

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 блоком низкотемпературной сепарации

УДК 681.51-048.35:665.622

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Шадрин Дмитрий Владимирович		

Руководитель

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

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	Шадрину Дмитрию Владимировичу

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления блоком низкотемпературной сепарации
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: блок низкотемпературной сепарации газа. Цель работы: разработка автоматизированной системы управления блока низкотемпературной сепарации газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы. 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 автоматизированной системы.
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;
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
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Шадрин Дмитрий Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Шадрин Дмитрий Владимирович

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»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	УКПГ с применением низкотемпературной сепарации газа предназначена для сбора, подготовки газа и конденсата на газоконденсатных месторождениях.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	В ходе анализа производственной среды на предмет вредных факторов было выявлено следующее: Повышенный уровень шума (ГОСТ 12.1.003-83) и вибрации (ГОСТ12.1.012-78) на рабочем месте; напряженность трудового процесса(Р2.2.755-99); отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе(ГОСТ12.1.005- 88).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	электробезопасность – статическое электричество (специальная одежда антиэлектростатическая; средства защиты рук антиэлектростатическая; специальная обувь антиэлектростатическая; предохранительные приспособления антиэлектростатические (браслеты и кольца)); Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, готовой продукции и отходов производства (средства защиты рукавицы или голицы с кислотной пропиткой; для головы-каска защитные;для защиты органов-противогазы и респираторы).
3. Охрана окружающей среды	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы): основным источником загрязнения атмосферы являются продукты сгорания газа –

	<p>оксиды азота и углерода.</p> <p>Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы): загрязнение в процессе освоения месторождений, транспортировки газа судами, загрязняют пластовые воды, выделяемые из газа.</p>
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.</p>
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	Шадрин Дмитрий Владимирович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Шадрину Дмитрию Владимировичу

Инженерная школа	ИШИТР	Отделение	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 НИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ для НИ, разработка графика проведения НИ, составление бюджета НИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИ.

Перечень графического материала:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.05.2018
---	------------

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	Шадрин Дмитрий Владимирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 96 страницы машинного текста, 35 таблиц, 33 рисунков, 1 список использованных источников из 43 наименований.

Объектом исследования является блок низкотемпературной сепарации газа.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления блока низкотемпературной сепарации газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В выпускной квалификационной работе была разработана: функциональная схема автоматизации, структурная схема, схема информационных потоков, схема соединения внешних проводок.

. Помимо этого в данной работе подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способность работать с необходимыми технологическими параметрами.

Далее представлен перечень ключевых слов: низкотемпературная сепарация газа, автоматизированная система управления, датчики, функциональная схема, ПИД – регулятор, программируемый логический контроллер, SCADA - система, алгоритм.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2013, Matlab R2015a, Siemens TIA Portal V13.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 компании Microsoft.

Содержание

Глоссарий.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Техническое задание.....	7
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП	7
1.2 Назначение системы.....	8
1.3 Требования к техническому обеспечению.....	8
1.4 Требования к метрологическому обеспечению.....	10
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению.....	10
2 Основная часть	11
2.1 Описание технологического процесса	11
2.2 Выбор архитектуры АС	12
2.3 Разработка структурной схемы АС	13
2.4 Функциональная схема автоматизации.....	15
2.5 Разработка схемы информационных потоков	17
3 Выбор средств реализации	19
3.1 Выбор контроллерного оборудования	19
3.2 Выбор датчиков	23
3.2.1 Выбор датчика температуры	23
3.2.2 Выбор уровнемера	26
3.2.3 Выбор сигнализаторов уровня.....	29
3.2.4 Выбор датчика давления.....	32
3.3 Выбор исполнительных механизмов.....	34
3.3.1 Выбор клапана	34
3.3.2 Выбор насоса	37
3.3.2 Выбор асинхронного двигателя.....	39
3.3.4 Выбор частотного преобразователя.....	41
3.4 Разработка схемы внешних проводок	43
4 Выбор алгоритмов управления АС (НТС).....	44
4.1 Алгоритм поддержания уровня жидкости в трехступенчатом сепараторе	45

4.2	Алгоритм автоматического регулирования.....	45
5	Экранные формы АС НТС.....	52
6	Система противоаварийной защиты (СПАЗ) с использованием контроллера Siemens Simatic S7-1500F деградировавшего до уровня 1001D	54
6.1	Расчет безопасности деградировавшего контроллера.....	55
7	Социальная ответственность	59
7.1	Введение	59
7.2	Анализ вредоносных и опасных факторов.....	60
7.2.1	Уровень шума и вибрации на рабочем месте	61
7.2.2	Электромагнитное излучение	63
7.2.3	Электробезопасность	64
7.2.4	Экологическая безопасность	65
7.2.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66
7.2.6	Эргономика.....	68
7.3	Выводы по разделу	69
8	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	70
8.1	Потенциальные потребители результатов исследования	70
8.2	Анализ конкурентных технических решений.....	71
8.3	Технология QuaD	73
8.4	SWOT-анализ.....	75
9	Планирование научно-исследовательских работ	76
9.1	Структура работ в рамках научного исследования	76
9.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	77
9.3	Разработка графика проведения научного исследования	81
9.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	82
9.4.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	83
9.4.2	Основная заработная плата исполнителей темы	84
9.4.3	Дополнительная заработная плата	86

9.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	86
9.4.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	87
9.4.6	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования	88
	Заключение	92
	Список используемых источников.....	93

Глоссарий

Автоматизированная система – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

Интерфейс – это совокупность средств и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

Архитектура автоматизированной системы – набор значимых решений по организации системы ПО, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.

SCADA – инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных

Программируемый логический контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.

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

Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства.

Автоматизированная система управления технологическим процессом – комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация – направление научно-технического прогресса, применяющее саморегулирующие технические средства, систем управления и экономико-математических методов, которые освобождают человека от участия в процессах преобразования, получения, использования и передачи использования энергии, информации или материалов, уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость операций. Требуется дополнительное применение датчиков (сенсоров), управляющих устройств (контроллеров), устройств ввода, исполнительных устройств и устройств вывода, которые используют электронную технику и методы вычислений.

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. Изначально была осуществлена только частичная автоматизация отдельных операций. С течением времени сфера применения автоматизации обобщилась на основные и вспомогательные операции. При использовании полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается только наблюдением за работой оборудования, наладкой и настройкой аппаратуры.

Целью данной работы является модернизация автоматизированной системы блока (НТС) с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

1 Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

Система создается с целью:

- Обеспечение высоких технико-экономических показателей работы установки комплексной подготовки газа за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных плановых и технологических ограничений;
- Обеспечение высокого уровня безопасности технологических процессов подготовки газа;
- Обеспечение передачи точной, достоверной и оперативной информации на верхний уровень;
- Уменьшение трудозатрат оперативного эксплуатационного персонала в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;
- Автоматическая защита объектов управления в аварийных ситуациях за счёт соблюдения технологического регламента работы установок с помощью автоматических систем регулирования и управления, предотвращения аварийных ситуаций и последующего анализа их происхождения.

Задачи автоматизированной системы управления:

- контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования подготовки газа;
- контроль и управление в автоматическом и ручном режиме технологическими объектами автоматизации, входящих в систему;
- обеспечение системы аварийной остановки для контроля технологического процесса и аварийных блокировок/отключений;
- сбор и обработка данных о состоянии контроля технологических процессов;

- управление и регулирование технологических процессов в соответствии с заданиями, которые устанавливают операторы АСУ;
- вывод информации о технологических процессах на мнемосхемах на дисплей оператора АСУ в реальном времени, отображение численных значений параметров.

1.2 Назначение системы

Установка комплексной подготовки газа (УКПГ) представляет собой систему технологического оборудования и различных вспомогательных устройств, которая обеспечивает сбор и соответствующую обработку природного газа и конденсата в соответствии с требованиями российских отраслевых и государственных стандартов. В качестве сырья для УКПГ служит природный газ, полученный из газоконденсатных и газовых месторождений.

Установка низкотемпературной сепарации (НТС) обеспечивает разделение сырого газа (газоконденсатной смеси) на осушенный газ и нестабильный конденсат. Принцип действия установки заключается в том, что газовый поток проходит последовательно три ступени сепарации, отличающиеся условиями разделения (температура, давление). Параметры разделения в каждой ступени должны обеспечивать максимальную конденсацию и выделение жидкой фазы определённого состава [1].

1.3 Требования к техническому обеспечению

В курсовом проекте должны использоваться датчики и исполнительное оборудование, которое будет соответствовать условиям эксплуатации. При этом внешние части используемого оборудования, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайных прикосновений и иметь заземление.

К техническим средствам автоматизации в общем случае предъявляются следующие требования:

- погрешность каналов измерения датчика не должна превышать 0.2%;
- при выборе приборов первичного контроля необходимо использовать датчики отечественных производителей;
- главное внимание уделяется показателям надежности, возможности замены приборов без отключения системы из технологического процесса, возможности управления процессом как по месту, так и дистанционно.

Выбор аппаратуры первичных средств автоматизации должен учитывать следующие факторы:

- наличие сертификата Госстандарта и Ростехнадзора России;
- минимизация в выборе заводов-изготовителей и поставщиков оборудования КИПиА;
- использование приборов с унифицированными выходными сигналами.

На установке НТС предполагается использовать первичные преобразователи со следующими характеристиками:

- дискретный выход – «сухой контакт»;
- аналоговый выход – 4..20 мА;
- термопреобразователи и термопары с номинальными техническими характеристиками ТСП100 и ХА;
- вид взрывозащиты – взрывобезопасное исполнение;
- для сбора информации и управлением исполнительными механизмами используется промышленный контроллер;
- первичные средства, не имеющие собственного питания, запитываются от общей сети АСУ ТП с использованием их в составе искрозащищенных барьеров;

– датчики и первичные преобразователи выбираются в климатическом исполнении – 45...+35°C.

1.4 Требования к метрологическому обеспечению

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности низкотемпературного сепаратора газа представляют собой комплекс обязательных и рекомендуемых к исполнению действий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение эффективности и качества работоспособности системы

Требуемые нормы погрешности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к погрешности измерительных каналов

№	Наименование измеряемого параметра	Норма погрешности (не более)
1	Температура	± 0,2%
2	Давление	± 0.10%
3	Уровень	± 0,15%

1.5 Требования к программному и информационному обеспечению

Программное обеспечение АСУ ТП должно быть достаточным для выполнения всех функций системы, реализуемых с применением средств вычислительной техники, а также иметь средства организации всех требуемых процессов обработки данных, позволяющие своевременно выполнять все автоматизированные функции во всех режимах функционирования АСУ ТП.

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя[1]:

- системное программное обеспечение - операционные системы;

- инструментальное программное обеспечение;
- общее прикладное программное обеспечение;
- специальное прикладное программное обеспечение.

Программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- обработка и хранение текущих значений технологических переменных, поступающих в систему в результате опроса датчиков и первичной переработки информации;
- создание распределённой базы данных и возможность доступа к ней;
- отображение мнемосхем, которые представляют собой графическое изображение основного технологического оборудования, средств КИПиА, и отображают структуру алгоритмов управления и защиты, и их состояние;
- обмена информацией в рамках распределённой системы посредством базы данных, обеспечивающей доступ к данным с локальных элементов сети;
- возможность изменения параметров технологического процесса;
- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема НТС приведена в альбоме схем (Приложение А).

Установка комплексной подготовки газа (УКПГ) № 5В введена в эксплуатацию в феврале 1986 года. На УКПГ-5В применена типовая схема низкотемпературной сепарации газа. УКПГ-5, дожимная компрессорная станция № 5 (ДКС-5) I ст., II ст., УКПГ-5В и ДКС УКПГ-5В входят в состав

газоконденсатного промысла ГКП-5. В феврале 2009 года на УКПГ-5В была реализована система регенерации метанола из раствора ВМР низкой концентрации. Процесс подготовки газа происходит на четырёх технологических линиях установки низкотемпературной сепарации (УНТС), оснащённых аппаратами трёхступенчатой сепарации газа ГП-643.00.000 производительностью 5,0 млн м³ /сут.

Установка комплексной подготовки газа (УКПГ) предназначена для сбора и полной обработки газа до кондиции, соответствующей ОСТ 51.40-74 "Газы горючие природные, подаваемые в магистральный газопровод" [16]. В результате получения товарного газа (осушки газа) на УКПГ получают нестабильный конденсат, который подается для стабилизации на установку дезтанизации и стабилизации конденсата (УДСК), предназначенную для переработки газового конденсата с получением углеводородных газов, сжиженной широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) и стабильного конденсата. Подготовка газового конденсата - согласно ОСТ 51.65-80 "Конденсат газовый стабильный. Технические условия" [2].

Установка комплексной подготовки газа состоит из модулей - технологических автоматизированных линий обработки газа с законченным технологическим процессом.

2.2 Выбор архитектуры АС

В основании разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит ее профиль. Под профилем понимаются стандарты, ориентированные на выполнение определённой задачи. Главными целями применения профилей являются:

- Снижение трудоемкости АС;
- Повышение качества оборудования АС;
- Возможность масштабирования разрабатываемой АС
- Функциональная интеграция АС.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- Профиль прикладного ПО;
- Профиль среды АС;
- Профиль защиты;
- Профиль инструментальных средств АС.

Для разработки автоматизированной системы управления будем использовать следующее:

- Прикладное программное обеспечение: TIA Portal (SCADA система);
- Среда разработки: ОС Windows 7;
- Защита информации: стандартные средства Windows.

2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является блок низкотемпературной сепарации газа. В трехступенчатом сепараторе осуществляется замер уровня жидкости, давления, температуры, а в трубопроводах - давления и температура на замерных нитках до теплообменников и после. Исполнительным устройством являются клапаны с электроприводом и насос с приводом от асинхронного двигателя .

Спецификация каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой [1]. Структурная схема АС приведена в альбоме схем (Приложение Д).

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков: два датчика температуры, два датчика давления с индикацией и регистрацией, датчика уровня, два датчика расхода и исполнительных устройств (клапанов с электроприводом, задвижка).

Средний уровень (контроллерный) состоит из основного и резервного контроллеров.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из коммутатора, а также компьютеров и серверов баз данных, объединенных в локальную сеть Ethernet. На компьютерах диспетчера и операторов установлены операционная система Windows 7 и программное обеспечение TIA Portal.

С нижнего уровня полевые датчики передают информацию на контроллерный уровень программируемому логическому контроллеру, который в свою очередь, выполняет следующие задачи:

- Собирает, обрабатывает и хранит всю информацию о состоянии технологического процесса и информацию о параметрах используемого оборудования;
- Осуществляет автоматизированное управление технологическим процессом;
- Выполняет команды, которые поступают с пункта управления;
- Обменивается информацией с пунктом управления;
- Обрабатывает данные, при этом масштабируя их;
- Поддерживает единое время всей системы;
- Синхронизирует работу подсистем;
- Организует создание архивов по заданным параметрам;

Операторская состоит из нескольких станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. Также в операторской расположен сервер БД. На экранах оператора АСУ отображаются технологические процессы и оперативное управление.

Для взаимодействия контроллера на нижнем уровне с полевыми датчиками и исполнительными устройствами используются каналы связи 4..20мА.

Контроллеры среднего уровня и коммутатор верхнего уровня взаимодействуют посредством локальной сети Ethernet. Также используя

локальные сети Ethernet взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

2.4 Функциональная схема автоматизации

На функциональной схеме автоматизации отображаются основные технические решения, применяемые в процессе проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. основное и вспомогательное оборудование вместе с встроенными в него регулируемыми и запорными органами в данных системах является объектом управления.

Функциональная схема – это технический документ, который определяет функционально блочную структуру контуров управлениями технологическим процессом [6]. Также на функциональной схеме автоматизации отображаются приборы и средства автоматизации, которыми оснащен объект управления.

Все элементы системы управления показаны как условные изображения, их объединяют в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической системы автоматизируемого процесса. Оборудование на схемах показаны в виде условных изображений [6].

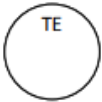
В процессе разработки функциональной схемы автоматизации решают данные задачи:


- Получение первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- Регистрация и контроль технологических параметров процессов и контроль состояния технологического оборудования;
- Непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса.

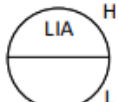
Функциональная схема автоматизации в данной работе разрабатывается по ГОСТ 21.208-2013 [6] и ANSI/ISA-5.1-2009 [7].


В альбоме схем Приложение А приведена функциональная схема автоматизации системы блока низкотемпературной сепарации газа, разработанная по ГОСТ 21.208-2013 [6].


На функциональной схеме приведены следующие обозначения [3]:

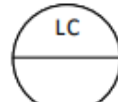
1)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту;

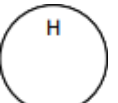
2)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения давления, установленный по месту;

3)  Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите;

4)  Прибор для управления приводом задвижек, установленный по месту;

5)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту;

6)  Оборудование для управления уровнем жидкости, установленное удалённо;

7)  Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная по месту.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, которая приведена в альбоме схем (Приложение Г) включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- Первый уровень (уровень датчиков и исполнительных механизмов);
- Второй уровень (программируемые логические контроллеры);
- Третий уровень (операторская станция, панель оператора);

На первом уровне представляются датчики, в которых формируются сигналы в инженерных величинах (не преобразованные).

На втором уровне представляются устройства ввода/вывода. На этом уровне происходит коммутация сигналов с датчиков, а так же формирование выходного управляющего сигнала по команде контроллера со следующего уровня.

На третьем уровне представлены контроллеры. Именно здесь происходит формирование выходного управляющего сигнала, опираясь на текущие показания технологических параметров. Здесь формируется оперативная база данных, необходимая для текущего контроля процесса. Все текущие параметры передаются через коммутатор оператору.

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

- уровень жидкости в трехступенчатом сепараторе, м;
- температура сырого газа на замерной нитки, °С;
- давление в трехступенчатом сепараторе, МПа;
- давление сырого газа на замерной нитки, МПа.

Все элементы контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), который состоит из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_C

где

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

- PRS – давление;
- TMP – температура;
- LVL – уровень;
- STT – состояние.

