

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 автоматики и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти

УДК 681.51-048.35:665.622

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Купин Антон Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		
Руководитель ВКР	Тутов Иван Андреевич	—		

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 отделения АР	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	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	Купин Антон Сергеевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления блоком сепарации установки комплексной подготовки нефти
--

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: трехфазный сепаратор. Цель работы: Повышение качества процессов и обеспечение экономической выгоды. 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 экранных форм АС; модель управления технологическим параметром
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; структурная схема; схема соединения внешних проводок;

	схема информационных потоков; экранные формы; алгоритм поддержания уровня и давления в трехфазном сепараторе
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
Старший преподаватель ОАР	Тутов Иван Андреевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Купин Антон Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Купину Антону Сергеевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Задачей автоматизированной системы управления является поддержание уровня жидкостей в полостях, давления и температуры в сепараторе. Вредные факторы, возникающие в связи с внедрением АСУ: повышенный уровень электромагнитного излучения и шума. Опасными факторами являются: поражение электрическим током, возникновение пожара или взрыва.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ вредных и опасных факторов, оказывающих влияние на работников в связи с внедрением АСУ	Приведен перечень факторов, оказывающих влияние на персонал во время его работы с оборудованием АСУТП.
2. Производственный шум	Рассмотрено влияние шума на человека, оценено влияние на уровень шума со стороны АСУ, даны рекомендации по снижению уровня шума.
3. Электромагнитное излучение	Изучены нормы электромагнитного излучения, вклад АСУ в долю излучения, а также способы защиты и уменьшения влияние э/м излучения.
4. Электробезопасность	Оценено влияние АСУ на риск поражения током персонала. Предложены рекомендации, позволяющие свести данный риск к минимуму.
5. Экологическая безопасность	Рассмотрено влияние АСУ на предотвращение утечек нефти и газа.

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	Купин Антон Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Купину Антону Сергеевичу

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

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 трудоёмкости работ для НИ, разработка графика проведения НИ (диаграмма Ганта), 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 (с точным указанием обязательных чертежей):

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	
---	--

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	Купин Антон Сергеевич		

Реферат

Выпускной курсовой проект содержит 116 страниц, 45 рисунков, 40 таблиц, 24 источника литературы, 14 приложений.

В данной работе выполнено исследование и анализ блока сепарации УКПН. Целью является повышение качества процессов и обеспечение экономической выгоды. Для этого производится разработка АСУ блоком сепарации: выбор SCADA–системы, ПЛК, датчиков, разработка алгоритмов автоматического управления, создание математической модели трехфазного сепаратора в пакете Simulink, разработка структурной и функциональной схемы автоматизации объекта исследования, разработка схема внешних проводок.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2016, Matlab R2018a, Siemens TIA Portal V13.

Ключевые слова: УКПН, нефтегазовый сепаратор, нефть, газ, вода, НГСВ, SCADA-система, PID-регулятор, АСУТП, экранные формы.

Содержание

Глоссарий.....	10
Обозначения и сокращения.....	11
Введение.....	12
1. Техническое задание.....	13
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	13
1.2 Требования к составу системы	13
1.3 Требования к системе	14
1.3.1 Требования к системе в целом	14
2 Разработка	20
2.1 Описание ТП.....	20
2.2 Разработка структурной схемы.....	22
2.3 Функциональная схема автоматизации.....	24
2.4 Создание схемы информационных потоков.....	25
2.5 Выбор контроллерного оборудования	27
2.6 Выбор датчиков	29
2.6.1 Выбор датчиков давления.....	29
2.6.2 Выбор сигнализатора уровня.....	31
2.6.3 Выбор уровнемера.....	34
2.6.4 Выбор расходомеров.....	36
2.6.5 Выбор датчика температуры.....	39
2.7 Выбор исполнительных механизмов.....	40
2.7.1 Выбор регулирующего клапана	40
2.8 Создание схемы внешних проводок	44
2.9 Выбор алгоритмов управления АС.....	45
2.10.1 Алгоритм сбора данных.....	45
2.10.2 Математическая модель системы стабилизации технологических параметров.....	45
2.11 Экранные формы АС.....	63
2.11.1 Разработка дерева экранных форм	63
2.11.2 Разработка экранных форм АС	63
2.12 ОРС-сервер	65
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	70

3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	70
3.2	Потенциальные потребители результатов исследования	71
3.3	Анализ конкурентных технических решений	71
3.4	Анализ конкурентных технических решений	73
3.5	SWOT – анализ	75
3.6	Планирование научно-исследовательских работ.....	78
3.6.1	Структура работ в рамках научного исследования	78
3.6.2	Разработка графика проведения научного исследования	79
3.7	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	82
3.7.1	Расчет материальных затрат.....	82
3.7.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	83
3.7.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	85
3.7.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	85
3.8	Накладные расходы.....	86
3.8.1	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	86
3.9	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой,	87
	бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	87
4	Социальная ответственность	90
4.1	Анализ вредных и опасных факторов	90
4.2	Производственный шум	91
4.3	Повышенный уровень вибрации.....	91
4.4	Электромагнитное излучение	92
4.5	Электробезопасность	93
4.6	Пожарная безопасность	94
4.7	Экологическая безопасность.....	96
	Заключение	97
	Список литературы	98

