная новизна.</p> <p>С3. Современные технологии.</p> <p>С4. Высокий спрос.</p>	<p>Сл1. Высокие начальные затраты на оборудование.</p> <p>Сл2. Отсутствие клиентской базы.</p> <p>Сл3. Узкая направленность.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение спроса.</p> <p>В2. Выход на иностранный рынок.</p> <p>В3. Расширение диапазона предоставляемых услуг.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие потребности на новые технологии.</p> <p>У2. Увеличение конкуренции.</p> <p>У3. Нестабильность экономической ситуации в стране.</p>		

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 11-14).

Таблица 11. Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	+	+	-	-
	B3	+	+	-	+

Таблица 12. Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	-	-	-
	B3	-	+	+

Таблица 13. Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	-	-
	У2	+	+	+	-
	У3	+	-	+	-

Таблица 14. Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	-	-	-
	У3	+	-	-

Итоговая матрица SWOT будет выглядеть следующим образом.

Таблица 15. Матрица SWOT

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>C1. Низкая стоимость разработки.</p> <p>C2. Научная новизна.</p> <p>C3. Современные технологии.</p> <p>C4. Высокий спрос.</p>	<p>Сл1. Высокие начальные затраты на оборудование.</p> <p>Сл2. Отсутствие клиентской базы.</p> <p>Сл3. Узкая направленность.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Увеличение спроса.</p> <p>V2. Выход на иностранный рынок.</p> <p>V3. Расширение диапазона предоставляемых услуг.</p>	<p>V1.C1.C3 – низкая стоимость разрабатываемой установки и использование современных технологий приведет к увеличению спроса на автоматизированную систему</p> <p>V2.C1.C2 – низкая стоимость разработки и научная новизна проекта открывает перспективы к выходу на иностранный уровень</p> <p>V3.C1.C2.C4 – экономичность проекта и высокий спрос на рынке позволит в дальнейшем расширить диапазон предоставляемых услуг</p>	<p>V1.Сл1.Сл3 – узкая направленность разрабатываемой системы и достаточно высокие начальные затраты на оборудование могут пагубно отразиться на спросе</p> <p>V3.Сл2.Сл3 – отсутствие клиентской базы и узкая направленность системы могут снизить объем продаж и тем самым препятствовать расширению диапазона предоставляемых услуг</p>

<p style="text-align: center;">Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие потребности на новые технологии.</p> <p>У2. Увеличение конкуренции.</p> <p>У3. Нестабильность экономической ситуации в стране.</p>	<p>У1.С1.С2 – возможные потребители имеют низкое желание внедрения новых технологий, однако экономичность проекта и научная новизна поможет решить данную проблему</p> <p>У2.С1.С2.С3 – низкая стоимость, научная новизна и современные технологии позволят увеличить конкуренцию на рынке автоматизированных систем</p> <p>У3.С1.С3 – в связи с нестабильной экономической ситуацией в стране приобретение иностранного оборудования может пагубно отразиться на конечной стоимости разрабатываемой экономической системы</p>	<p>У1.Сл1.Сл2.Сл3 – в связи с тем, что проект имеет высокие начальные затраты и узкую направленность, а клиентская база отсутствует, потребность на разрабатываемую систему может оказаться слишком низкой</p> <p>У3.Сл1 – затрата на приобретаемое оборудование имеют риск возрасти в связи с нестабильной экономической ситуацией, сложившейся в нашей стране</p>
--	--	---

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 16.

Таблица 16. Этапы выполнения дипломной работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Р
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	СД
	3	Изучение существующих объектов проектирования	СД
	4	Календарное планирование работ	Р, СД
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	СД
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	СД
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	СД
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Р, СД
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Р, СД
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	СД
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	СД
	12	Составление схемы информационных потоков	СД
	13	Разработка схемы внешних проводок	СД
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	СД
	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	СД
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	СД
	17	Проектирование SCADA-системы	СД

Оформление отчета	18	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	СД
	19	Написание раздела «социальной ответственности»	СД
	20	Проверка работы с руководителем	Р, СД
	21	Составление пояснительной записки	СД
	22	Подготовка презентации дипломного проекта	СД

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (8)$$

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.

В таблице 26 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 17. Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	3	2,4	1	2,4	4
Изучение существующих объектов проектирования	3,5	4,5	3,9	1	3,9	6
Календарное планирование работ	2,5	3	2,7	2	1,35	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	3,5	4	3,7	1	3,7	5
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	1	3	1,8	1	1,8	3
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2,5	3	2,7	1	2,7	4
Оценка эффективности полученных результатов	2	2,5	2,2	2	1,1	2
Определение целесообразности проведения ОКР	2,5	3	2,7	2	1,35	2
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	3,5	4	3,7	1	3,7	5
Составление перечня вход/выходных сигналов	1,5	2	1,7	1	1,7	3
Составление схемы информационных потоков	1,5	2	1,7	1	1,7	3
Разработка схемы внешних проводов	2	2,5	2,2	1	2,2	3
Разработка алгоритмов сбора данных	3,5	4	3,7	1	3,7	5
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	1,5	3	2,1	1	2,1	3
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	3	2,4	1	2,4	4
Проектирование SCADA-системы	2	3	2,4	1	2,4	4

Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3,5	4	3,7	1	3,7	5
Написание раздела «социальной ответственности»	1,5	2	1,7	1	1,7	3
Проверка работы с руководителем	1,5	2,5	1,9	2	0,95	1
Составление пояснительной записки	3	3,5	3,2	1	3,2	5
Подготовка презентации дипломного проекта	3	4	3,4	1	3,4	5
Итого						78

На основе таблицы 17 построим диаграмму Ганта, представляющую из себя горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (рисунок 16). Желтым цветом обозначена работа руководителя, а синим – работа студента.

Виды работ	Исполнители	Длительность работы в календарных днях, ткі	Продолжительность выполнения работ											
			март			апрель			май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	1											
Подбор и изучение материалов по теме	Студент	4		1										
Изучение существующих объектов проектирования	Студент	6		1	2									
Календарное планирование работ	Студент, Руководитель	2			1									
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	5			1	2								
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент	3				1	2							
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	4					1	2						
Оценка эффективности полученных результатов	Студент, Руководитель	2						1	2					
Определение целесообразности проведения ОКР	Студент, Руководитель	2							1	2				
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Студент	5						1	2	3				
Составление перечня вход/выходных сигналов	Студент	3							1	2				
Составление схемы информационных потоков	Студент	3								1	2			
Разработка схемы внешних проводов	Студент	3									1	2		
Разработка алгоритмов сбора данных	Студент	5										1	2	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Студент	3											1	2
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Студент	4												1
Проектирование SCADA-системы	Студент	4												
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент	5												
Написание раздела «социальной ответственности»	Студент	3												
Проверка работы с руководителем	Студент, Руководитель	1												
Составление пояснительной записки	Студент	5												
Подготовка презентации дипломного проекта	Студент	5												

Рисунок 16 – Диаграмма Ганта

3.3 Бюджет научно-технического исследования

3.3.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (9)$$

где:

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

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

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

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

Таблица 18. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Датчик давления «МЕТРАН-75»	шт.	3	17000	51000
Контроллер «Siemens SIMATIC S7-300»	шт.	1	12000	144000
Расходомер «Micro Motion R»	шт.	2	105000	252000
Датчик температуры «Метран 274»	шт.	5	2400	14400
Уровнемер «Rosemount 3300»	шт.	4	35000	168000
Регулятор РУСТ-510-2	шт.	4	70000	336000
Электропривод «Sipos 5 Flash 2SB5»	шт.	4	105	504000
Итого:				1958400

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для экранных форм. В таблице 19 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения:

Таблица 19. Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
Scada Trace Mode 6.09	1	45 760	45 760
Итого:			45 760

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и дипломника представлен в таблице 20. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 21.

Таблица 20. Баланс времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные дни -праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезни	48	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	217

Таблица 21. Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата	Премияльный коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Заработная плата основная
Руководитель	23000	0,3	0,2	1,3	44850	2524,22	9	22718
Студент-дипломник	2500	0,3	0,5	1,3	5850	280,37	76	21308
Итого:								44026

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формулам:

$$Z_{допР} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 22718 = 3180,52, \quad (10)$$

$$Z_{допИ} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 21308 = 2983,12. \quad (11)$$

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Все расчеты сведены в таблицу 22.

Таблица 22. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель проекта	Студент-дипломник
Основная заработная плата	22718	21308
Дополнительная заработная плата	3180,52	2983,12
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	27,1	27,1
Итого:	7018,5	6582,9

3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата электроэнергии, оплата пользования услугами и пр.

Расчет накладных расходов определяется по формулам:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1:5}) * k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 23:

Таблица 23. Расчет бюджета затрат на НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1 958 400
2. Затраты на специальное оборудование	45 760
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	44026
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6163,64
5. Отчисления во внебюджетные фонды	13601,4
6. Накладные расходы	330872,17
7. Бюджет затрат НИИ	2067951,04

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегральных показателей: финансового и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель вычисляется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (14)$$

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.

Результаты вычислений приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{\max}	Φ_{pi}	$I_{\text{финр}}^i$
Разработанная система	2 340 573	2 067 951	0,88
Система ЗАО «ЭлеСи»		2 340 573	1
ООО «Нефтестройпроект»		2 214 785	0,95

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется формулой:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (15)$$