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

- PSEP – первичный сепаратор;
- CSEP – центробежный сепаратор;
- NSEP – низкотемпературный сепаратор;
- VLV – задвижка;

3) CC – уточнение или примечание, не более 2 символов:

- 1 – замерная нитка до теплообменника;
- 2 – замерная нитка после теплообменника;
- L – низкий уровень;
- H – предупредительный верхний уровень;
- HH – аварийный верхний уровень;

Знак подчеркивания _ необходим для отделения одной части идентификатора от другой.

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

Таблица 2 – Кодировка всех сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_PSEP	Давление газожидк. смеси в первичном сепараторе
PRS_CSEP	Давление газожидк. смеси в центробежном сепараторе
PRS_1	Давление сырого газа на замерной нитки до теплообмен.
TMP_1	Темпер. сырого газа на замерной нитки до теплообмен.
PRS_2	Давл. сырого газа на замерной нитки после теплообмен.
TMP_2	Темпер. сырого газа на замерной нитки после теплообм.

Таблица 2 – Кодировка всех сигналов (Продолжение)

STT_VLV	Состояние задвижки регулятора
PRS_NSEP	Давление газожидк. смеси в низкотемператур. сепараторе
LVL_NSEP_L	Низкий уровень жидкости в низкотемператур. сепараторе
LVL_NSEP_H	Высокий уровень жидкости в низкотемперат. сепараторе
LVL_NSEP_HH	Аварийный уровень жидкости в низкотемпер. сепараторе
LVL_PSEP_L	Низкий уровень жидкости в первичном сепараторе
LVL_PSEP_H	Высокий уровень жидкости в первичном сепараторе
LVL_PSEP_HH	Аварийный уровень жидкости в первичном сепараторе
LVL_CSEP_L	Низкий уровень жидкости в центробежном сепараторе
LVL_CSEP_H	Высокий уровень жидкости в центробежном сепараторе
LVL_CSEP_HH	Аварийный уровень жидкости в центробежн. сепараторе

3 Выбор средств реализации

3.1 Выбор контроллерного оборудования

В процессе выбора контроллерного оборудования были рассмотрены 2 вида ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300 [9] и ЭЛСИ – ТМ [10].

В таблице 3 представлены технические характеристики двух ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300 и ЭЛСИ – ТМ.

Таблица 3 - Технические характеристики Siemens SIMATIC S7-300, ЭЛСИ – ТМ

Технические характеристики	Siemens SIMATIC S7-300	ЭЛСИ – ТМ
Процессор	313С	Intel Industrial Celeron 2,3 GHz
Память (RAM)	64 Кбайт	64 Кбайт
Количество каналов ввода-вывода	4096	1920
Время цикла	От 0,15 мс	0,2 мкс

Таблица 3 - Технические характеристики Siemens SIMATIC S7-300,
ЭЛСИ – ТМ (Продолжение)

Тип интерфейса	RS485, Profibus, Ethernet, MPI, Modbus	Ethernet, RS485, Profibus
Напряжение питания	24 В	24 В
Потребляемая мощность	6 Вт	110 Вт
Диапазон рабочей температуры	-40..+70 °С	-40..+60°С
Степень защиты	IP65	IP20

В результате технико-экономического анализа был выбран ПЛК Siemens SIMATIC S7-300 (Рисунок 2).



Рисунок 1 – ЭЛСИ – ТМ



Рисунок 2 - Siemens SIMATIC S7-300

В результате технико-экономического анализа был выбран ПЛК Siemens SIMATIC S7-300 (Рисунок 2).

Программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-300 – необходим для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция контроллера S7-300, работа с охлаждением, возможность использования структур локального и распределенного ввода-вывода, обширные коммуникационные возможности, функции, поддерживаемые на уровне операционной системы, удобная эксплуатация и обслуживание дают возможность получения решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в разных областях промышленного производства [4].

Возможности контроллера:

- Быстродействие и поддержка математических операций для эффективной обработки данных;
- Удобная настройка параметров с инструментами для всех модулей контроллера;
- Постоянный мониторинг системы для обнаружения ошибок и отказов с использованием диагностических функций;

- Журнал диагностических сообщений с метками даты и времени;
- Автоматический обмен данными между операционной системой контроллера и приборами.

На рисунке 3 представлена конфигурация ПЛК.

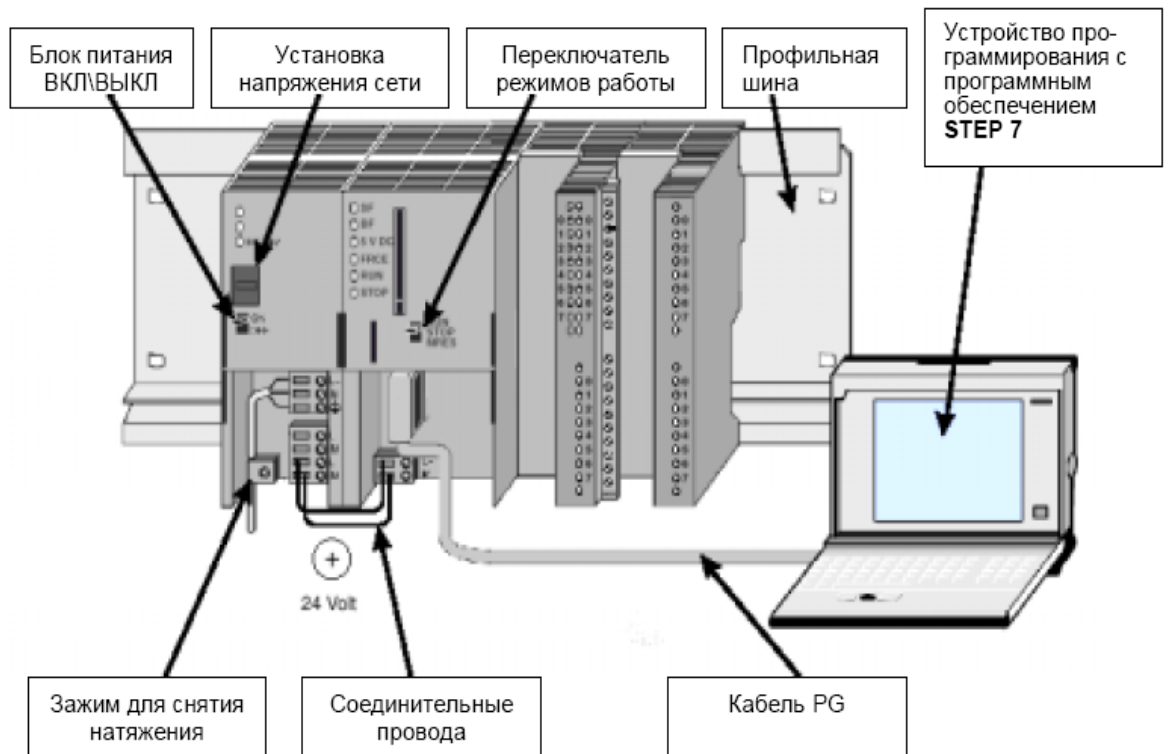


Рисунок 3 - Конфигурация ПЛК

Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-300 представлена на рисунке 4.

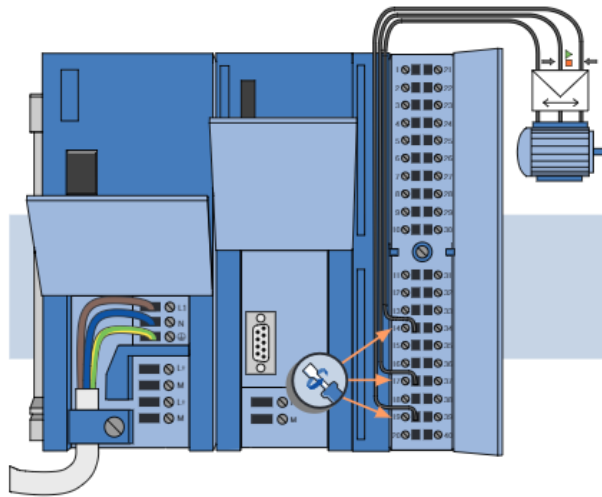


Рисунок 4 - Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-300

3.2 Выбор датчиков

3.2.1 Выбор датчика температуры

В процессе выбора оборудования для измерения температуры низкотемпературной сепарации газа, были выделены два датчика температуры: МСТУ Метран-274 [11], Метран-288 [12].



Рисунок 5 - Датчик температуры Метран-288



Рисунок 6 – Датчик температуры ТСМУ Метран-274

Приведем технические характеристики выбранных датчиков (таблица 4):

Таблица 4 – Сравнение характеристик датчиков температуры.

Технические характеристики	Метран-288	ТСМУ Метран – 274
Измерение среды	Нейтральная и агрессивная	Нейтральная и агрессивная
Диапазон измерения	-50..+500°C	-40..+500°C
Погрешность измерений	±0,2%	±0,25%
Выходной сигнал	4-20 мА	4-20 мА
Диапазон температур окружающей среды	-50..+1200°C	-40..+1000°C
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65	IP65

Данные датчики очень близки по техническим параметрам, однако датчик ТСМУ Метран -274 уступает конкуренту в таких показателях, как погрешность измерений и диапазон температур окружающей среды.

По технико-экономическим показателям, интеллектуального преобразования температуры и работы с агрессивными средами, был выбран датчик Метран-288.

Габаритные и присоединительные размеры, а также схема подключения приведена на рисунке 7 и 8.

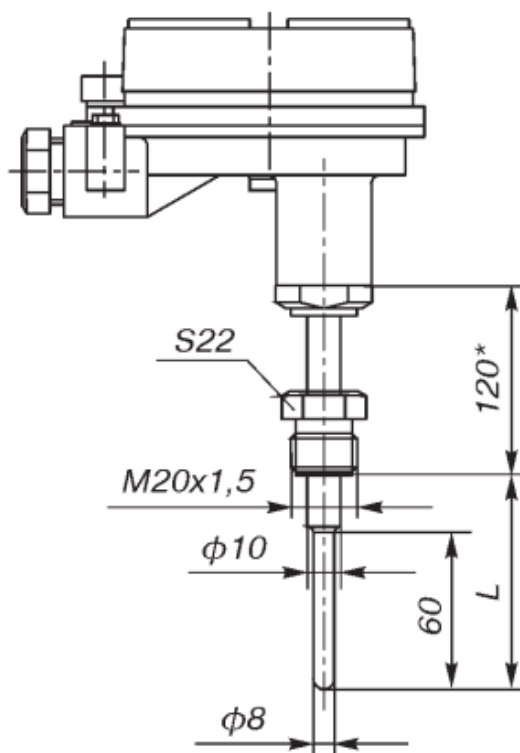


Рисунок 7 - Габаритные и присоединительные размеры Метран-288

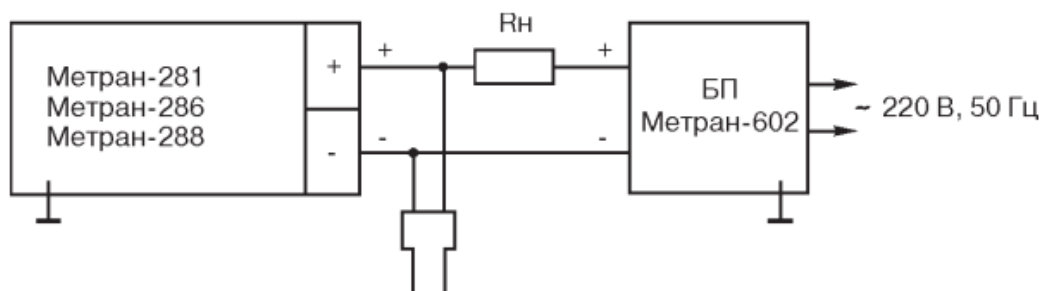


Рисунок 8 – Схема подключения датчика температуры Метран-288

Для подключения коммутационных проводов к датчику температуры с выходным сигналом 4...20мА необходимо:

- Открутить крышку датчика;
- Снять нормирующий преобразователь;
- К клеммам 3 и 4 подключить коммутационные провода. Провод подключенный к клемме 4 подключить ко входу «-» (минус) измерительного прибора, а к клемме 3 подключить к минусу источника питания, плюс источника питания подключить ко входу «+» измерительного прибора.

3.2.2 Выбор уровнемера

Важнейшим параметром, который должен находиться под непрерывным контролем, является уровень конденсата в трехступенчатом сепараторе.

Существует много технологий измерения уровня жидкости в резервуарах. Для сравнения возьмем датчик Rosemount 3300 [13], в котором применен волновод, и простой поплавковый датчик ОВЕН ПДУ И [14].



Рисунок 9 – Rosemount 3300



Рисунок 10 – ОВЕН ПДУ И

Основные черты ОВЕН ПДУ И – проверенные временем простота и надежность конструкции. В её основе лежит магнитный поплавок, который может перемещаться по измерительному стержню, внутри которого находятся герконы с шагом 10мм. С изменением измеряемого уровня, замыкаются разные герконы и, в зависимости от сопротивления цепи, формируется выходной сигнал.

Технология, примененная в Rosenmount 3300, сложнее чем технология, применяемая в ОВЕН ПДУ И. Она основана на различии диэлектрических постоянных двух граничащих сред. Импульсы, испускаемые по волноводу, отражаются от поверхности раздела сред, и в зависимости от времени и интенсивности отраженного импульса определяется уровень жидкости.

Сравнение характеристик датчиков уровня приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики датчиков уровня

	Rosenmount 3300	Овен ПДУ И
1	2	3
Техническая характеристика	Значение	
Диапазон измерений	от 230 до 5 000 мм	От 0 до 3000мм
Погрешность измерения уровня	$\pm 0,15\%$	$\pm(10+0,01L)$ мм
Зависимость погрешности от температуры	нет	да
Выходной сигнал	4-20 мА/HART	4-20мА
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	$-60...+125$ °С	$-60...+125$ °С
Диапазон температур окружающей среды	$-40...+85$ °С	$-40...+85$ °С
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 65	IP65

Минус технологии ОВЕН ПДУ И в том, что уровень жидкости измеряется дискретно и на точность измерения может повлиять температура измеряемой среды. Опираясь на данный факт, выбор был сделан в пользу Rosenmount 3300.

«Уровнемер 3300 разработан для надежного и эффективного измерения уровня в широком диапазоне применений. Волноводная технология с улучшенными характеристиками обработки сигнала и более высокой чувствительностью позволяет датчикам серии 3300 одновременно

измерять уровень и уровень границы раздела сред. Двухпроводное подключение обеспечивает простоту и экономичность установки»[7].

3.2.3 Выбор сигнализаторов уровня

Для контроля предельных значений уровня низкотемпературной сепарации газа, устанавливаются сигнализаторы предельного верхнего и нижнего уровня. Данные сигналы используются для автоматического включения и отключения дозирующих насосов.

В результате выбора для сигнализации уровня жидкости будет использоваться поплавковый магнитный датчик ОВЕН САУ-М6 [15]. Данный датчик хорошо функционирует в химических агрессивных средах, а так же в технологических ёмкостях под избыточным давлением до 30 бар и с высокой температурой до +200°C.

Технические характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики ОВЕН САУ-М6.

Параметр	Значение
Материал датчика	Нержавеющая сталь
Максимальная мощность	6 Ватт
Напряжение	220 В, 50 Гц
Температура контролируемой среды	-20...+120°C
Установка	Вертикальная

На рисунке 11 представлен сигнализатор уровня ОВЕН САУ-М6.

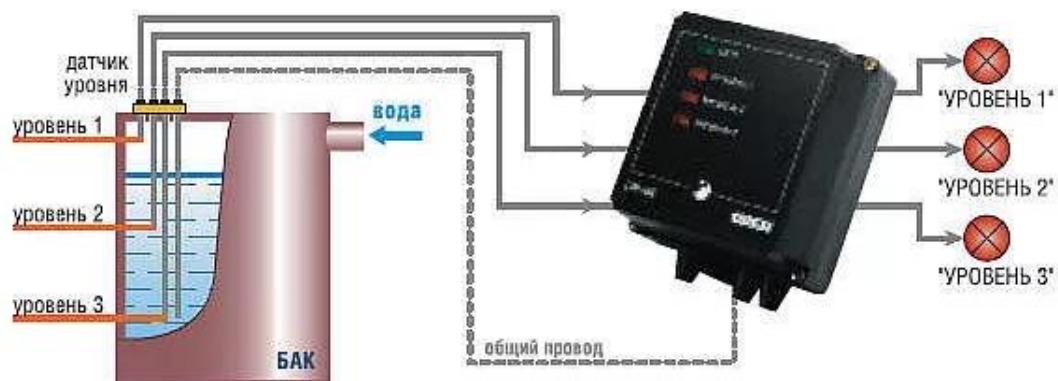


Рисунок 11 - Сигнализатор уровня ОВЕН САУ-М6

Контроль уровня низкотемпературной сепарации газа осуществляется при помощи кондуктометрических датчиков (зондов), которые устанавливаются показателем на заданных условиях технологического процесса. Для контроля над уровнем жидкости на панели прибора находятся светодиодные индикаторы, засветка которых происходит при поступлении сигнала от датчика.

Для управления оборудованием прибор имеет три встроенных электромагнитных реле, каждое из которых связано с датчиком уровня и срабатывает при заполнении или осушении датчика.

Принцип работы датчика:

Сигналы с датчиков уровней поступают на входы, в которых преобразовываются в электрические параметры, оптимальные для дальнейшей их обработки.

В состав канала прибора входит ступенчатый коммутатор X2 (X3, X4), который является регулятором чувствительности канала контроля уровня к электропроводящим свойствам жидкостей. Это позволяет работать с различными жидкими средами.

Пороговые устройства необходимы для фиксирования достижения рабочей жидкостью кондуктометрических зондов (т. е. заданных уровней) и сигнализации об этом при помощи засветки светодиодов УРОВЕНЬ. Также,

данные устройства формируют сигналы, которые предназначены для управления выходными реле.

Выходные реле используются для того, чтобы управлять внешним оборудованием, обеспечивающим выполнение технологического процесса, связанного с контролем уровня. Реле срабатывает при контакте сигнального электрода с жидкостью.

Функциональная схема и схема подключения прибора изображены на рисунках 12 и 13.