Глоссарий

Таблица 1 - Глоссарий

Термин	Определение
Автоматизированная система	комбинирование управляемого объекта и автоматических устройств, в которой часть управления выполняет человек
Интерфейс	логическая и (или) физическая граница между устройством и средой передачи информации
Технологический процесс	это последовательность связанных действий, которые выполняются с того момента, как возникли исходные данные и до требуемого результата
Мнемосхема	сигнальные устройства и сигнальные изображения оборудования и связей контролируемого объекта, размещаемых на операторских пультах, операторских панелях или на ПК
Архитектура АС	это абстрактное её представление, включающее идеальные модели компонентов системы. Также модели взаимодействий между компонентами
SCADA	аппаратно-программные компоненты АСУ ТП, которые обеспечивают взаимодействие пользователя с системой
OPC-сервер	обеспечивает запись и чтение данных между клиентской программой и физическими устройствами
Протокол	правила, управляющие обменом информацией. Определяет форму (семантику и синтаксис) сообщений.
ПЛК (Программируемый логический контроллер)	это программно управляемый дискретный автомат, имеющий множество входов, подключенных с помощью датчиков к объекту управления. Также имеющий множество выходов, подключенных к исполнительным устройствам

Обозначения и сокращения

УПН	Установка подготовка нефти
ОУ	Объект управления
ИУ	Исполнительные устройства
ПЛК	Программируемый логический контроллер
СИ	Средства измерения
ППЗУ	Программируемое постоянное запоминающее устройство
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
КИПиА	Контрольно-измерительные приборы и автоматика
МИ	Методика измерений
АС	Автоматизированная система
ПК	Персональный компьютер
НГСВ	Сепаратор нефтегазовый со сбросом воды
ФСА	Функциональная схема автоматизации
ИМКН	Исполнительный механизм контура регулирования уровня нефти
ИМКД	Исполнительный механизм контура регулирования давления

Введение

В настоящее время производство стремительно развивается. Развивается и применение аппаратов и автоматических машин, а количество производственных процессов растет. В основе этого лежит автоматизация. Автоматизация охватывает широкий класс промышленных процессов, а также других классов трудовой или иной деятельности человека, в которых высокий объем операций, относящихся к получению, преобразованию, передаче и использованию энергии и особенно информации, передается специальными устройствами.

Для того, чтобы наиболее эффективно применить устройства и различные технологии, необходимо правильно их соединить, то есть осуществить корректный обмен информацией между ними. Сделать так, чтобы человеческий фактор снизился до минимума. То же самое произошло бы и с рисками.

С учетом вышесказанного, проектирование автоматизированных систем управления является эффективным и востребованным методом улучшения качества производства.

Целью данного выпускного курсового проекта является повышение качества процессов и обеспечение экономической выгоды за счет разработки автоматизированной системы блока сепарации установки комплексной подготовки нефти.

1 Техническое задание

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Установка комплексной подготовки нефти (УКПН) необходима для приема продукции нефтяных скважин, для предварительного разделения продукции (на нефть, попутный нефтегазовый газ и пластовую воду) и подготовки нефти до товарного качества.

В работе исследуется блок сепарации на УКПН, поэтому АСУ ТП должна предоставлять:

1. автоматизированное управление в реальном времени процессом сепарации на УКПН;
2. при возникновении аварийных ситуаций – оповещение оператора об этом;
3. показатели состояний устройств;
4. управление необходимыми параметрами;

Основные цели создания АСУ ТП:

1. повышение точности измерения параметров ТП;
2. увеличение эффективности персонала;
3. уменьшение трудозатрат в управлении ТП;
4. оптимизация трудовых условий.

1.2 Требования к составу системы

Состав системы:

1. трехфазный сепаратор;
2. расходомеры;
3. сигнализаторы уровня;
4. датчики давления;
5. уровнемеры;
6. датчик температуры;
7. исполнительные механизмы.

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к системе в целом

Разрабатываемая автоматизированная система управления обязана отвечать требованиям ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом нижеизложенных требований.

1.3.2 Требования к техническому обеспечению

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в ТЗ. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

1. контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
2. контроллеры или подсистемы управления;
3. станция оператора;
4. средства архивирования данных;
5. сетевое оборудование.