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

a_i – весовой коэффициент для i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности отображен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерий	Весовой коэффициент	исп. студента	исп. «ЭлеСи»	исп. «Нефтестрой проект»
Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	4	3
Удобство в эксплуатации	0,25	4	5	5
Энергосбережение	0,15	4	4	4
Надежность	0,2	4	3	3
Помехоустойчивость	0,25	5	4	5
Итого	1			

$$I_{\text{исп.студента}} = 4,25$$

$$I_{\text{исп.«ЭлеСи»}} = 4,05$$

$$I_{\text{исп.«Нефтестройпроект»}} = 4,15$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании двух предыдущих интегральных показателей в соответствии с формулой:

$$I_{\text{исп}i} = \frac{I_{\text{р}i}}{I_{\text{финр}i}} \quad (16)$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}1}}{I_{\text{исп}2}} \quad (17)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исполнение		
	исп. студента	исп. «ЭлеСи»	исп. «Нефтестройпроект»
Интегральный финансовый показатель	0,88	1	0,95
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,25	4,05	4,15
Интегральный показатель эффективности	4,83	4,05	4,37
Сравнительный показатель эффективности	1	0,84	0,9

Исходя из полученных данных таблицы 35, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются вопросы влияния тех или иных вредных и опасных факторов на рабочий персонал. К решению данных вопросов подходили с точки зрения минимизации негативных последствий уже на стадии проектирования системы.

В рамках выпускной квалификационной работы рассматривается система управления дожимной насосной станции. ДНС предназначены для сбора, сепарации, предварительного обезвоживания, учета и дальнейшей транспортировки нефти и попутного газа на центральные пункты сбора. Цель дипломной работы – повысить метрологические характеристики, а также разработать систему диспетчерского управления данной станции.

В проектируемой автоматизированной системе отдается предпочтение более современному и точному оборудованию и датчикам. В следствие этого все показатели неблагоприятных и опасных факторов соблюдены в пределах норм, установленных нормативными документами.

4.2 Надежность системы

Обеспечение надёжности систем охватывает самые различные аспекты человеческой деятельности. Надёжность является одной из важнейших характеристик, учитываемых на этапах разработки, проектирования и эксплуатации самых различных технических систем.

При изучении вопросов надёжности рассматривают самые разнообразные объекты – изделия, сооружения, системы с их подсистемами. Надёжность изделия зависит от надёжности его элементов, и чем выше их надёжность, тем выше надёжность всего изделия.

В данной системе предполагается провести резервирование основных узлов и агрегатов. Все клапаны зарезервированы ручной запорной арматурой.

Так же система имеет высокую модульность, что способствует быстрому ремонту.

Датчики подобраны во взрывозащищенных корпусах в соответствии со стандартом ГОСТ Р 51330.0-99. Датчик Micro Motion R имеет маркировку по взрывозащите 1ExdIICT6, это означает:

- 1 – взрывобезопасное оборудование;
- Ex – соответствующее стандартам взрывозащищенности;
- d – с взрывонепроницаемой оболочкой;
- IIС – категория взрывоопасной смеси – водород, сероуглерод;
- температурным классом Т6 – от 85 до 100 °С.

И степень защиты IP-66, ниже приведена расшифровка степеней пыле- и влагозащиты (таблицы 27-28).

Таблица 27 – Защита от проникновения посторонних предметов

Уровень	Защита от посторонних предметов, имеющих диаметр	Описание
0	—	Защита отсутствует
1	≥ 50 мм	Большие поверхности тела, нет защиты от сознательного контакта
2	$\geq 12,5$ мм	Пальцы и подобные объекты
3	$\geq 2,5$ мм	Инструменты, кабели и т. п.
4	≥ 1 мм	Большинство проводов, болты и т. п.
5	Пылезащищённое	Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. Полная защита от контакта

6	Пыленепроницаемое	Пыль не может попасть в устройство. Полная защита от контакта
---	-------------------	---

Таблица 28 – Защита от проникновения воды

Уровень	Защита от	Описание
0	—	Защита отсутствует
1	Вертикальные капли	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства
2	Вертикальные капли под углом до 15°	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства, если его отклонить от рабочего положения на угол до 15°
3	Падающие брызги	Защита от дождя. Брызги падают вертикально или под углом до 60° к вертикали.
4	Брызги	Защита от брызг, падающих в любом направлении.
5	Струи	Защита от водяных струй с любого направления
6	Морские волны	Защита от морских волн или сильных водяных струй. Попавшая внутрь корпуса вода не должна нарушать работу устройства.
7	Кратковременное погружение на глубину до 1 м	При кратковременном погружении вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Постоянная работа в погружённом режиме не предполагается.

8	Погружение на глубину более 1 м длительностью более 30 мин.	Устройство может работать в погружённом режиме
9	Воздействие струй воды высокой температуры	Устройство может работать в условиях высокотемпературной мойки водой высокого давления

Таким образом, имея степень защиты IP-66, датчик является полностью пыленепроницаемым и защищен от дождя, случайных брызг или струй воды, но не может работать даже при кратковременном погружении под воду.

Датчик Метран-74 имеет маркировку по взрывозащите 1ExdIICT6X и степень защиты IP-66. Символ «X» после температурного класса обозначает наличие каких-либо ограничений, о которых можно прочитать в прилагаемой документации. В данном случае это относится к особенностям монтажа датчика, если он изготовлен во взрывобезопасном исполнении.