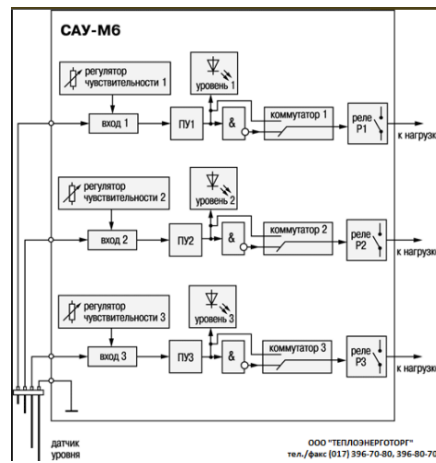


Рисунок 12 - Функциональная схема прибора ОВЕН САУ-М6

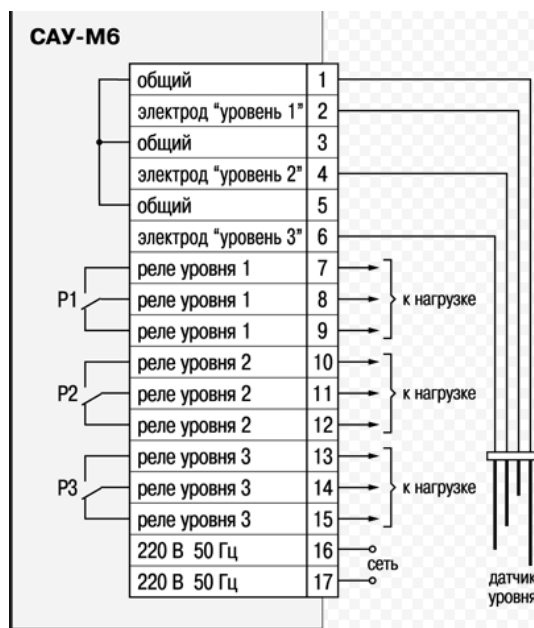


Рисунок 13 - Схема подключения прибора ОВЕН САУ-М6

3.2.4 Выбор датчика давления

Одним из параметров, который необходимо контролировать на разных этапах технологического процесса, является давление газожидкостной смеси. Существует огромное количество датчиков давления, работающих на основе разных явлений, но среди них было выделено к рассмотрению два следующих: СДВ - SMART [16] и Rosenmount 3051 [17].



Рисунок 14 – СДВ – SMART



Рисунок 15 – Rosenmount 3051

Приведем технические характеристики выбранных датчиков:

Таблица 7 – Сравнение характеристик датчиков давления

	Характеристики СДВ - SMART	Характеристики Rosemount 3051
Измеряемые величины	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений, гидростатическое давление, дифференциальное давление	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлении
Рабочая среда	Жидкость, газ, пар, парогазовые и газожидкостные смеси	Жидкость, газ, пар, газожидкостные смеси
Основная приведенная погрешность	до $\pm 0,10\%$	$\pm 0,065\%$
Давление рабочей среды, МПа	от 0 до 68	от 0 до 68
Выходной сигнал	4-20мА, HART протокол; RS – 485	4-20мА, HART протокол, протокол Fieldbus, протокол Profibus;
Диапазон рабочих тем- ператур, °С	от -61 до 80	от -50 до 80
Цена, руб.	от 30 000 руб.	от 48 000 руб.

Данные датчики очень близки по техническим характеристикам, но отличаются по цене.

В результате выбора для измерения давления будет использоваться датчик избыточного давления СДВ - SMART, так как опережает своего конкурента по экономическим показателям.

Датчики серии СДВ - SMART состоят из первичного преобразователя давления и электронного блока обработки сигналов. Все преобразователи имеют унифицированный электронный блок и отличаются только конструкцией измерительного блока. Датчики СДВ - SMART изготавливаются в соответствии с последними и самыми высокими требованиями к контрольно измерительным приборам. Датчики данной серии способны сохранять работоспособность при кратковременном повышении токов и напряжений сверх установленной нормы, а также на них предусмотрена защита от переходных процессов. Существует отдельная внешняя кнопка установки «нуля», а также выбора поддиапазона измерений. Непрерывная самодиагностика датчика дает необходимый уровень надежности и защищенности технического процесса [5].

3.3 Выбор исполнительных механизмов

3.3.1 Выбор клапана

В качестве исполнительных механизмов были выбран клапан с электроприводом и ручным управлением VFM2 [18] рисунок 16.



Рисунок 16 – Клапан VFM2

Управление клапаном осуществляется дистанционно (электроприводом) или вручную (при помощи маховика). Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизация регулируемой величины. Технические характеристики клапана представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Технические характеристики клапана VFM2.

Техническая характеристика	Значение
Условный проход Ду, мм	100
Пропускная способность K_v , м ³ /ч	630
Ход штока, мм	50
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Характеристика регулирования	Логарифмическая
Коэффициент начала кавитации Z	0,3
Протечка через закрытый клапан, % от K_{vs}	0,03
Условное давление P_u , МПа	10
Макс. перепад давления для закрытия клапана $\Delta P_{\text{макс.}}$, МПа	5
Температура регулируемой среды T, °C	-40...150
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Серый чугун
Седло, золотник и шток	Нержавеющая сталь
Уплотнение сальника	EPDM

При монтаже клапана необходимо убедиться, что направление регулируемой среды совпадает с направлением стрелки на его корпусе. Так же необходимо предусмотреть достаточное пространство вокруг клапана с электроприводом для их демонтажа и обслуживания. Устройство клапана приведено на рисунке 17.

Устройство

1. Корпус клапана
2. Крышка клапана
3. Сальник
4. Шток
5. Золотник
6. Седло

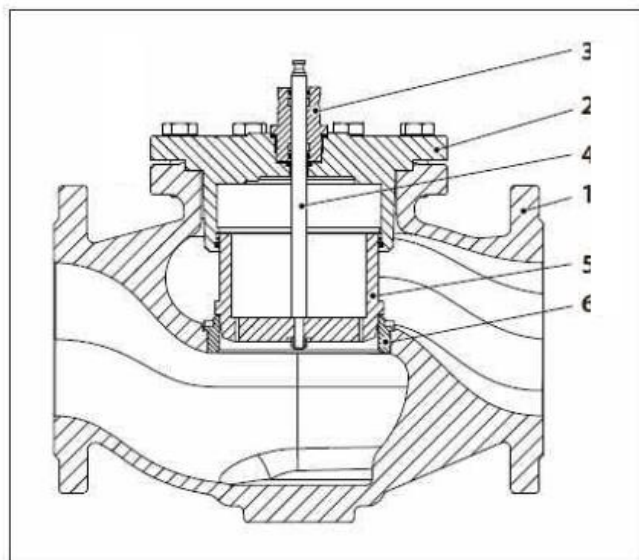


Рисунок 17 – Устройство клапана VFM2

Для управления клапана был выбран редукторный электропривод AMV 655 [19] (рисунок 18).



Рисунок 18 – Редукторный электропривод AMV 655

Отличительные особенности:

- Ручное управление либо механическое и/или электрическое;
- Индикация положения;
- Сигнальные светодиоды (LED);
- Выбираемая скорость перемещения штока;
- Импульсный выходной сигнал;
- Термическая защита и защита от перегрузок;
- Функция реверсного движения штока;

Редукторные электроприводы серии AMV655 предназначены для управления регулирующими клапанами под воздействием аналогового или импульсного 3-х позиционного управляющего сигнала электронных регуляторов. Мощность данного электропривода составляет 16,1 Ватт.

Технические характеристики привода представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики электропривода AMV 655.

Технические характеристики	Значение
Сигнал управления	4...20мА.
Класс защиты	IP54
Тип двигателя	Асинхронный
Температурный диапазон	-40...+70°С
Сила тяги	90 Н

3.3.2 Выбор насоса

В процессе работы трехступенчатого сепаратора, в нём скапливается конденсат и капельная жидкость. При достижении определенного уровня данных жидкостей, их требуется откачивать в дренажную ёмкость. Для этого требуются насосы, которые пригодны для перекачивания, возможно, горючих веществ. Главным фактором при выборе насоса является его взрывобезопасное исполнение.

Насосов для перекачки горючих веществ очень много и они все имеют разную производительность. Анализируя все варианты, представлены два наиболее подходящих варианта: ХМ (АХМ) 80/20 К5 (11Вх3000) [20] и КМ 100-80-170Е-м ХЛ2 [21].



Рисунок 19 – XM (AXM) 80/20 K5 (11Bx3000)



Рисунок 20 – KM 100-80-170E-м XJ2

Проведем сравнение выбранных насосов. Основные характеристики данного насосов приведены в таблице 10:

Таблица 10 – Технические характеристики насосов

	XM (AXM) 80/20 K5 (11Bx3000)	KM 100-80-170E-м XJ2
1	2	3
Техническая характеристика	Значение	
Подача, м ³ /час	100	100
Напор, м	32	25
Частота вращения, об/мин	2900	2900
Требуемая мощность электродвигателя, кВт	11	11

Таблица 10 – Технические характеристики насосов (Продолжение)

1	2	3
Вязкость перекачиваемой жидкости, сСт	До 500	До 100
Температура перекачиваемой жидкости, °С	До 135	До 120
Температура окружающей среды, °С	От -50 до +70	От -40 до +50
Взрывобезопасное исполнение	Да	Да

Анализируя показатели насосов, можно сказать, что явным лидером среди выбранных насосов является насос ХМ (АХМ) 80/20 К5 (11Вх3000). Он имеет повышенный запас по вязкости перекачиваемой среды, а так же способен выдерживать более низкие температуры окружающей среды.

3.3.2 Выбор асинхронного двигателя

Далее для реализации проекта потребуется электродвигатель, который будет приводить во вращение насос. Одним из главных требований к электродвигателю является его взрывобезопасное исполнение, т.к. перекачиваемая насосом среда может быть горючей.

Выбранный ранее насос, установил ограничения на мощность двигателя и скорость его вращения. Среди многообразия электродвигателей, были выбраны два следующих трехфазных асинхронных двигателя: АИР А132М2 [22] и Siemens 1LA7163-2AA [23].



Рисунок 21 – АИР А132М2



Рисунок 22 – Siemens 1LA7163-2AA

Сравним технические характеристики электродвигателей АИР А132М2 и Siemens 1LA7163-2AA . Характеристики обоих двигателей представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики электродвигателей

	АИР А132М2	Siemens 1LA7163-2AA
Характеристика:	Значение	
Мощность, кВт	11	11
Масса, кг	54	68.5
Частота вращения, об/мин	2890	2940
КПД, %	88	89,5
Коэфф. мощности	0,88	0.88
Ток при 380В, А	22	20
Отношение пускового тока к номинальному	7,5	6,5
Отношение пускового момента к номинальному	2,8	2,1
Отношение максимального момента к номинальному	3,5	2,9

Таблица 11 – Характеристики электродвигателей (Продолжение)

Цена, руб	От 17000	От 54000
-----------	----------	----------

Данные электродвигатели очень близки по техническим характеристикам, однако очень отличаются в цене, поэтому выбор был сделан в пользу отечественного двигателя АИР А132М2. Благодаря возможности быстрой замены электродвигателя и герметичности насоса появляется возможность ремонта оборудования без простоя технологического процесса. Гарантийный срок службы этого двигателя достаточно большой, поэтому, если по какой-то причине двигатель вышел из строя, фирма изготовитель привозит на объект новый двигатель, а не работающий забирает на экспертизу и ремонт.

3.3.4 Выбор частотного преобразователя

Для регулирования оборотами электродвигателя будем использовать преобразователь частоты (ПЧ). ПЧ генерирует трехфазное напряжение переменной частоты и амплитуды из однофазного или трехфазного напряжения с фиксированной частотой. Далее трехфазное напряжение выпрямляется с помощью диодного моста и конденсатора большой емкости. Напряжение постоянного тока в звене постоянного тока конвертируется в трехфазное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Во входной цепи трехфазного электродвигателя для этой цели используются быстродействующие электронные ключи, так называемые IGBT транзисторы (биполярные транзисторы с изолированным затвором). Ключи подключают каждую фазу электродвигателя либо к положительной, либо к отрицательной шине. Продолжительность подачи напряжения и его полярность можно настроить очень точно, так, чтобы с помощью такой широтно- импульсной модуляции напряжения постоянного тока смоделировать требуемое синусоидальное напряжение.

Опираясь на ограничения, которые установлены по максимальному значению тока и мощности, были выбраны два преобразователя частоты от известных производителей: Siemens MICROMASTER 420 [24] и HYUNDAI N700E-110HF [25].



Рисунок 23 – Siemens MICROMASTER 420



Рисунок 24 – HYUNDAI N700E-110HF

Сравним характеристики выбранных преобразователей. Они представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики преобразователей частоты

	Siemens MICROMASTER 420	HYUNDAI N700E- 110HF
Характеристика:	Значение	
Мощность, кВт	11	11
Номинальный ток двигателя, А	23	26
КПД преобразователя, %	96	95

Таблица 12 – Характеристики преобразователей частоты
(Продолжение)

Степень защиты	IP20	IP20
Цифровой интерфейс	RS485	RS485
Встроенный ПИД регулятор	Да	ДА

Технические характеристики выбранных преобразователей частоты почти идентичны, но преобразователь HYUNDAI N700E-110HF имеет ряд преимуществ по сравнению со своим конкурентом:

- Улучшенные характеристики управления на низких скоростях;
- Двигатель защищен от исчезновения фазы на выходе в ходе работы;
- Варьирование скорости – менее 1% на номинальной скорости;
- Возможность предотвращения аварий с помощью функции защиты от короткого замыкания;
- Оптимизированное сохранение электроэнергии согласно характеристикам нагрузки.

Выбор сделан в пользу HYUNDAI N700E-110HF.

3.4 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней проводки приведена в альбоме схем (Приложение В) Первичные и внешние приборы включают в себя датчики уровня жидкости, температуры сырого газа на замерных нитках, датчики давления, расходомеры. Сигнал с данных приборов преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчика температуры, датчика давления, расходомеров, на щит КИПиА будем использовать кабель КВВГ по три провода, а для сигнализаторов – два провода.

КВВГЭНг – это контрольный кабель с токопроводящей медной жилой, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке. Экран из алюминиевой фольги. Изготовлен из негорючих материалов. Данный вид кабеля используется для передачи переменного тока напряжением до 660 В и 100 Гц или постоянного напряжения до 1000 В, при температуре от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены [26].

Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

4 Выбор алгоритмов управления АС (НТС)

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы [27]:

- Алгоритмы поддержания уровня газожидкостной смеси в трехступенчатом сепараторе (разрабатываются на ПЛК и SCADA-форме);
- Релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа) (реализуются по ПЛК);
- Алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логических завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуется на ПЛК);
- Алгоритмы централизованного управления АС (реализуется на ПЛК или SCADA-форме).

В данной выпускной квалификационной работе разработаны следующие алгоритмы АС:

- Алгоритм поддержания уровня;
- Алгоритм автоматизированного регулирования технологическим параметром;

Для разработки пуска/остановки и сбора данных, будем использовать правила ГОСТ 19.002.

4.1 Алгоритм поддержания уровня жидкости в трехступенчатом сепараторе

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня в трехступенчатом сепараторе. Для этого канала разработаем алгоритм поддержания уровня жидкости. Алгоритм поддержания уровня жидкости с канала измерения уровня трехступенчатого сепаратора представлены в альбоме схем (Приложение 3).

4.2 Алгоритм автоматического регулирования

В процессе работы трехступенчатого сепаратора в нём скапливается конденсат и мелкие механические примеси, которые должны отводиться из сепаратора насосом. В процессе перекачки данной среды, нужно поддерживать давление в линии нагнетания насоса, исходя из условий прочности трубопровода и установленного на нём оборудования.

Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление конденсата на линии нагнетания насоса.

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Схема регулирования состоит из следующих основных элементов: входное воздействие, ПЛК с ПИД-регулятором, преобразователь частоты, асинхронный двигатель, насос, объект управления и датчик давления.

Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе приведена на рисунке 25.

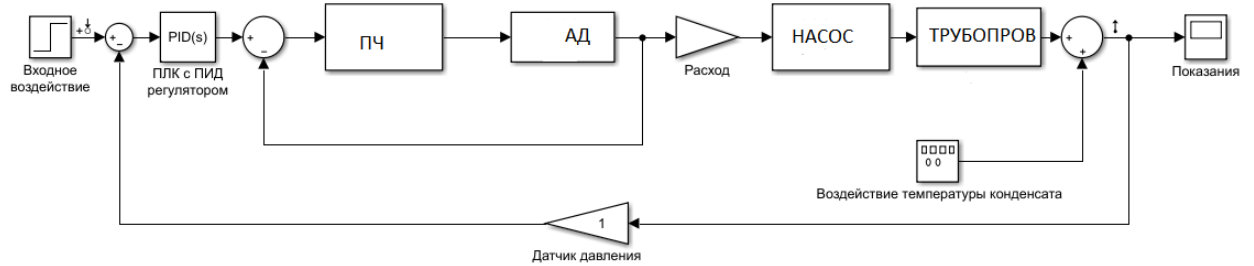


Рисунок 25 – Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе

Объектом управления является участок трубопровода. С панели оператора задается давление, которое нужно обеспечить в трубопроводе. В ПЛК подается значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подается на преобразователь, который напряжение питания асинхронного двигателя. Асинхронный двигатель с насосом преобразуют электрическую энергию в потенциальную энергию давления жидкости.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

Передаточная функция насосного агрегата.

Регулирующий насос представляет собой апериодическое звено, преобразующее скорость вращения вала ω на входе в производительность насоса.

Исходя из технических характеристик насоса, рассчитаем коэффициент передачи и постоянную времени насоса.

Постоянную времени для насоса принимаем $T_H = 0,2$ с. Коэффициент передачи насоса определяется в статическом режиме как отношение номинальной производительности насоса Q_H к номинальной скорости электродвигателя насоса ω_H . Номинальная производительность $Q_H = 100$ м³/ч, (0,0276 м³/с); номинальная скорость $\omega_H = 2900$ об/мин, (303 рад/с).

$$k_H = \frac{Q_H}{\omega_H} = \frac{0,0276}{303} = 0,0000913; \quad (1)$$

$$W_H(s) = \frac{k_H}{T_H * s + 1} = \frac{0.0000913}{0.2 * s + 1}, \quad (2)$$

где:

Q_H – номинальная производительность;

ω_H – номинальная скорость;

k_H – статический передаточный коэффициент насоса;

T_H – постоянная времени насоса.

Передаточная функция асинхронного электродвигателя АИР А132М2.

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию в скорость вращения вала.

Исходя из технических характеристик АД (асинхронного двигателя), рассчитаем коэффициент передачи и постоянную времени АД.