Датчик Метран-274 имеет маркировку по взрывозащите 1ExdIICT4 и степень защиты IP-67. Температурный класс T4 означает, что температура самовоспламенения взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом находится в диапазоне от 135 до 200 °С.

Датчик Rosemount 3300 имеет маркировку по взрывозащите 1ExdIICT6 (аналогичная с взрывозащитой Micro Motion R) и степень защиты IP-66.

Также, для управления клапанами используется электропривод SIPOS 5 Flash 2SB5, который имеет маркировку 1ExdIIBT5 (IIВ – этилен) .

Для передачи сигналов от перечисленных выше датчиков на щит КИПиА выбран кабель контрольный с токопроводящей медной жилой в ПВХ оболочке с ПВХ изоляцией не горящий (КВВГЭ нг).

4.3 Защита информации

Защита информации представляет собой принятие правовых, организационных и технических мер, направленных на:

- обеспечение защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации;
- соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа;
- реализацию права на доступ к информации.

Оператор информационной системы в случаях, установленных законодательством Российской Федерации, обязаны обеспечить:

- предотвращение несанкционированного доступа к информации и (или) передачи ее лицам, не имеющим права на доступ к информации;
- своевременное обнаружение фактов несанкционированного доступа к информации;
- предупреждение возможности неблагоприятных последствий нарушения порядка доступа к информации;
- недопущение воздействия на технические средства обработки информации, в результате которого нарушается их функционирование;
- возможность незамедлительного восстановления информации, модифицированной или уничтоженной вследствие несанкционированного доступа к ней;
- постоянный контроль за обеспечением уровня защищенности информации.

В данной системе в дальнейшем предполагается внедрение программно-технических средств защиты информации, которые способны в режиме реального времени создать защищенный канал передачи данных, защищать сеть от несанкционированных и непреднамеренных попыток реконфигурации сети.

Такие функции способны выполнять контроллеры защиты, например, FOBOS-10GS. Так же планируется ввести такие способы защиты информации, как идентификация и аутентификация. Идентификация – это механизм присвоения собственного уникального имени или образа пользователю, который взаимодействует с информацией. Аутентификация – это система способов проверки совпадения пользователя с тем образом, которому разрешен допуск. Простейшим способом идентификации можно назвать пароль.

Так же предусматривается реализация проверки целостности данных при передаче с помощью контрольных сумм. Контрольная сумма (хеш) — определенное значение, рассчитанное для данных с помощью известных алгоритмов. Предназначается для проверки целостности данных при передаче. Наиболее распространенными алгоритмами являются: CRC32, MD5 и SHA-1.

В данной системе проверка реализована с помощью сторонней утилиты, которая использует CRC32 алгоритм (Cyclic redundancy code - циклический избыточный код, который используется в работе программ архиваторов).

4.4 Информирование диспетчера

Информирование диспетчера осуществляется с помощью автоматизированной системы управления (АСУ). Основные параметры комфорта, экономичности и энергоэффективности зависят от качества реализации и эксплуатации АСУ.

По своему составу АСУ – наиболее сложный комплекс, объединяющий технические и программные средства, слаботочные и силовые электротехнические устройства, механические компоненты и компьютерные, коммуникационные технологии.

В нашем случае разработана SCADA система, отвечающая всем нормам по проектированию данных систем. Мнемосхема оператора является удобной, информативной, позволяет контролировать весь технологический процесс, предотвращая чрезвычайные ситуации.

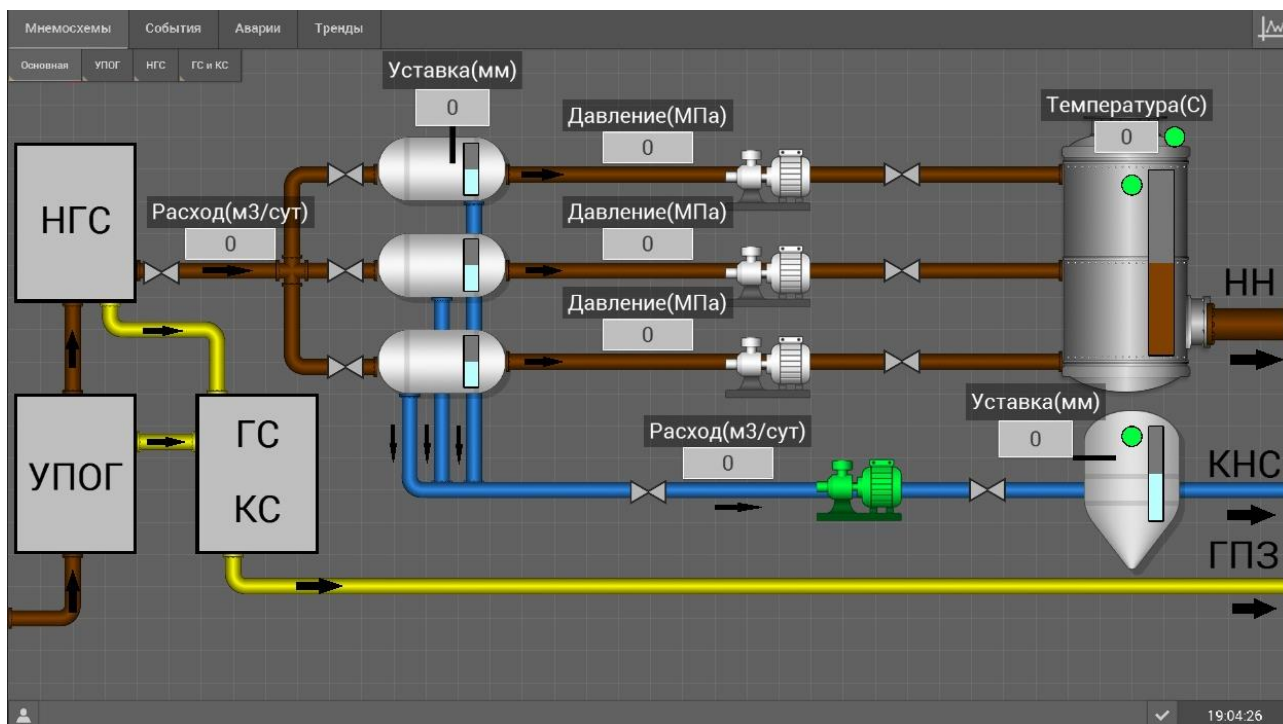


Рисунок 16 – Мнемосхема

На мнемосхеме представлено упрощенное изображение станции с выведенными показаниями давлений, расходов и температур по нефти и газу.

Так же на каждой емкости мы можем увидеть уровень жидкости в данной емкости. Зеленым цветом подсвечиваются работающие в данный момент насосы и открытые клапаны. С помощью верхней панели мы можем смотреть отчеты, историю ошибок, запросить статистику или просмотреть тренды.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стала проектная документация на автоматизированную систему управления дожимной насосной станцией. В ходе выполнения были разработаны основные схемы, такие как функциональные схемы автоматизации, структурная, информационных потоков, соединений внешних проводок. Данные схемы определяют состав необходимого оборудования, средства и метода передачи данных.

В ходе выполнения ВКР подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система TIA Portal V13 WinCC.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны алгоритмы автоматического сбора данных.

Для поддержания заданного уровня в отстойниках была проведена разработка алгоритма автоматического регулирования с использованием ПД-регулятора.

Проведена разработка типовых экранных форм дожимной насосной станции.

Выполненная работа удовлетворяет требованиям к системе автоматизации. Данная система имеет возможность расширения и модернизации, в соответствии с растущими требованиями и технологическими возможностями.

Список источников

1. ГОСТ 21552-84 «Средства вычислительной техники. Общие технические требования, правила приемки, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение»
2. ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологическое Обеспечение измерительных систем. Основные положения»
3. ГОСТ Р 8.615-2005 «Измерения количества извлекаемой из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования»
4. ГОСТ 24.104-85 ЕСС АСУ «Автоматизированные системы управления. Общие требования»
5. ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками)»
6. ANSI/ ISA S5.1-2009.
7. ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)».
8. ГОСТ 19.701-90 «Схемы алгоритмов, программ, данных и систем».
9. Датчики давления Метран. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logika-consortium.ru/wpcontent/uploads/2016/07/Rukovodstvo-po-ekspluatatsii-1.pdf>, свободный.
10. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
11. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
12. Попович Н. Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное издво, 1986. – 311с.

13. Кабель КВВГЭ нг [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvgngals_kvvgengals (дата обращения: 25.05.2018).

14. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990, 21 с.

15. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.

16. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». - Москва: Изд-во стандартов, 1974, 5 с.

17. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

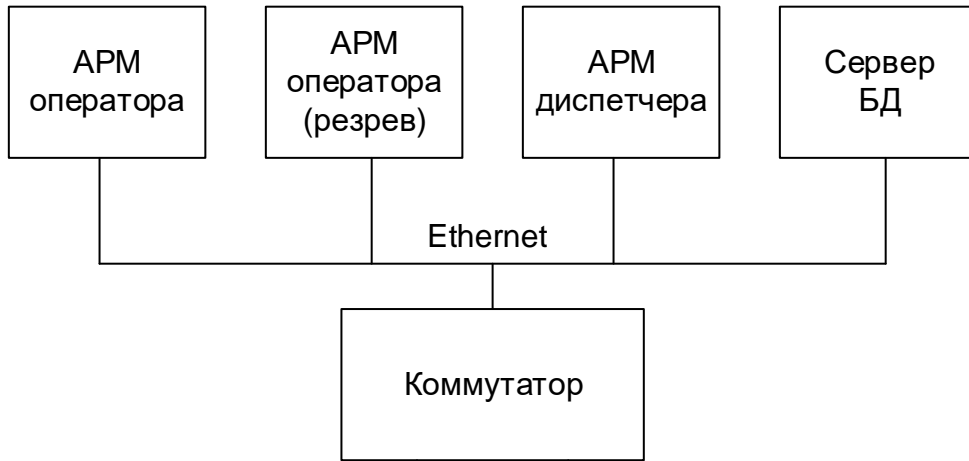
18. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

19. ГОСТ 31192.2-2005 «Вибрация, измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека».