Статический передаточный коэффициент двигателя определяется как отношение угловой скорости вращения двигателя ω к частоте питающей сети f . Номинальная частота питания $f_H = 50$ Гц. Постоянную времени двигателя примем равной $T_{дв} = 0,87$.

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f_H} = \frac{2 * 3,14 * 2900}{60 * 50} = 6,06; \quad (3)$$

$$W_{дв}(s) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} * s + 1} = \frac{6.06}{0.87 * s + 1}, \quad (4)$$

где:

$k_{дв}$ – статический передаточный коэффициент асинхронного электродвигателя;

$T_{\text{дв}}$ – постоянная времени двигателя;

$\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость вращения двигателя.

Передаточная функция преобразователя частоты.

ПЧ представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления насоса:

$$W_{\text{ПЧ}}(s) = \frac{k_{\text{ПЧ}}}{T_{\text{ПЧ}} * s + 1}, \quad (5)$$

где:

$k_{\text{ПЧ}}$ – статический передаточный коэффициент преобразователя;

$T_{\text{ПЧ}}$ – постоянная времени преобразователя;

Передаточный коэффициент преобразователя определяется в статическом режиме при номинальном значении выходного воздействия по формуле:

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{f_{\text{Н}}}{I_{\text{ВХ}}}, \quad (6)$$

где:

$f_{\text{Н}}$ – частота на выходе преобразователя;

$I_{\text{ВХ}}$ – управляющий ток на входе ПЧ, который обеспечивает номинальную частоту на выходе.

Поскольку управление ПЧ осуществляется током 4÷20 мА, а частоту двигателя необходимо изменять в диапазоне 0÷50 Гц, то номинальной частоте двигателя ($f_{\text{Н}} = 50$ Гц) будет соответствовать входное напряжение управления ПЧ $I_{\text{ВХ.Н}} = 20$ мА.

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{f_{\text{Н}}}{I_{\text{ВХ}}} = \frac{50}{20} = 2,5 \quad (7)$$

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле

$$T_{\text{пч}} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}}, \quad (8)$$

где:

T_{ϕ} – постоянная времени цепи системы импульсно-фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр; m – число фаз ТПЧ.

Значение постоянной времени цепи СИФУ преобразователей обычно составляет 0,003÷0,005 с, поэтому при моделировании принято принимать значение T_{ϕ} из данного диапазона. Так как ПЧ реализует управление трёхфазным двигателем, то число фаз $m = 3$. Номинальное значение выходной частоты $f_{\text{н}}$ составляет 50 Гц.

$$T_{\text{пч}} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}} = 0,003 + \frac{1}{2 * 3 * 50} = 0,0063 \quad (9)$$

Передаточная функция преобразователя:

$$W_{\text{пч}}(s) = \frac{k_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} * s + 1} = \frac{2.5}{0.063 * s + 1} \quad (10)$$

Передаточная функция трубопровода.

Объектом управления является участок трубопровода, располагающийся между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина участка трубопровода зависит от правил установки датчика и РО и составляет 10 метров. Передаточная функция объекта управления приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием и представлена формулой (11) [1]:

$$W_{\text{тр}}(s) = \frac{1}{T * s + 1} * e^{-\tau_0 * s}; \quad (11)$$

$$T = \frac{2 * L * f * c^2}{Q}; \quad (12)$$

$$\tau_0 = \frac{L * s}{Q}; \quad (13)$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{\rho}{2 * \Delta p}}; \quad (14)$$

$$f = \frac{\pi * d^2}{4}, \quad (15)$$

где:

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

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

ρ – плотность жидкости;

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

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Характеристики участка трубопровода представлена в таблице 13.

Таблица 13 - Характеристики участка трубопровода

Характеристика:	Значение
Рабочее давление в трубопроводе, не более, Мпа	5,5
Удельный вес газожидкостной смеси γ , кг/с	650
Объемный расход жидкости, м3 /ч	1000
Объемный расход жидкости, м3 /с	0,277

Таблица 13 - Характеристики участка трубопровода (Продолжение)

Длина участка трубопровода, м	10
Диаметр трубы, м	0,1
Перепад давления на трубопроводе, кгс/м2	5098,581

$$f = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,15^2}{4} = 0.018; \quad (16)$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{p}{2 * \Delta p * g}} = \frac{0,277}{0,018} * \sqrt{\frac{650}{2 * 5098,581 * 9.8}} = 1,241; \quad (17)$$

$$T = \frac{2 * L * f * c^2}{Q} = \frac{2 * 10 * 0.018 * 1,241^2}{0,277} = 2,002; \quad (18)$$

$$W_{тр}(s) = \frac{1}{2,002 * s + 1}. \quad (19)$$

Датчик давления.

Датчик давления имеет передаточную функцию пропорционального звена с коэффициентом, примерно равным единице:

$$W_{дд}(s) = 1 \quad (20)$$

Соберем данную систему в Simulink (рисунок 26):

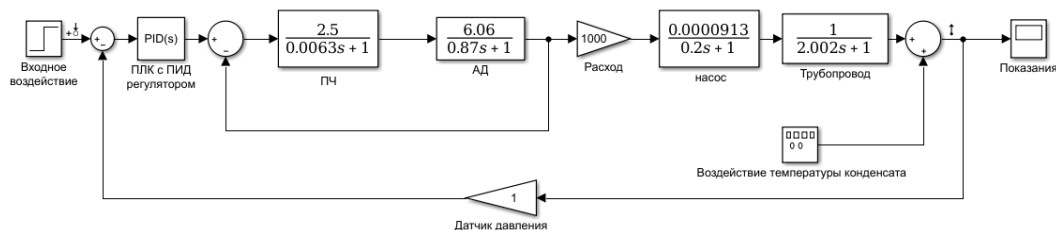


Рисунок 26 – Система регулирования, собранная в Simulink

В результате эксперимента, получен переходный процесс, который представлен на рисунке 27.

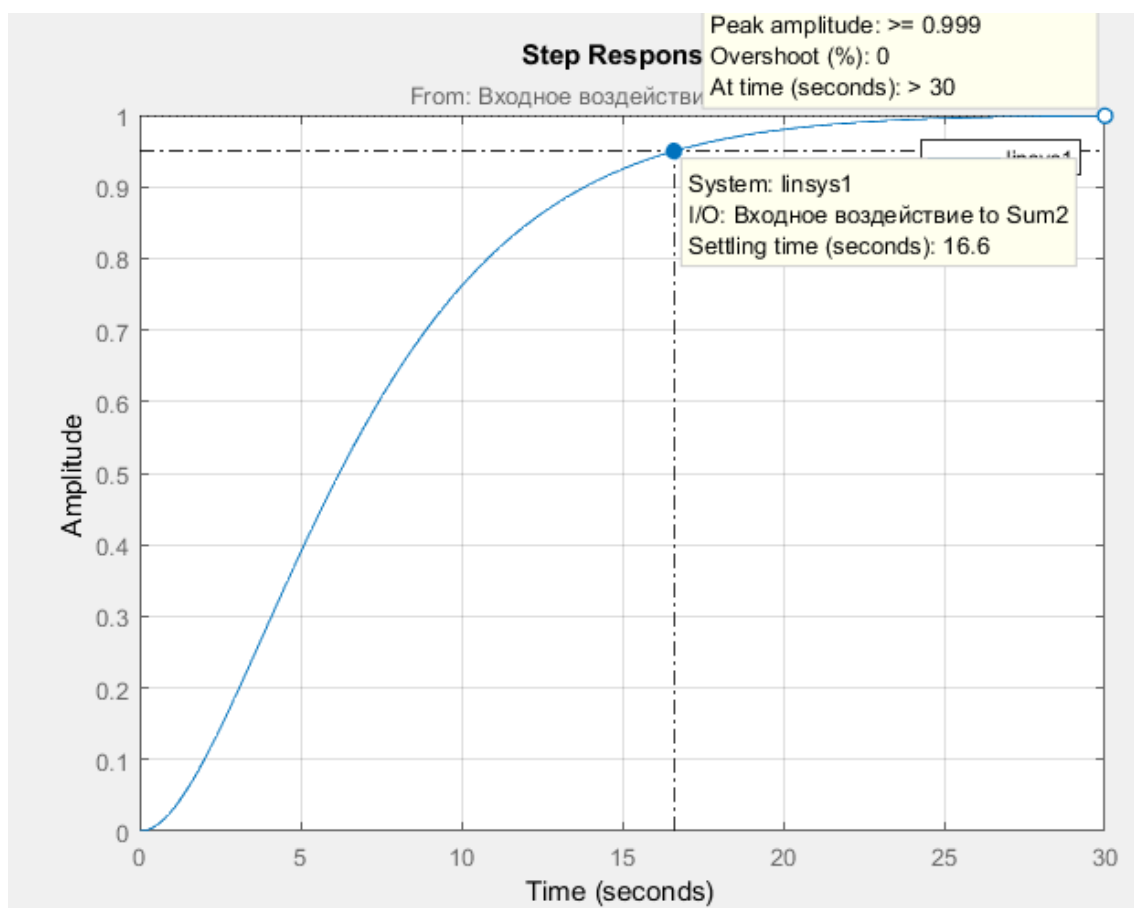


Рисунок 27 – График переходных процессов

Прямые показатели качества переходного процесса, такие, как время переходного процесса и перерегулирование составляют соответственно 16,6 сек. и 0%. Перерегулирование отсутствует, что предпочтительно для систем, так как увеличивается эксплуатационный период составляющих системы, то есть уменьшается износ оборудования.

5 Экранные формы АС НТС

Дерево экранных форм изображено в альбоме схем (Приложение Ж).

Управление в АС НТС реализовано при помощи набора экранных форм (мнемосхем), на которых наглядно представлен ход технологического процесса, значения его параметров и состояния устройств.

Управление в АС блока низкотемпературной сепарации газа реализовано с использованием SCADA системы TIA Portal [28]. Эта система предназначена для использования на действующих технологических

установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жестким требованиям в смысле надежности, стоимости и безопасности.

В TIA Portal предусмотрена OPC технология, которая предполагает возможность использования оборудования различных производителей. Выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, позволяет подключать к ней внешние, компоненты, которые работают независимо, включая, программные и аппаратные модули, разработанные отдельно.

Пользователь может осуществлять навигацию экранных форм с использованием кнопок прямого вызова. В начале пользователь авторизуется, после авторизации на экране отображается основная экранная форма, которая отображает процесс в целом, а также контроль некоторых основных параметров ТП (технологического процесса).

Находясь на основной экранной форме можно перейти к дополнительным формам, которые будут более детально отображать протекающие процессы на участках ТП. Со всех форм предусмотрена возможность перехода к формам, которые будут отображать архивные данные, а так же текущие значения параметров в виде графиков.

На мнемосхеме «Низкотемпературная сепарация газа» отображается работа следующих объектов и показания приборов:

- Давление в трехступенчатом сепараторе;
- Уровень в трехступенчатом сепараторе;
- Состояния задвижек;

6 Система противоаварийной защиты (СПАЗ) с использованием контроллера Siemens Simatic S7-1500F деградировавшего до уровня 1001D

Для системы противоаварийной защиты (СПАЗ) был разработан контур ПАЗ уровня в трехступенчатом сепараторе. Контур ПАЗ состоит из сигнализатора максимального аварийного уровня газожидкостной смеси в сепараторе, контроллера и задвижки – отсекающей. При срабатывании сигнализатора происходит перекрытие входного потока сырого газа данной задвижкой.

Согласно методическим указаниям компании проекта системы противоаварийной защиты (СПАЗ) № П1 – 01. 04 М – 0084 разработан контур аварийной защиты по уровню. В соответствии с процедурой оценки рисков и опасностей технологического процесса. Данный контур является типовым и может быть отнесен к интегрированному уровню безопасности SIL 2. Аварийный уровень безопасности можно достичь с использованием схемы 1001D (рис.28).

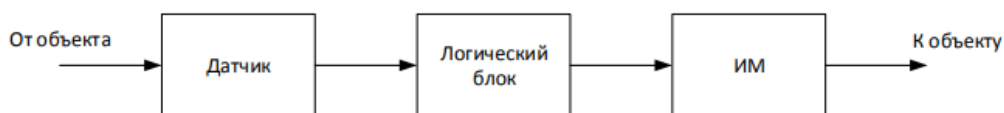


Рисунок 28 – Компоненты системы обеспечения безопасности

Для выполнения требований к обеспечению требований безопасности в соответствии с уровнем полноты безопасности SIL2 характеристики компонентов СПАЗ должны быть не больше значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14 – Максимально допустимые значения интенсивностей отказов датчика и исполнительного устройства СПАЗ для уровня полноты безопасности SIL 2 в случае конфигурации 1001D

Компонент СПАЗ	Интенсивность	Интенсивность
	скрытых отказов λ_{DU} , $10^4/\text{час}$	обнаруженных опасных отказов λ_{DD} , $10^4/\text{час}$
1	2	3
Датчик	0,178	0,30
Оконченный элемент	0,671	1,57

Подходящим для выполнения задач такой СПАЗ является контроллер Siemens Simatic S7-1500F. Это контроллер зарубежной компании и в связи с санкциями западных стран могут возникнуть перебои с его обслуживанием. Выполним анализ и расчет возможности его использования для различных его состояний, вызванных деградацией:

FS

DIAG FAIL

FDU

6.1 Расчет безопасности деградировавшего контроллера

Для изучения показателей надежности и обеспечения безопасности воспользуемся методом моделей Маркова. Описание ПЛК, деградировавшего до 1001D, в нотации модели Маркова представлено на рисунке 28.

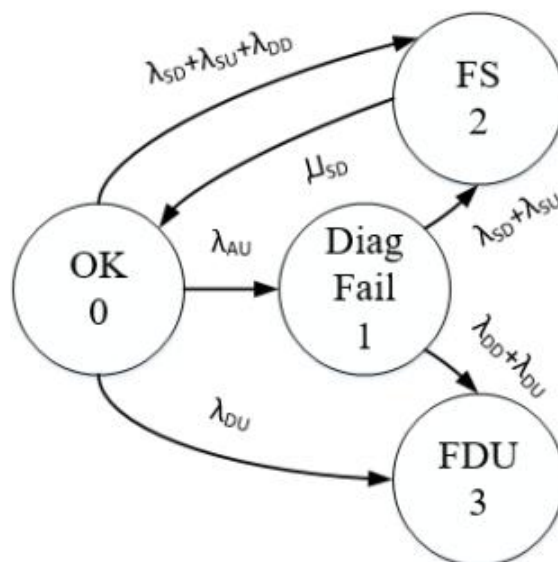


Рисунок 28 – Модель Маркова контроллера Siemens Simatic S7-1500F

Здесь принято:

- DD, опасные обнаруженные отказы;
- DU, опасные необнаруженные отказы;
- SD, безопасные обнаруженные отказы;
- SU, безопасные обнаруженные отказы;
- AU, безопасные отказ диагностической системы.

Состояние 0 соответствует условию отсутствия каких-либо отказов в оставшейся работоспособной части ПЛК. Из этого состояния контроллер, обеспечивающий безопасность ТП может перейти в следующие три состояния.

Состояние 1 представляет условие, когда диагностическая система не обнаруживает потери той части функциональности, которая не влияет на безопасность, но оказывает влияние на способность деградировавшей СПАЗ обнаруживать будущие возможные отказы (например, отказа самой диагностической схемы), причем переход в это состояние не обнаруживается средствами внутренней диагностики.

Состояние 2 характеризуется аварийным состоянием контроллера с диагностируемой системой, находящейся в безопасном отказе.

Состояние 3 характеризуется опасными отказами и диагностируемым и отказами, и состояние СПАЗ не самодиагностируется.

Добавим в модель Маркова, представленную на рисунке 29, диагностический охват DC.