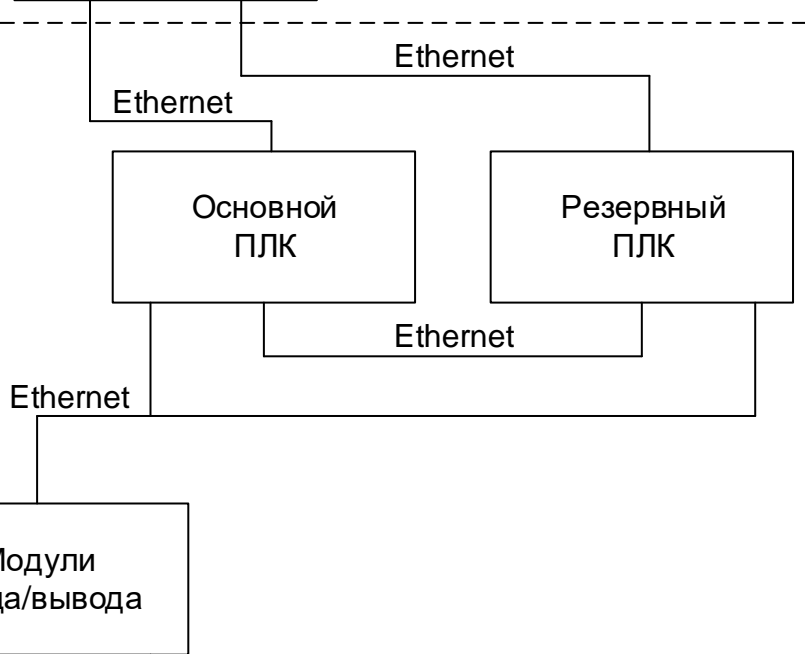
20. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

21. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров

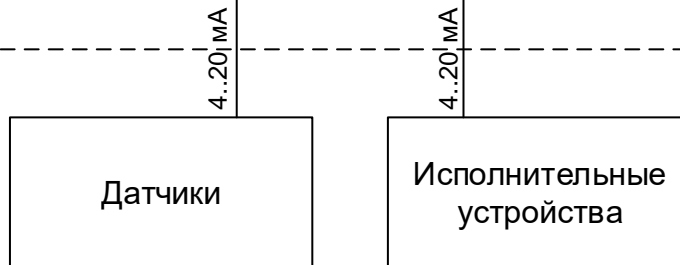
Информационно-вычислительный уровень



Контроллерный уровень



Полевой уровень



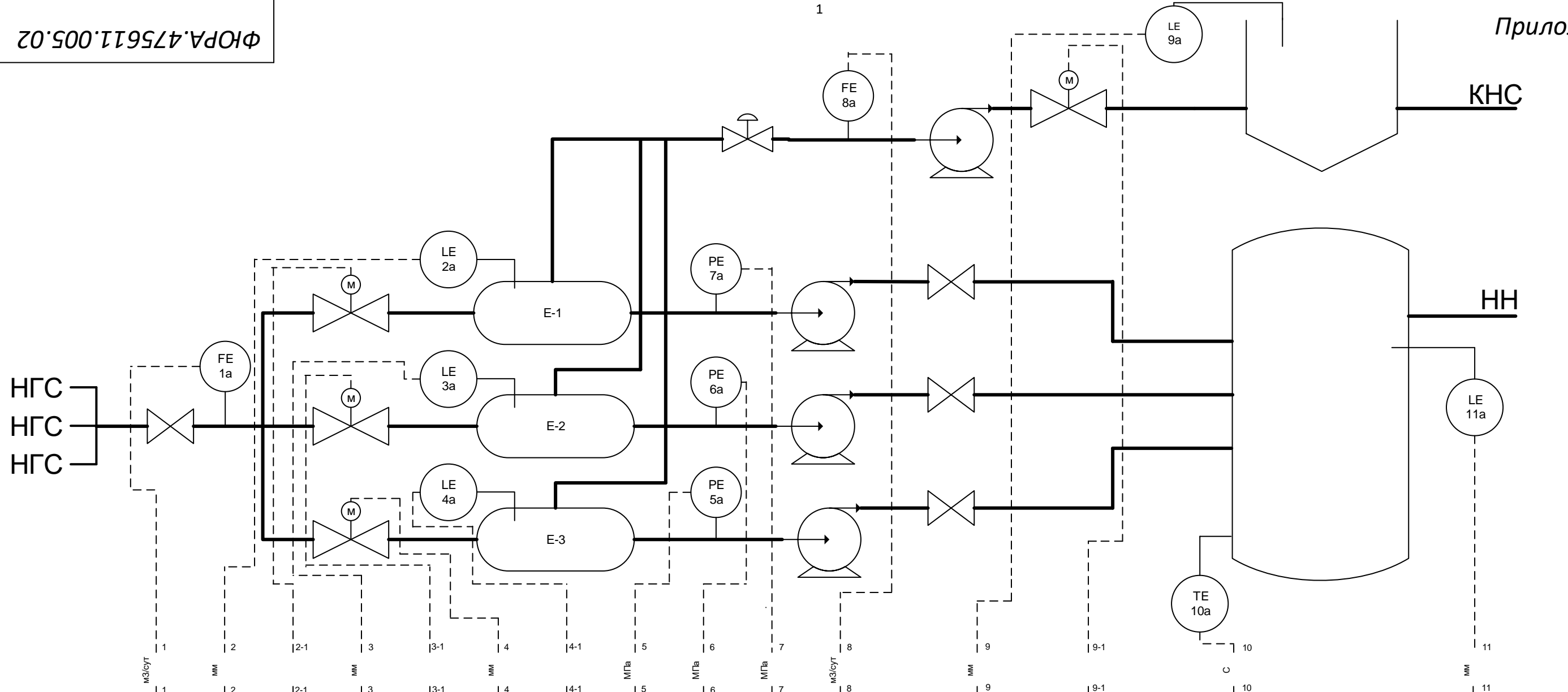
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Гуля В.В.		
Пров.		Журавлев Д.В.		
Т.контр				
Н.контр				
Утв.				

ФЮРА.475611.005.01

Трехуровневая структура АС

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т4А



Шкаф блоков	FT 16	LT 26	LV 2r	LT 36	LV 3r	LT 46	LV 4r	PT 56	PT 66	PT 76	FT 86	LT 96	LA 9в ^H	LV 9д	TT 106	TA 10в	LT 116	LA 11в ^H
Шкаф управления	AI	DI	AO	DO	Ethernet													
Операторский щит	FI 1в	LI 2в	LI 3в	LI 4в	PI 5в	PI 6в	PI 7в	FI 8в	LI 9г	TI 10г	LI 11г							
SCADA	мониторинг	регистрация	управление															

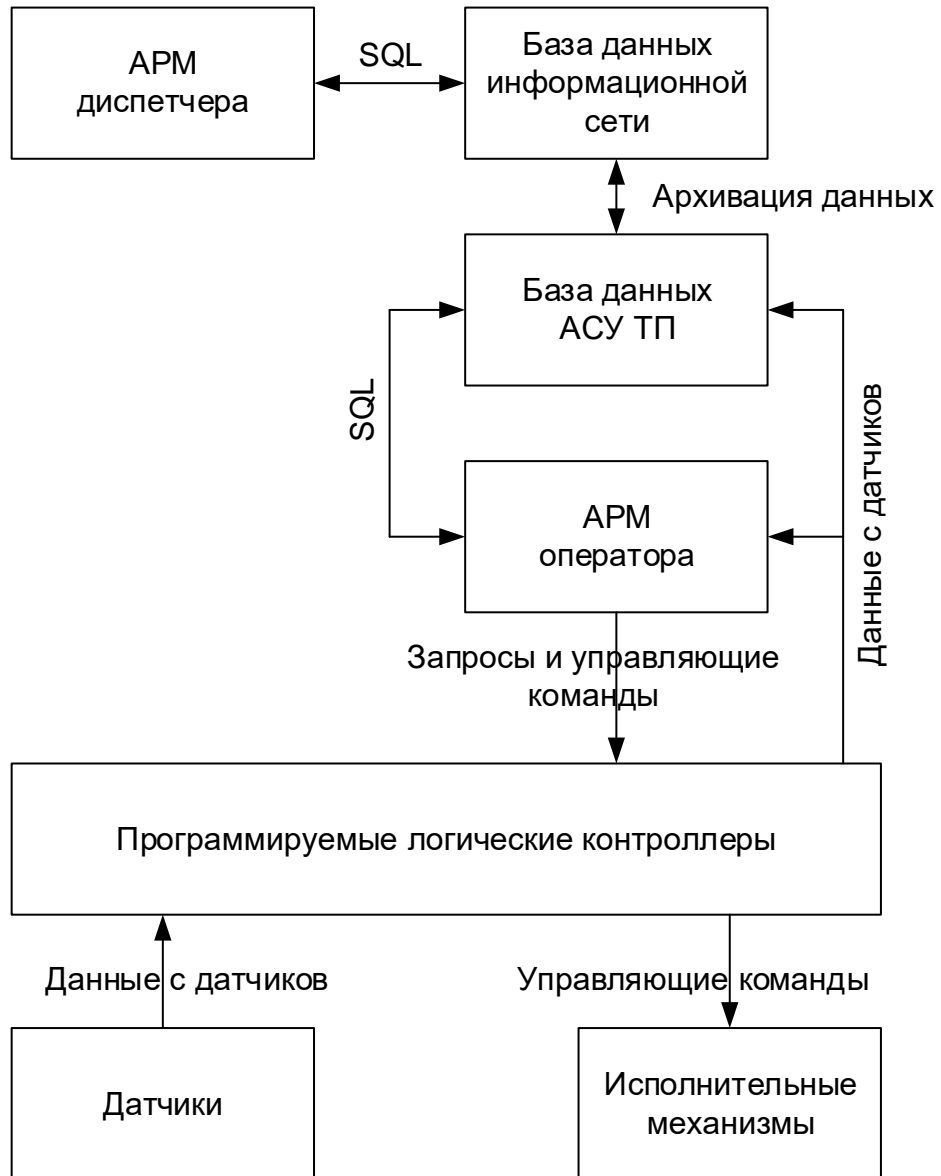
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Гуля В.В.		
Проверил		Журавлев Д.В.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.475611.005.02