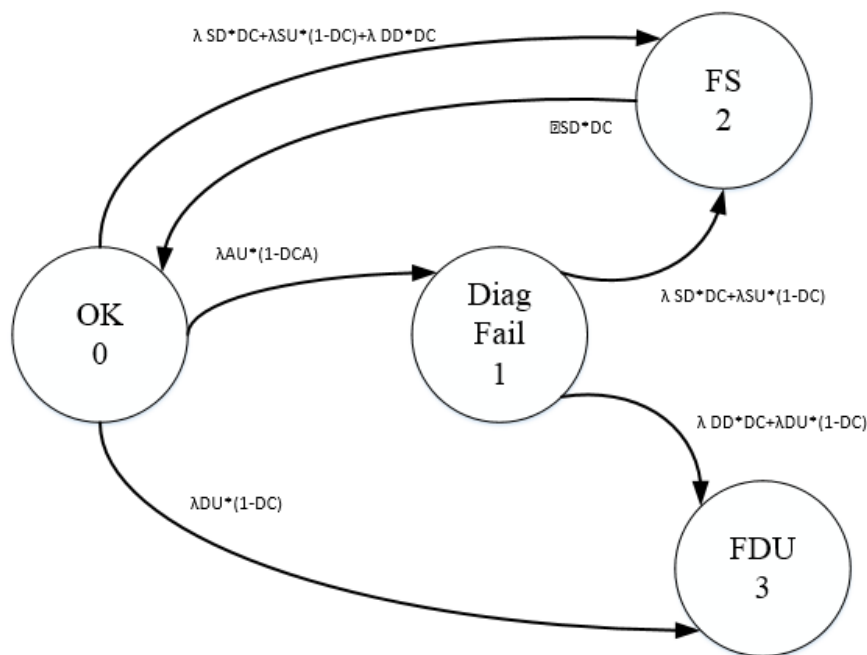


Рисунок 29 – Модель Маркова контроллера Siemens Simatic S7-1500F с добавленным диагностическим охватом

Составим систему дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена для графа, представленного на рисунке 29. Результат представлен на рисунке 30.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} P_0(t) &= -[\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{DD} \cdot DC + \lambda_{DU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{AU} \cdot (1 - DC_A)] \cdot P_0(t) + \mu_{SD} \cdot DC \cdot P_2(t) \\ \frac{d}{dt} P_1(t) &= -[\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{DD} \cdot DC + \lambda_{DU} \cdot (1 - DC)] \cdot P_1(t) + P_0(t) \cdot \lambda_{AU} \cdot (1 - DC_A) \\ \frac{d}{dt} P_2(t) &= [\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{DD} \cdot DC] \cdot P_0(t) - \mu_{SD} \cdot DC \cdot P_2(t) + P_1(t) \cdot [\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC)] \\ \frac{d}{dt} P_3(t) &= P_0(t) \cdot [\lambda_{DU} \cdot (1 - DC)] + P_1(t) \cdot [\lambda_{DD} \cdot DC + \lambda_{DU} \cdot (1 - DC)] \end{aligned}$$

Рисунок 30 – Система дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена

Для дальнейшего решения задачи воспользуемся преобразование Лапласа (рис.31):

$$\begin{aligned}
 s \cdot p_0(s) &= -[\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{DD} \cdot DC + \lambda_{DU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{AU} \cdot (1 - DC_A)] \cdot p_0(s) + \mu_{SD} \cdot DC \cdot p_2(s) + 1 \\
 s \cdot p_1(s) &= -[\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{DD} \cdot DC + \lambda_{DU} \cdot (1 - DC)] \cdot p_1(s) + p_0(s) \cdot \lambda_{AU} \cdot (1 - DC_A) \\
 s \cdot p_2(s) &= [\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC) + \lambda_{DD} \cdot DC] \cdot p_0(s) - \mu_{SD} \cdot DC \cdot p_2(s) + p_1(s) \cdot [\lambda_{SD} \cdot DC + \lambda_{SU} \cdot (1 - DC)] \\
 s \cdot p_3(s) &= p_0(s) \cdot [\lambda_{DU} \cdot (1 - DC)] + p_1(s) \cdot [\lambda_{DD} \cdot DC + \lambda_{DU} \cdot (1 - DC)]
 \end{aligned}$$

Рисунок 31 – Система уравнений в форме Лапласа

Далее, примем все интенсивности отказов 10^{-4} /час, интенсивность восстановления отказа – $1/2$ 1/час, а коэффициент диагностического охвата – $0,8$. Тогда динамика вероятности опасных состояний $0, 1, 2$ и 3 будут (рис.32):

$$\text{Find}(p_0, p_1, p_2, p_3) \rightarrow \left(\begin{array}{l} \frac{7.8125e13 \cdot s^3 + 1.546875e10 \cdot s^2 + 118750.0 \cdot s}{7.8125e13 \cdot s^3 + 3.109375e10 \cdot s^2 + 3.10625e6 \cdot s + 3.0} \\ \frac{7.8125e8 \cdot s^2 + 6250.0 \cdot s}{7.8125e13 \cdot s^3 + 3.109375e10 \cdot s^2 + 3.10625e6 \cdot s + 3.0} \\ \frac{1.328125e10 \cdot s^2 + 2.59375e6 \cdot s}{7.8125e13 \cdot s^3 + 3.109375e10 \cdot s^2 + 3.10625e6 \cdot s + 3.0} \\ \frac{1.5625e9 \cdot s^2 + 387500.0 \cdot s + 3.0}{7.8125e13 \cdot s^3 + 3.109375e10 \cdot s^2 + 3.10625e6 \cdot s + 3.0} \end{array} \right)$$

Рисунок 32 – Решение системы уравнения при $DC=1,4$

Установившиеся значения вероятности для состояния $0, 1, 2$, и 3 ($s=0$) представлены на рисунке 33:

$$\text{Find}(p_0, p_1, p_2, p_3) \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1.0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 33 – Установившиеся значения вероятности

При установившемся значении ($s=0$ и $t=\text{бесконечность}$) система должна будет опасно отказать. Поэтому вероятность нахождения ее в последнем состоянии равна 1, а в остальных нулю.

Вывод:

Был рассмотрен анализ вероятности безопасной работы контроллера Siemens Simatic S7-1500F в деградированном 1oolD состоянии. Выяснено, что при достаточно большом диагностическом охвате не требуется моментально отключать данный контроллер от сети и производить над ним комплекс восстановительных работ. Вероятность отказобезопасности будет достаточно высокой при последующей эксплуатации на протяжении 6 месяцев (1 года) работы. Этот интервал времени может оказаться достаточным для выполнения восстановительных работ даже при проблемной логистике бизнеса предприятия.

7 Социальная ответственность

7.1 Введение

В России охрана труда является одним из важнейших экологических, санитарно-гигиенических и социально-экономических мероприятий, направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда.

Основная цель правил охраны труда и техники безопасности на предприятии – это сохранение здоровья работников, а также обеспечение роста производительности труда и экологической безопасности.

Главными законодательными документами, лежащими в основе трудового законодательства и охраны труда, являются:

1) Конституция РФ (ст. 7. п. 2. «В РФ охраняется труд и здоровье людей...», п. 3. «Каждый человек имеет право на безопасный труд...»), (ст. 39, ст. 41, ст. 42, ст. 52, ст. 58.)

2) Основное законодательство РФ об охране труда (ст. 3, ст. 4, ст. 5, ст. 9, ст. 20)

3) ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999г. №52-ФЗ (ст. 25, ст. 26, ст. 27, ст. 34, ст. 55)

4) ФЗ РФ от 10.01.2002г №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ст. 11).

7.2 Анализ вредоносных и опасных факторов

Результатом выполнения ВКР является автоматизированная система низкотемпературной сепарации природного газа. Для автоматизации данной станции были использованы датчики давления газа, температуры газа, уровня и расхода газоконденсатной жидкости, загазованности, перепада давления газа. Для дистанционного управления задвижками и клапанами были использованы блоки управления. Все показания с датчиков, а также показания положения задвижек и клапанов передаются на АРМ оператора.

Основными вредными и опасными производственными факторами на рабочем месте являются электрический ток, повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте.

Источником поражения электрическим током могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденный электропривод, незаземленное оборудование.

Повышенный уровень шума и вибрации возникает из-за компрессоров, насосов, запорных арматур.

В процессе работы на УКПГ возможно возникновение следующих аварийных ситуаций:

- разгерметизация газопроводов;
- пожар;
- взрыв.

В таблице 15 приведены опасные и вредные факторы при выполнении работ установки низкотемпературной сепарации природного газа (ГОСТ 12.0.003-74) [29]

Таблица 15 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ установки низкотемпературной сепарации природного газа (ГОСТ 12.0.003-74)

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Ведение технологического процесса. Обслуживание установки подготовки газа.	Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; напряженность трудового процесса.	Электрический ток; возможность взрыва и пожара при неисправностях и авариях.	ГОСТ 12.1.003-83; ГОСТ 12.1.012-78; Р 2.2.755-99; ГОСТ 12.1.005-88; ГОСТ 12.1.018-93; РД 34.21.122-87; ГОСТ 12.1.007-76.

7.2.1 Уровень шума и вибрации на рабочем месте

Основным источником шума на всех этапах обслуживания оборудования УКПГ являются компрессора на ДКС, запорная арматура, трубопроводы, нагнетатели, вентиляторы, скважины, продувочные свечи. Компрессора на ДКС имеют достаточно большую массу и обороты, составляющей производственного шума имеют уровни значительно меньше ПДУ и практически не оказывают вредного воздействия на обслуживающий персонал. Уровень шума и вибрации на рабочем месте не должен превышать допустимый уровень шума и вибрации, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-93 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территориях жилой застройки" [30] и СН 2.2.4/2.1.8.566 - 96 "Производственная вибрация. Вибрация в помещениях жилых и общественных зданий " [31].

Таблица 16 – Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной общей вибрации на рабочем месте Р 2.2.2006-05 [32].

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	Превышение ПДУ до ____ дБ/раз (включительно):					
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	<= ПДУ <1>	5	15	25	35	> 35
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень (значение) виброскорости, виброускорения (дБ/раз)	<= ПДУ <2>	3/1,4	6/2	9/2,8	12/4	> 12/4
Вибрация общая, эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, виброускорения (дБ/раз)	<= ПДУ <2>	6/2	12/4	18/6	24/8	> 24/8
<p><1> В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».</p> <p><2> В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».</p>						

На установке УКПГ уровень эквивалентного шума 79,5 дБА, что согласно таблице 14 «Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации на рабочем месте» [33] классифицируем как допустимые (класс 2). Оценка уровней вибрации с учетом времени нахождения в зонах воздействия вибрации (эквивалентно скорректированные уровни) УКПГ классифицируют согласно таблице 15 «Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации на рабочем месте» [33], как допустимые (класс 2).

На газодобывающем предприятии шумы в основном возникают на компрессорных станциях и при ремонте скважины. Нормы условий труда по шуму должны соответствовать ГОСТ 12.1.003-83 [34]. Предельно-

допустимые уровни звукового давления. Уровень вибрации на рабочих местах должен соответствовать ГОСТ 12.1.012-78 [35].

Во внедряемой системе единственным источником шума являются клапана и задвижки с электроприводом. Однако создаваемый ими уровень шума значительно меньше шума, создаваемого, например, насосными станциями. Следовательно, при работе на УКПГ специальные защитные средства не требуются.

7.2.2 Электромагнитное излучение

Работа оператора АСУ ТП в основном связана с работой за персональным компьютером. Вследствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок, монитор и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитное излучение оказывает негативное влияние на сердечнососудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям.

Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [36]. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

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

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры [36]:

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

7.2.3 Электробезопасность

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

[37] Рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением. Подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания. Необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль. Должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Электрические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током подразделяются на пять классов: 0, 01, 1, 2, 3.

ЭВМ можно отнести к классу 01, то есть, к изделиям, имеющим рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания. При начале работы с ЭВМ необходимо проверить герметичность корпуса, не открыты ли токоведущие части. Убедиться в подключении заземляющего проводника к общей шине заземления, проверить его целостность. Если заземляющий проводник отключен, подключать его можно только при отключении машины от питающей сети.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [38]:

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

7.2.4 Экологическая безопасность

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. Но наряду с этим появляются новые способы защиты от загрязнения, но данные технологии сложны и дороги.

Одна из самых серьезных проблем - потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то, и другое не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления приводит к экологическим нарушениям, таким как:

- изменение климата - накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

При работе автоматизированных систем с диспетчерским управлением, возможны такие производственные отходы как макулатура и неисправные детали персональных компьютеров.

Бумажные изделия должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия.

Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант предпочтительней, т.к. переработка отходов является перспективной технологией сохранения природных ресурсов.

Из этого можно сделать вывод, что технологии, которые внедряются в системы диспетчерского контроля технологических объектов, должны быть направлены на снижение энергопотребления, а оборудование, применяемое на технологических объектах, должно включать в себя как можно больше материалов, которые подразумевают возможность вторичной обработки.

7.2.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера. Пожары, взрывы, угроза взрывов относят к чрезвычайным ситуациям техногенного характера.

Пожаровзрывобезопасность: Классификация технологических блоков по взрывоопасности производственных процессов низкотемпературной сепарации осуществляется в соответствии с требованиями действующих нормативных технических документов в области промышленной

безопасности в нефтяной и газовой промышленности, «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ09-170-97 [39]. По санитарной характеристике в соответствии со СНиП 2.09.04-87 [40] производственные процессы низкотемпературной сепарации относятся к группе 3б.

Основную долю аварий на УКПГ составляют взрывы и пожары: Взрывы и пожары на установках и сооружениях УКПГ могут произойти в результате техногенных аварий, связанных с разгерметизацией оборудования или трубопроводов и выходом в окружающее пространство природного газа, паров метанола или конденсата газа, образующих с воздухом взрывоопасные смеси. При любых видах аварий в цехе подготовки газа и конденсата, насосной метанола и насыщенного метанола может произойти взрыв при наличии источника инициирования воспламенения и взрывоопасной смеси в пределах взрывоопасной концентрации [41].

Требования пожарной безопасности для установок низкотемпературной сепарации природного газа:

- на выкидной линии (шлейфе) от скважины при наземной прокладке шлейфа должны быть установлены компенсаторы в соответствии с расчетом;
- на коллекторах (газо- и конденсатосборных) по выходе из установок НТС должны быть установлены обратные клапаны, оборудованные обводной линией (байпасом);
- обратный клапан необходимо устанавливать и на линии от сепараторов до резервуаров с конденсатом;
- нельзя увеличивать давление нагнетания газа при перекачке конденсата в трубопроводы для сбора его в резервуары [42].

Пожарная безопасность предприятия должна соответствовать "Правилам противопожарной эксплуатации в газовой промышленности".

Незамерзающие пожарные гидранты на УКПГ установлены на кольцевой водопроводной сети. Заданный напор воды в сети создают пожарные насосами, которые установлены на насосной станции. Здания и сооружения на производстве имеют уровень огнестойкости не ниже 2 степени.

Средства пожаротушения на УКПГ:

- огнетушители УК-30 (углекислотные);
- огнетушители ОП-10 (порошковые);
- пожарные гидранты;
- ящики с песком;
- пожарные щиты.

7.2.6 Эргономика

Как правило, инженер имеет постоянное рабочее место, где он находится большую часть своего времени. Правильная организация рабочего места, его удобность и соответствие нормам безопасности значительно повышают производительность рабочего.

Требования к организации рабочего места определяются в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Дополнительные требования содержатся в ГОСТ 12.2.032-78 “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”.

Рабочее место—это место постоянного и периодического пребывания работающих в процессе трудовой деятельности. Если работы выполняются в различных пунктах рабочей зоны, то рабочим местом считается вся рабочая зона.

Рабочее место должно соответствовать следующим требованиям:

- 1) Расстояния между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м;

2) рабочий стул должен иметь дизайн, не вызывающий онемение тела и нарушение кровообращения при длительной работе на рабочем месте.

7.3 Выводы по разделу

В данной главе были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, с которыми можно столкнуться при проведении работ на УКПГ.

Автоматизированная система обеспечивает более безопасный и надежный режим работы. У работника отсутствует необходимость постоянного пребывания в периметре блока низкотемпературной сепарации газа благодаря дистанционной передаче показаний с датчиков на АРМ. Тем самым снижается вероятность воздействия чрезвычайной ситуации на работника.

8 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данном разделе проведено технико-экономическое обоснование разработки проекта. Доказана экономическая эффективность данного проекта в сравнении с другими вариантами.

В данном дипломном проекте рассматривается модификация автоматизированного блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа (УКПГ). УКПГ предназначена для промышленной подготовки газа. Данная подготовка заключается в доведении добытого газа до товарного состояния, в котором газ пригоден для транспортировки по трубопроводу. Блок низкотемпературной сепарации обеспечивает разделение сырого газа (газоконденсатной смеси) на осушенный газ и нестабильный конденсат.

Цель дипломной работы – повысить эффективность разделение сырого газа, а также разработать систему диспетчерского управления данной установки.

8.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальные потребители – предприятия, осуществляющие добычу газа. УКПГ используются на любом предприятии, на котором производится добыча газа, например, семейство ООО “Газпром добыча”, а также “Сургутнефтегаз”.

Потребителями продукции, разрабатываемой в данном проекте, являются крупные нефтегазовые компании, которые не пропадут с рынка ещё очень долгое время, поэтому разработка и усовершенствование данной установки являются целесообразными.

8.2 Анализ конкурентных технических решений

Разработаем карту сегментирования, чтобы увидеть, какие ниши на рынке не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок (табл.18).

Таблица 18 - Карта сегментирования рынка услуг.

		Вид установки	
		УКПГ модернизированные	УКПГ без модификаций
Размер компаний	Крупные	А	
	Средние	А	
	Мелкие		Б

Фирма А	Фирма Б
---------	---------

Как видно из карты сегментирования, наибольший интерес представляют крупные и средние компании, поэтому именно на них и стоит ориентироваться.

В качестве конкурентных технических решений будем рассматривать сепараторы производства «Титан» и «ADCA».

Сепараторы типа «Титан» получили очень широкое распространение за счет достаточной надежности, и за счет своей относительно небольшой цены. Небольшая цена данной установки объясняется тем, что в установке используются отечественные материалы и датчики, цены на которые, по сравнению с импортными, конечно, ниже. Низкая стоимость датчиков, как правило, влечет за собой снижение точности измерений.

Главная особенность сепараторов «ADCA» - это то, что они изготовлены частично из импортных материалов с применением более сложных технологий, что положительно сказывается на степени очистки газа. Однако, это отражается на стоимости установки, её долговечности и стоимости ее обслуживания.

Решение, предложенное в данной работе, обладает высокой степенью очистки газа (обусловлено заимствованием технологии очистки), высокой надежностью, простотой эксплуатации и ремонта, а так же разумным сочетанием отечественных материалов и импортных датчиков.

В таблице 19 представлен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты.

Таблица 19. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,3	4,5	4	4,5	1,35	1,2	1,35
Простота эксплуатации	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Повышение производительности очистки	0,2	4	4	4,5	0,8	0,8	0,9
Долговечность	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Обслуживание	0,15	5	4	4,5	0,75	0,6	0,675
Итого	1				4,3	3,95	4,125

где:

Б_ф – разработанная система;

Б_{к1} – Сепаратор типа «Титан»;

Б_{к2} – сепаратор типа «ADCA».

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 21:

$$K = \sum V_i * B_i, \quad (21)$$

где:

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Как видно из оценочной карты, разработанная система выигрывает по техническим критериям и по экономическим. По техническим критериям разность не так велика, однако из-за сочетания отечественных материалов и импортных датчиков, снижается стоимость системы в целом, а так же затраты на её обслуживание, что сказывается на экономических критериях.

8.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

Таблица 20 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,3	90	100	0,9	0,27
Простота эксплуатации	0,1	60	100	0,6	0,06
Повышение производительности очистки	0,2	70	100	0,7	0,14
Долговечность	0,15	60	100	0,6	0,09
Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Обслуживание	0,15	70	100	0,7	0,105
Итого	1		100		0,745

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле 22:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i \cdot 100, \quad (22)$$

где:

$P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

P_i – средневзвешенное значение показателя.

Значение $P_{\text{ср}}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{\text{ср}}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 = 0,745 \cdot 100 = 74,5 \quad (23)$$

Вывод:

По результатам оценки качества и перспективности разработка имеет перспективную оценку ($P_{cp} = 74,5$).

8.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Составляем результирующую матрицу SWOT.