Функциональная схема автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 9	
ТПУ ИШИТР		
Группа 8Т4А		

Перв. примен.
Справочный №
Подп. И дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. И дата
Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Гуля В.В.		
Пров.		Журавлев Д.В.		
Т.контр				
Н.контр				
Утв.				

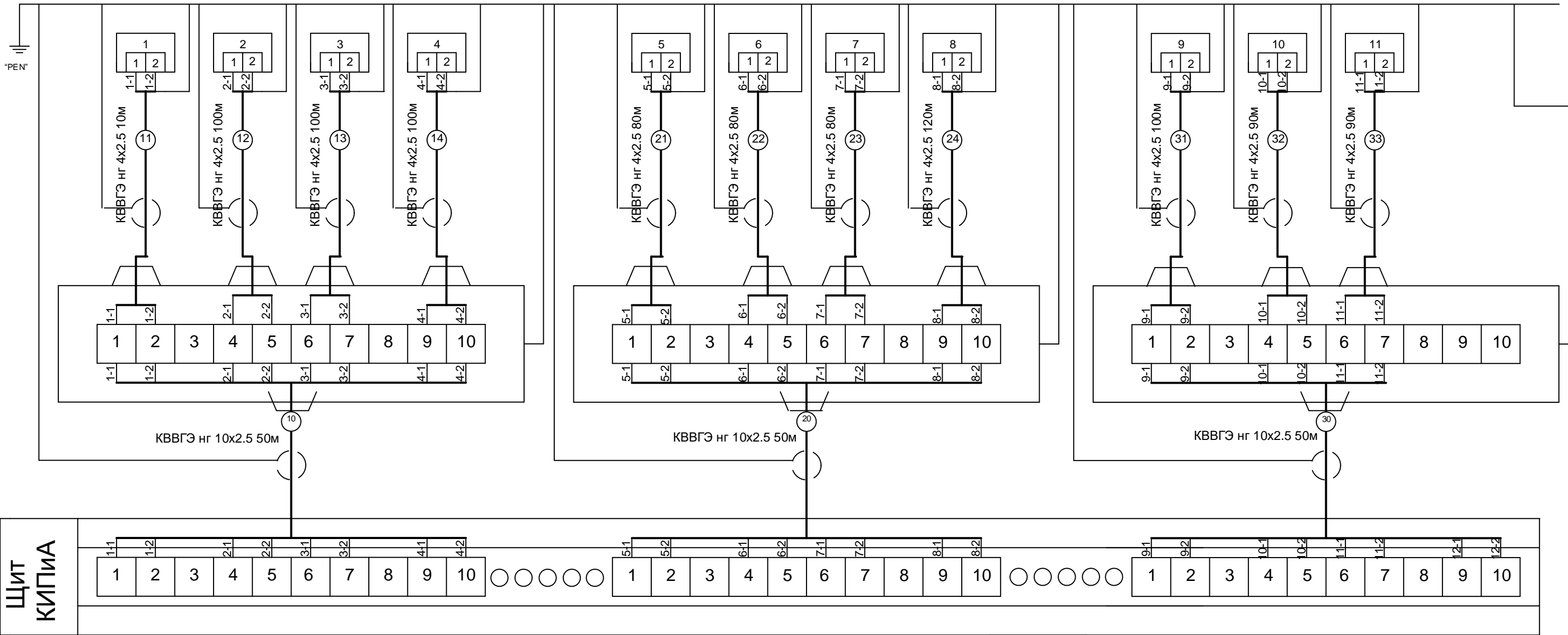
ФЮРА.4.75611.005.03

*Схема
информационных
поток*

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т4А

Параметр	Расход	Уровень				Давление			Расход	Уровень	Температура	Уровень
Место отбора	Трубопровод	Отстойник				Трубопровод			Трубопровод	Водоочистное сооружение	Буферная емкость	Буферная емкость
Тип датчика	Micro Motion R-series	Rosemount 3300				Метран-75			Micro Motion R-series	Rosemount 3300	Метран-274	Rosemount 3300
Позиция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	



Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Гуля В.В.		
Проверил		Журавлев Д.В.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.475611.005.04

Схема внешних проводок

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 1	
ТПУ ИШИТР		
Группа 8Т4А		

Перв. примен.

Справочный №

Подп. И дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. И дата

Инв. № подл.

Приложение Д