Таблица 21 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны:</p> <p>C1. Цена обслуживания.</p> <p>C2. Простота.</p> <p>C3. Надежность.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Более высокая цена, по сравнению с конкурентами.</p> <p>Сл2. Высокая стоимость пусконаладочных работ.</p> <p>Сл3. Сложности при пусконаладке.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Несоответствие большинства функционирующих блоков низкотемпературных сепараторов высокого давления текущим стандартам;</p> <p>V2. Договоры с крупными добывающими компаниями в России.</p>	<p>V1C1C3 – новое оборудование закупается на продолжительный срок, то цена обслуживания и надежность установок играют одну из решающих ролей;</p> <p>V2C1C3 – за счет работы с крупными предприятиями можно улучшить характеристики устройства.</p>	<p>V2Сл3 – сложности при пусконаладке исключается квалифицированным персоналом, уже осуществлявшим подобные процедуры. Такой персонал обязательно есть в любой крупной фирме.</p>

Таблица 21 - Матрица SWOT (Продолжение)

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Нет производственных доказательств надежности функционирования.</p> <p>У2. Нежелание многих компаний на изменения.</p>	<p>У1С1С2С3 – нет доказательств надежности функционирования системы на реальных предприятиях.</p>	<p>У2Сл2Сл3 – нежелание к изменениям текущего, привычного персоналу, оборудования усугубляется высокой стоимостью на этапе пусконаладки.</p>
---	---	--

9 Планирование научно-исследовательских работ

9.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа участников состоит из студента и руководителя. Для выполнения научного исследования сформирован ряд работ, назначены должности исполнителя для каждого этапа работы (таблица 22).

Таблица 22 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1.	Выбор направления научного исследования	Студент
	2.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Студент
Анализ предметной области	3.	Календарное планирование работ по теме	Студент
	4.	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5.	Анализ отобранного материала	Студент Руководитель
Разработка АСУ ТП	6.	Описание технологического процесса	Студент
	7.	Разработка функциональной схемы автоматизации	Студент
	8.	Разработка структурной схемы автоматизации	Студент
	9.	Разработка схемы информационных потоков	Студент

Таблица 22 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей
(Приложение)

	10.	Подбор датчиков и ПЛК	Студент
	11.	Разработка схемы соединения внешних проводок	Студент
	12.	Разработка экранных форм	Студент
	13.	Разработка алгоритмов управления системы	Студент
	14.	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент
	15.	Написание раздела «социальной ответственности»	Студент
	16.	Проверка работы с руководителем	Студент Руководитель
Оформление отчета	17.	Составление пояснительной записки	Студент
	18.	Подготовка презентации дипломного проекта	Студент

9.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения i – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 25:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (25)$$

где:

t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 26).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожіi}}{Ч_i}, \quad (26)$$

где:

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

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

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

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 27).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (27)$$

где:

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 28:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (28)$$

где:

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

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

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

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ожид}}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Выбор направления научного исследования	8	0	12	0	9,6	0			9,6	14,208
Составление и утверждение технического задания	4	3	7	5	5,2	3,8			4,5	6,66
Календарное планирование работ по теме	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор и изучение материалов по теме	15	0	20	0	17	0			17	25,16
Анализ отобранного материала	6	3	12	6	8,4	4,2			7,4	10,952
Описание технологического процесса	4	0	6	0	4,8	0			2,8	4,144

Таблица 23 - Временные показатели проведения научного исследования

(Продолжение)

Разработка функциональной схемы автоматизации	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Разработка структурной схемы автоматизации	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка схемы информационных потоков	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор датчиков и ПЛК	5	0	10	0	7	0			7	10,36
Разработка схемы соединения внешней проводки	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка экранных форм	4	0	8	0	5,6	0			5,6	8,288
Разработка алгоритма управления системы	8	0	12	0	9,6	0			9,6	14,208
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	4	0	8	0	5,6	0			5,6	8,288
Написание раздела «социальная ответственность»	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432

Таблица 23 - Временные показатели проведения научного исследования
(Продолжение)

Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,6			7,5	11,1
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13,6	0			13,6	20,128
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	100	11	171	20	128,4	14,6			123,8	183,224

9.3 Разработка графика проведения научного исследования

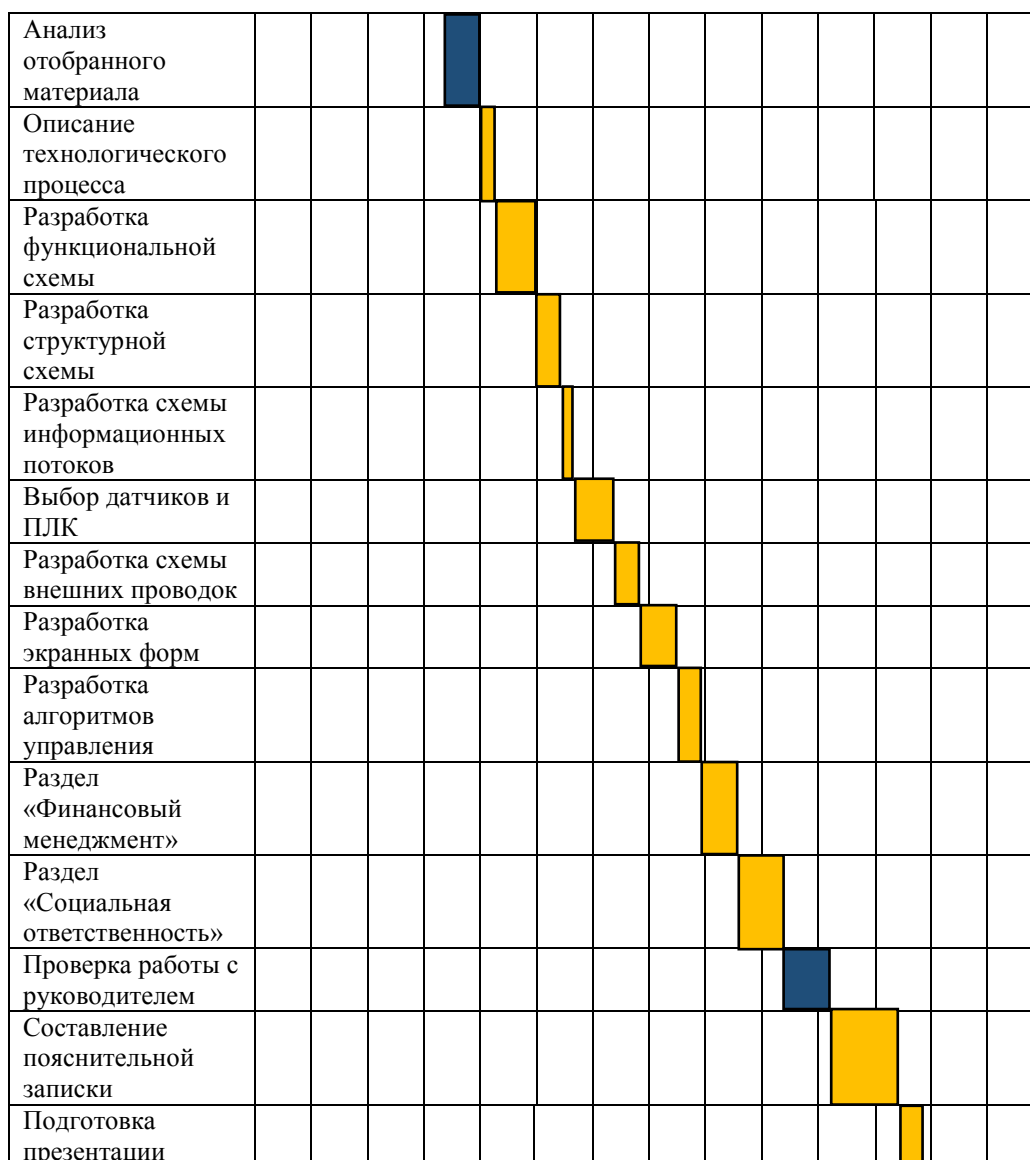
По данным из таблицы 23 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней при каждом процессе. Данная диаграмма представлена в таблице 24.

Желтый цвет – совместная работа студента и преподавателя, синий – индивидуальная работа студента.

Таблица 24 - Диаграмма Ганта

Название работы	Дек.		Янв.		Фев.		Март		Апр.		Май		Июнь	
	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30
Выбор направления научного исследования	Желтый													
Составление и утверждение ТЗ		Синий												
Календарное планирование работ по теме		Желтый												
Подбор и изучение материалов по теме			Желтый											

Таблица 24 - Диаграмма Ганта (Продолжение)



9.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

9.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 29:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (29)$$

где:

m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ноутбук, канцелярские товары, печатная бумага, принтер (таблица 24).

Таблица 25 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена (руб.)
Ноутбук	шт.	1	48000
Канцелярские товары (набор)	шт.	1	300
Пачка печатной бумаги	шт.	1	400
Принтер	шт.	1	3000
Дополнительный монитор	шт.	1	9000
Итого (руб.)		60700	

9.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула 30):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (30)$$

где:

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 31:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (31)$$

где:

Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;
- при отпуске в 72 раб. дней $M=9,6$.

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 26).

Таблица 26 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365

Таблица 26 - Баланс рабочего времени (Продолжение)

Количество нерабочих дней	118	118
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	45	72
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	202	175

Месячный должностной оклад работника (формула 33):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (33)$$

где:

Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от Z_{tc});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 27.

Таблица 27 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р.раб.}$ дн.	$Z_{осн.}$ руб.
Руководитель	23000	1,3	47840	2652	22	58344
Студент	1692	1,3	2200	131	183	23973

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

9.4.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 34:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (34)$$

где:

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{\text{доп}}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 28.

Таблица 28. Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	58344	0,12	7001,28
Студент	23983	0,12	2877,96
Итого:			9879,24

9.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 35:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (35)$$

где:

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 29.

Таблица 29 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	58344	7001,28
Студент	23983	2877,96
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Руководитель	19603,59	
Студент	8058,29	

9.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 30.

Таблица 30 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
1. Материальные затраты НИИ	0	60700
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58344	23983

Таблица 30 - Расчет бюджета затрат НИИ (Продолжение)

3.	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7001,28	2877,96
4.	Отчисления во внебюджетные фонды	19603,59	8058,29
	Бюджет затрат НИИ	84948,87	95619,25

9.4.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (36)$$

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 (в т.ч. аналоги).

Φ_{max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании-заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации НТС в компании ОАО «Востокгазпром» равняется 1 млн. руб, в компании ООО «Газпром» – 1,2 млн. руб, а у студента с руководителем дешевле – 500 тыс. руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{«Востокгаз»}$	$I_{финр}^{«Газпром»}$
Студент с руководителем	500 тыс. руб.	1,2 млн. руб.	0,42	0,83	1
ОАО «Востокгазпром»	1 млн. руб.				
ООО «Газпром»	1,2 млн. руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с руководителем	«Востокгазпром»	«Газпром»
Способствует росту производительности труда	0,3	5	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	5	5	5
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{\text{студент}}$	$I_{\text{"Востокгазпром"}}$	$I_{\text{"Газпром"}}$
4,35	4,85	4,65

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 37:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}. \quad (37)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{\text{исп.студент}}$	$I_{\text{исп."Востокгазпром"}}$	$I_{\text{исп."Газпром"}}$
10,36	5,84	4,65

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}i} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.студент}}}. \quad (37)$$

В таблице 35 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Студент с руководителем	ОАО «Востокгазпром»	ООО «Газпром»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,42	0,83	1

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки
(Продолжение)

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	4,85	4,65
Интегральный показатель эффективности	10,36	5,84	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,56	0,45

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод о том, что разработанный проект автоматизации низкотемпературной сепарации газа достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как ОАО «Востокгазпром» и ООО «Газпром». По финансовому показателю проект выигрывает у своих конкурентов, но по показателю ресурсоэффективности немного отстает. При дальнейшей модернизации проекта данный недостаток пропадет.

Заключение

В результате выполнения дипломной была разработана система автоматического управления установки блока низкотемпературной сепарации (УКПГ). В ходе выполнения ВКР был изучен технологический процесс, который обеспечивает разделение сырого газа (газоконденсатной смеси) на осушенный газ и нестабильный конденсат. Были разработаны функциональная и структурная схемы НТС, которые позволяют определить количество каналов передачи сигналов и данных, а также состав необходимого оборудования. Подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами НТС, а именно полевые датчики и контроллер Siemens SIMATIC S7300. Для работы разработанного проекта используется современная SCADA-система, TIA Portal.

В данной выпускной квалификационной работе была разработана схема внешних проводок, которая позволяет понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора. При возникновении ошибок, существует возможность их легкого устранения. Для сбора данных и управления технологическим оборудованием был разработан алгоритм поддержания уровня газожидкостной смеси в трехступенчатом сепараторе. При разработки САУ были детально проработаны структурная и функциональная схемы, соответствующая ГОСТу и стандарту ANSI/ISA, схемы. В заключении разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

В итоге, спроектированная САУ НТС удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, а также имеет высокую гибкость. SCADA-пакет, используемый на всех уровнях автоматизации, предоставляет возможность заказчикам сокращать затраты на эксплуатацию систем и обучение персонала.

Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Бекиров Т.М, Ланчаков Г.А. Технология обработки газа и конденсата: ООО "Недра-Бизнесцентр" 1999 - 596 с.
3. Джесси Рассел, Рональд Кон. Установка комплексной подготовки газа. –Москва, 2013. 166с
4. А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. Основы нефтегазового дела. ДизайнПолиграфСервис Уфа, 2005
5. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с
6. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985. 18 с.
7. ANSI/ISA-5.1-2009. Instrumentation Symbols and Identification, ISA, 2009
8. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
9. Siemens SIMATIC S7–1500. Практическое руководство. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm>
10. Элси – ТМ – Россия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elesy.ru/products/products/plc1.aspx>.
11. МСТУ Метран – 274. Практическое руководство и технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: http://kostrudstroj.kz/index.php?route=product/product&product_id=4271

12. Метран – 288 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pribor-sk.ru/katalog_oborudovaniya/temperatura/preobrazovateli_temperatury_metran/metran-288/, свободный.
13. Rossemount 3300. Практическое руководство. [Электронный ресурс]. URL: <http://www2.emersonprocess.com/ru-ru/brands/rosemount/level/guided-wave-radar/3300-series/pages/index.aspx>
14. ОВЕН ПДУ И. [Электронный ресурс]. <http://www.indelta.ru/kip/datchiki-urovnya/oven-du/poplavkovye-datchiki-urovnya-s-analogovym-vyhodnym-signalom-4-20-ma-pdu-i~mvozzu.html>
15. ОВЕН САУ М6. [Электронный ресурс]. URL: http://www.owen.ru/catalog/signalizator_urovnya_zhidkosti_trehkanal_nij_owen_sau_m6/opisanie
16. СДВ – SMART. [Электронный ресурс]. http://www.zaovip.ru/products/smart_exd?utm_source=yandex_direct&utm_campaign=svd_smart&utm_medium=cpc&utm_content=5744411707&utm_term=%D0%A1%D0%94%D0%92%20Smart
17. Rosemount 3051 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ruru/brands/rosemount/pressure/pressure-transmitters/3051-pressuretransmitters/pages/index.aspx>, свободный.
18. Клапан VFM2 [Электронный ресурс]. <http://docplayer.ru/36518069-Klapan-reguliruyushchiy-sedelnyy-prohodnoy-vfm2.html>, свободный.
19. Электропривод AMV 655 [Электронный ресурс]. <http://www.uwr.ru/equipment/reguliruyushchie-klapany-i-elektroprivody/112/>
20. Насосы нефтяные консольные типа ХМ [Электронный ресурс]. http://www.pumps-seals.ru/main/pumps_marks/view/PMID__42
21. Насосы нефтяные консольные типа КМ [Электронный ресурс]. <http://www.uugm.ru/node/106#03>, свободный.
22. Асинхронные двигатели серии АИР [Электронный ресурс]. <http://electronpo.ru/production>

23. Асинхронные двигатели Siemens серии 1LA7 [Электронный ресурс]. <http://tehprivod.ru/katalog/elektrodvigateli/elektrodvigateli-siemens/elektrodvigateli-siemens-tipa-1la7.html>
24. Преобразователи частоты производства Siemens серии Micromaster 420 [Электронный ресурс]. http://www.comsol.ru/drive/catalogs/si/2_micromaster_420.pdf
25. Преобразователи частоты производства HYUNDAI серии N700E-110HF [Электронный ресурс]. http://xn--80aqahnfuib9b.xn--p1ai/n700e_110hf.html
26. КВВГ. Описание и технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: <https://cable.ru/cable/group-kvvg.php>
27. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
28. Totally Integrated Automation Portal [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/industrysoftware/automation-software/tia-portal.html>, свободный.
29. ГОСТ 12.1.003 – 74 «ССБТ. Основные и вредные производственные факторы. Классификация»
30. СН 2.2.4/2.1.8.562-93 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территориях жилой застройки»
31. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация. Вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
32. Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда»
33. Методика оценки условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда. [Электронный ресурс]. <http://busel.org/texts/cat5kh/id5xweyuc.htm>
34. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

35. ГОСТ 12.1.012-78 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности»
36. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
37. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
38. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
39. ПБО9-170-97 «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»
40. СНИП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания»
41. ГОСТ 14254-96(МЭК 529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками. - Москва: Изд-во стандартов, 1996.
42. ППБО 116-85 «Правила пожарной безопасности в нефтяной промышленности»
43. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.

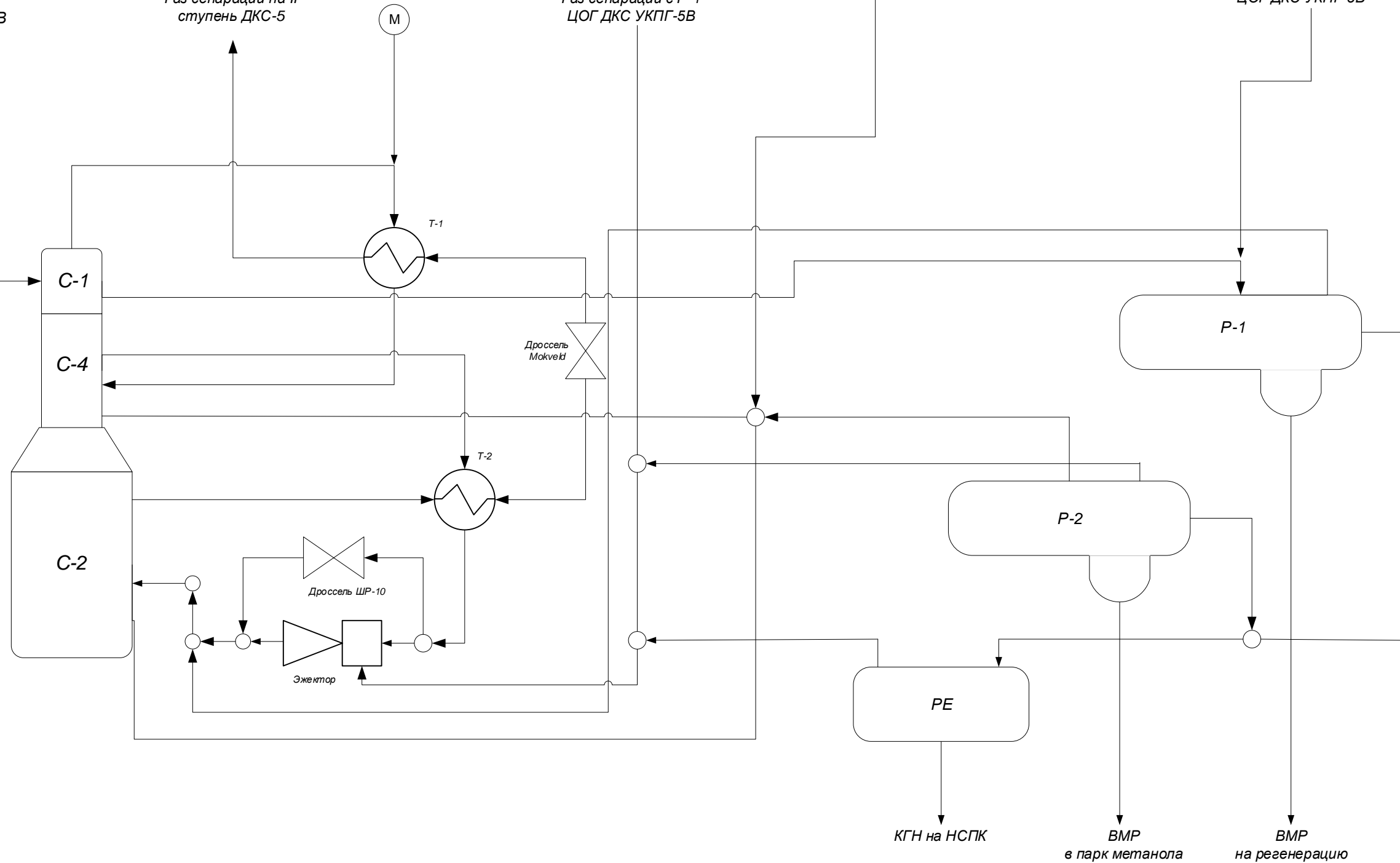
Сырой газ с ДКС-5В

Газ сепарации на II ступень ДКС-5

Газ сепарации с P-1 ЦОГ ДКС УКПГ-5В

НК с P-1 ЦОГ ДКС УКПГ-5В

ВМР с P-1 ЦОГ ДКС УКПГ-5В



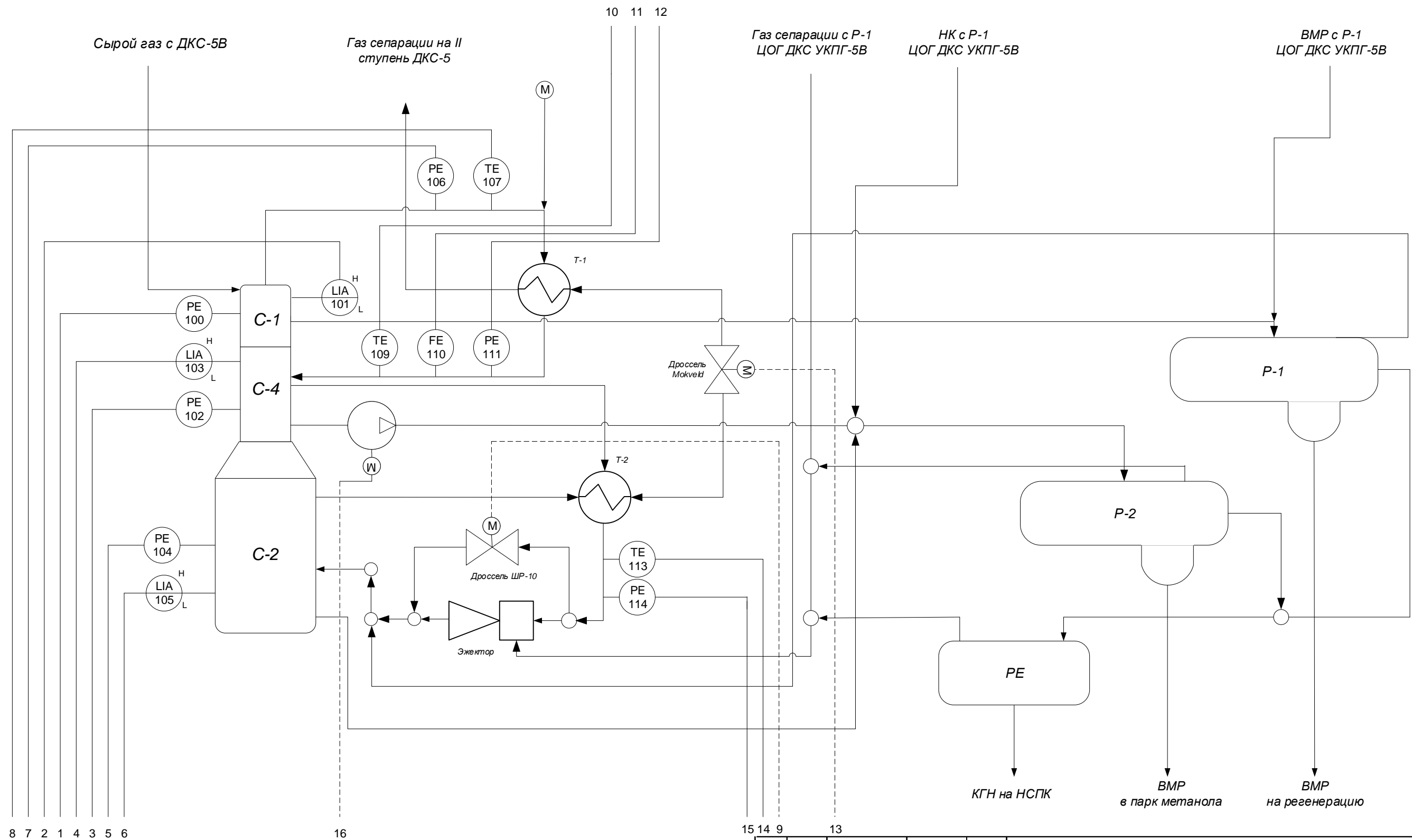
ФЮРА.425280.015

Приложение А
Функциональная схема
до автоматизации

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб.		Шадрин ДВ.		
Проверил		Громожаев ЕИ.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1		Листов 1
ТГУ ИШИП Группа 8Т4А		

Перф. примен.
Справочный №
Падл. И дата
Инв. № вкл.
Взам инв. №
Падл. И дата
Инв. № подл.



ФЮРА.425280.015

Приложение Б (начало)
Функциональная схема
автоматизации

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб		Шадрин Д.В.		
Проверил		Громиков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 2	
ТГУ ИШИП Группа 8Т4А		

Перф. примен.

Справочный №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Перф. примен.

Справочный №

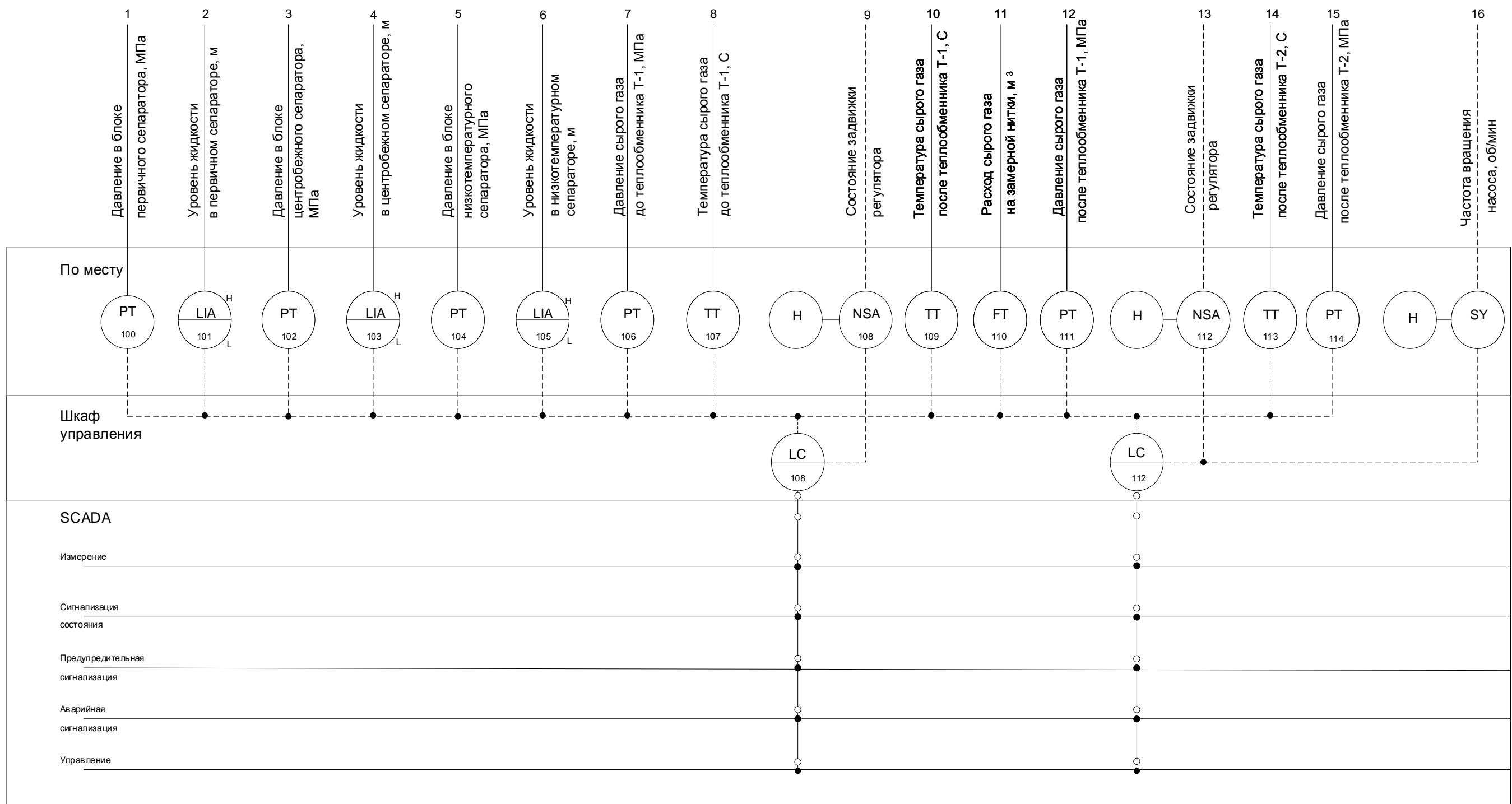
Подп. И дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. И дата

Инд. № подл.



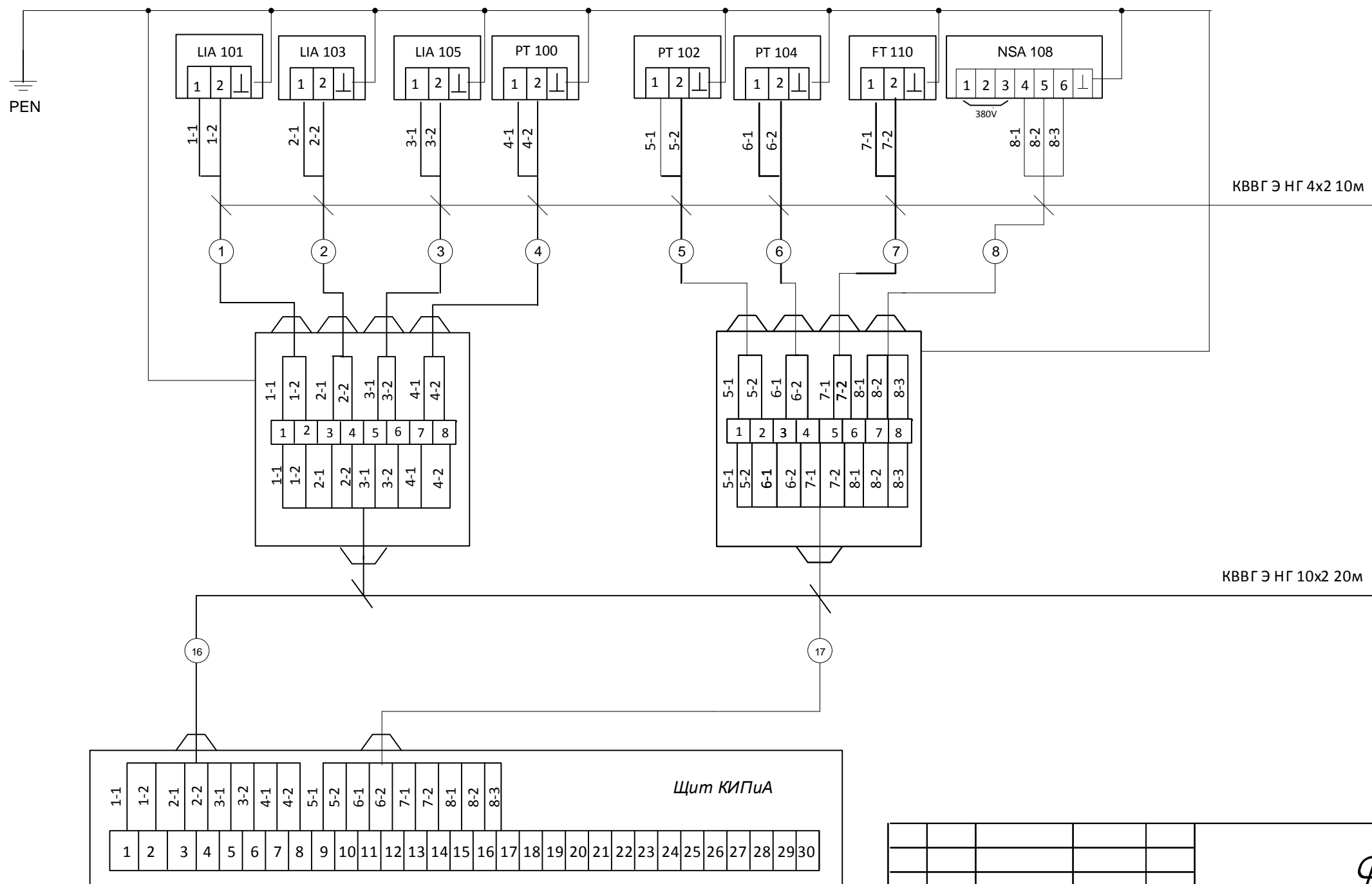
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб		Шадрин Д.В.		
Проверил		Грамаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утв. Контр.				

ФЮРА.425280.015

Приложение Б (окончание)
Функциональная схема
автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 2	Листов 2	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А		

Наименование параметра	НТС							
Наименование и место отбора импульса	Уровень жидкости в первичном сепараторе	Уровень жидкости в центробежном сепараторе	Уровень жидкости в низкотемпер. сепараторе	Давление в блоке первичного сепаратора	Давление в блоке центробежного сепаратора	Давление в блоке низкотемпературного сепаратора	Расход сырого газа на замерной нитки	Положение задвижки
Позиция	LIA 101	LIA 103	LIA 105	PT 100	PT 102	PT 104	FT 110	NSA 108



Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разработ		Шадрин Д.В.		
Проверил		Громожаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425280.015

Приложение В (начало)
Схема внешних проводок

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 2	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А		

Лист примеч.

Справочный №

Лист и дата

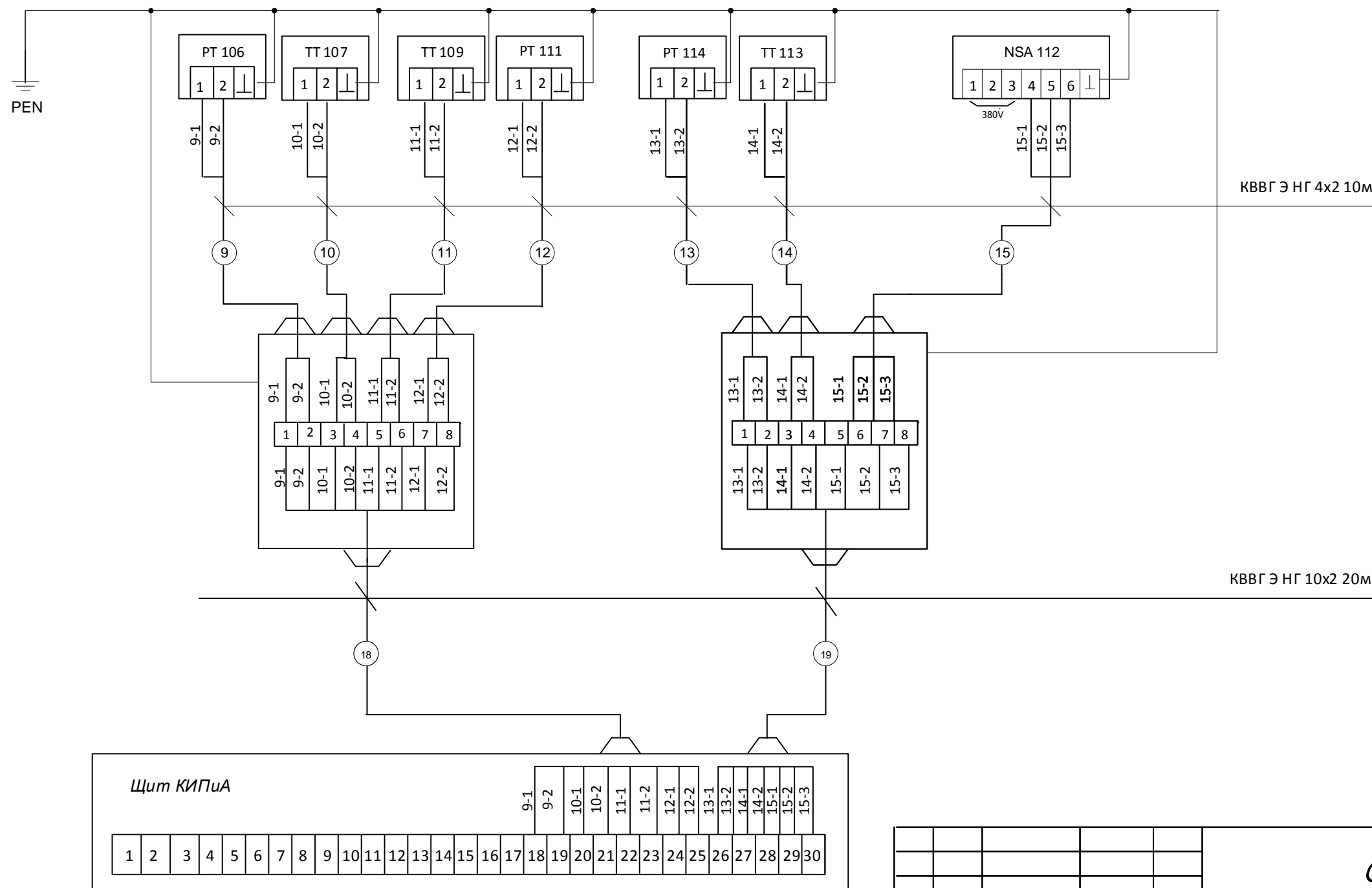
Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Лист и дата

Инд. № дубл.

Наименование параметра	НТС						
Наименование и место отбора импульса	Уровень жидкости в первичном сепараторе	Уровень жидкости в центробежном сепараторе	Уровень жидкости в низкотемпер. сепараторе	Давление в блоке первичного сепаратора	Давление в блоке центробежного сепаратора	Давление в блоке низкотемпературного сепаратора	Положение задвижки
Позиция	РТ 106	ТТ 107	ТТ 109	РТ 111	РТ 114	ТТ 113	NSA 112



Лист примеч.

Справочный №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Щит КИПиА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

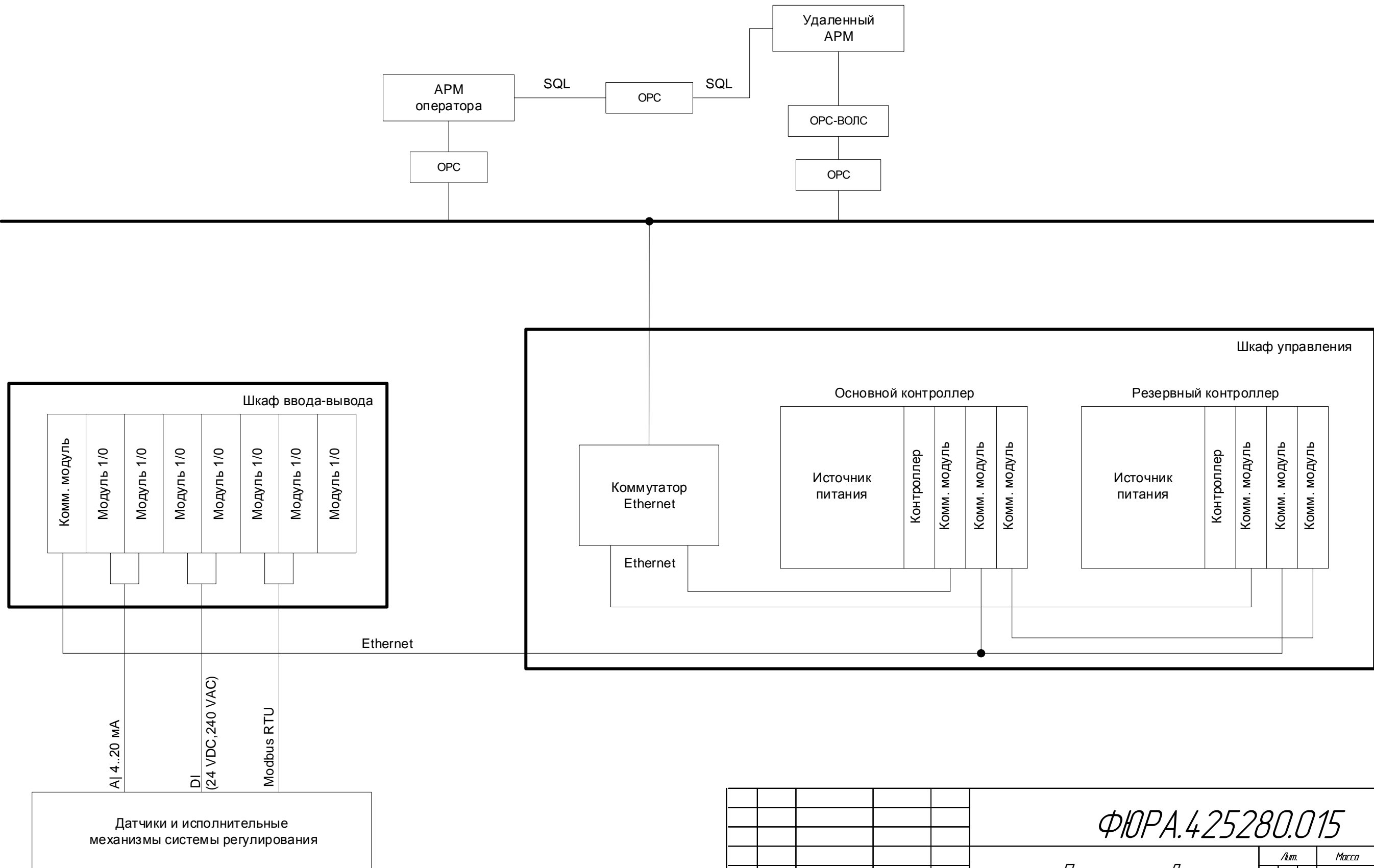
ФЮРА.425280.015

Приложение В (окончание)
Схема внешних проводок

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 2	Листов 2	
ТГУ ИШИП		
Группа 8Т4А		



					ФЮРА.425280.015					
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Приложение Г Схема информационных потоков			Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шадрин Д.В.							у		
Пров.	Громаков Е.И.									
Т.контр										
						Лист 1	Листов 1			
Н.контр					ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А					
Утв.										



Перф. примен.

Справочный №

Лист и дата

Инд. № дубл.

Взам инд. №

Лист и дата

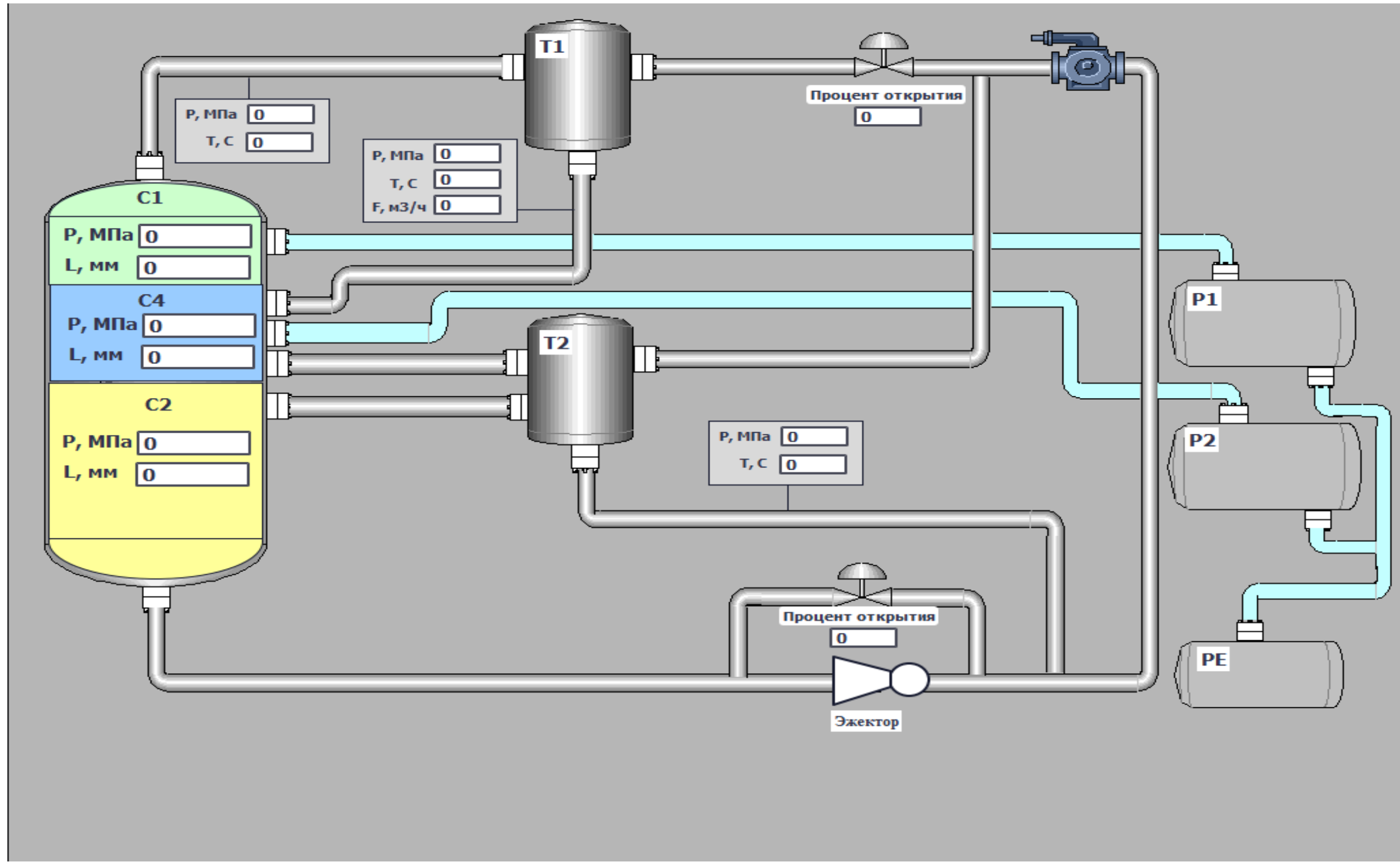
Инд. № дубл.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб		Шадрин Д.В.		
Проверил		Громожаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утв. Контр.				

ФЮРА.425280.015

Приложение Д
Структурная схема
автоматизации

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



Перф. примен.

Справочный №

Подп. И дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. И дата

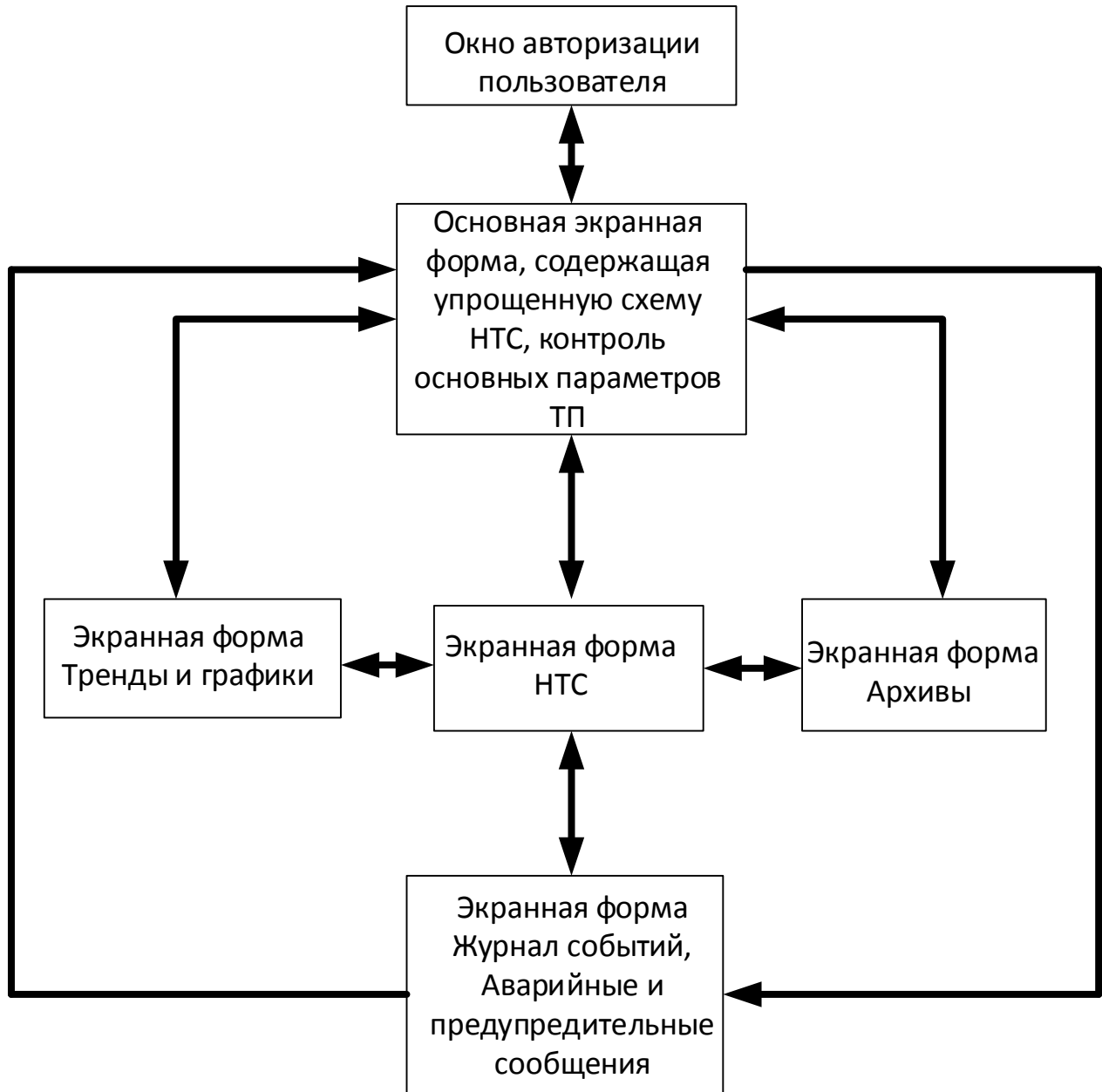
Инд. № подл.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб		Шафрин Д.В.		
Проверил		Грамаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425280.015

Приложение Е
Мнемосхема
НТС

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



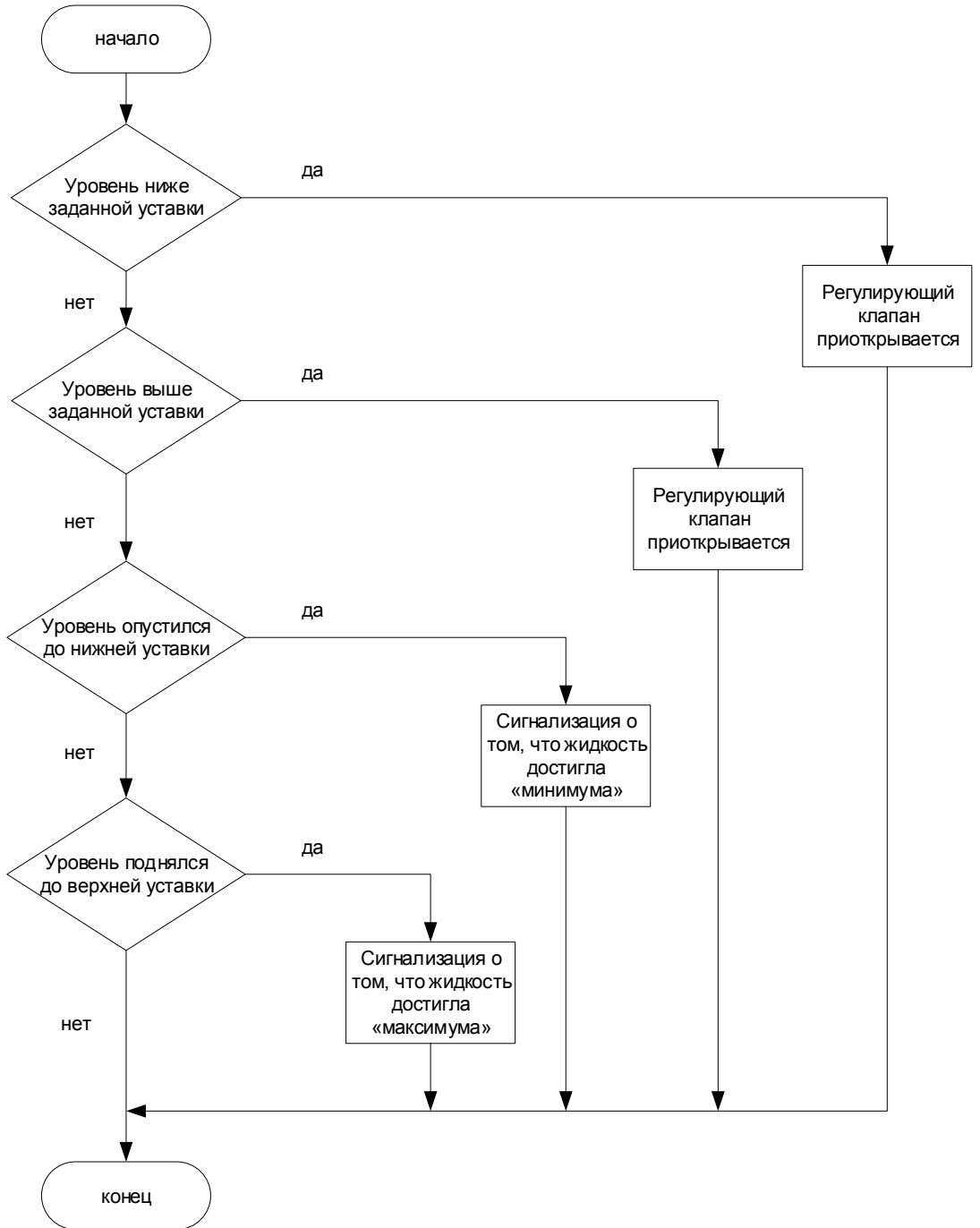
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Шадрин Д.В.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т.контр				
Н.контр				
Утв.				

ФЮРА.425280.015

*Приложение Ж
Древо экранных форм*

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т4А



ФЮРА.425280.015

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Шадрин Д.В.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т.контр				
Н.контр				
УТВ.				

Приложение 3
 Алгоритм поддержания
 уровня газожидкостной
 смеси

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