СИ, используемые в данном комплексе, должны иметь стандартные сигналы диапазоном 4-20 мА. Для обработки поступающих с СИ сигналов и управления заданными параметрами, подсистемы управления должны быть оснащены следующими модулями:

1. ввода сигналов диапазона 4-20мА как со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке, так и без них;
2. входа милливольтовых сигналов со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке;
3. ввода дискретных сигналов;

4. вывода аналоговых токовых сигналов (модуль управляющих воздействий);

5. вывода дискретных управляющих сигналов (модуль управляющих воздействий).

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на местах их размещения. Применяемые технические средства должны:

1. быть ремонтпригодными и заменяемыми;
2. работать от питания промышленных сетей.

Оборудование на открытых областях должно быть устойчивым против влияния температур (от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$) и не меньше 80% влажности при температуре 35°C .

Датчики в системе должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Степень защиты должна быть не меньше IP56.

1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004

Вводимые, измеряемые и расчетные параметры представлены в следующих единицах измерения, представленных в требованиях к функциональным возможностям.

В составе системы должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации.

1.3.5 Требования к программному обеспечению

Программные средства разрабатываемой системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать перечисленным требованиям:

1. функциональная достаточность;
2. восстанавливаемость;
3. возможность модификации;
4. построение модульным типом;
5. удобство использования.

Программное обеспечение:

1. ОС (операционные системы);
2. инструменты ПО (программного обеспечения);
3. базовое и специальное прикладное;

Функции конфигурации:

1. Создание баз данных конфигурации на вход-выходных сигналах;
2. создание мнемосхем для визуализации работы объектов;
3. протоколы;

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций АСУ ТП УУГ, в работе которых эти данные не участвуют.

Промышленные языки программирования должны соответствовать стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3.

1.3.4 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение представляет собой совокупность математических методов, математических моделей и алгоритмов обработки информации для создания АСУ.

Разработка математического обеспечения должна производиться с учетом требований, которые предъявляют системам, работающим в режиме реального времени.

Разработка математического обеспечения АСУ ТП разделяется на:

1. Создание алгоритмов функционального назначения (задачи обработки информации контроллерами);
2. создание алгоритмов специального назначения.

Математическое обеспечение ПЛК представлено в таблице 2

Таблица 2 – Математическое обеспечение ПЛК

Функции первичной обработки аналоговых сигналов	Управляющие и противоаварийные функции
Расчет действительных значений	Регулирование параметров
Фильтрация	Управление (программно-логическое)
Сравнение со значением уставки	Противоаварийная защита
Формирование сигналов нарушений	
Создание массивов данных значений параметра	
Наличие ПИД регулятора	

1.3.5 Требования к информационному обеспечению

Инф. обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при

разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

Информационное обеспечение подразумевает собой:

1. порядок и способ обмена информацией между компонентами системы;
2. входная/выходная аналоговая и дискретная информация;
3. формы различных документов;
4. систему, организующую базу данных в реальном времени и архивных данных;

1.3.8 Нормативно-техническая документация

Разработка АСУ ТП выполнена, основываясь на утвержденные технологические схемы в соответствии с действующими руководящими и нормативными документами:

1. Основные положения по автоматизации газораспределительных станций, ОАО «Газпром», 2001г.;
2. ВРД 39-1.10-069-2017 «Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов»;
3. ГОСТ 21.101-97 «Основные требования к проектной и рабочей документации»;
4. ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации»;
5. ГОСТ 34.201-89 «Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем»;
6. ГОСТ 5542-87 «Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия»;
7. ГОСТ 17.2.4.06-90 «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения»;

8. ГОСТ 8.346-2000 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Резервуары стальные горизонтальные. Методы и средства поверки (с Изменением N 1);
9. ГОСТ 30319.1-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки (с Изменением N 1);
10. РТМ 108.711.02-79 Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики;
11. РД 50-34.698-90 «Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов»;
12. РД 51-101-87 «Комплексная автоматизация и телемеханизация объектов транспорта газа»;
13. [МИ 2773-2002](#) Государственная система обеспечения единства измерений
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание 6, 7;

2 Разработка

2.1 Описание ТП

Функциональная схема представлена в приложении А.

Неочищенная нефть и газ поступают из скважин. Совместно с ними поступают: попутный газ, пластовая вода, механические примеси. УПН предназначена для подготовки и сбора нефтепродукции. Подготовка нефти заключается в её разгазировании, стабилизации, обезвоживании и обессоливании. Используется процесс ступенчатой сепарации с промежуточным нагревом в теплообменниках. Выделившийся газ дожимается на компрессорной станции. Пластовая вода направляется на подготовку пластовой воды, после электростатических коагуляторов возвращается на 1-ю ступень сепарации или направляется в систему подготовки воды.

От эксплуатационного манифольда продукция поступает в сепаратор 1-й ступени (НГСВ 1,6 - 3400) (рисунок 1):

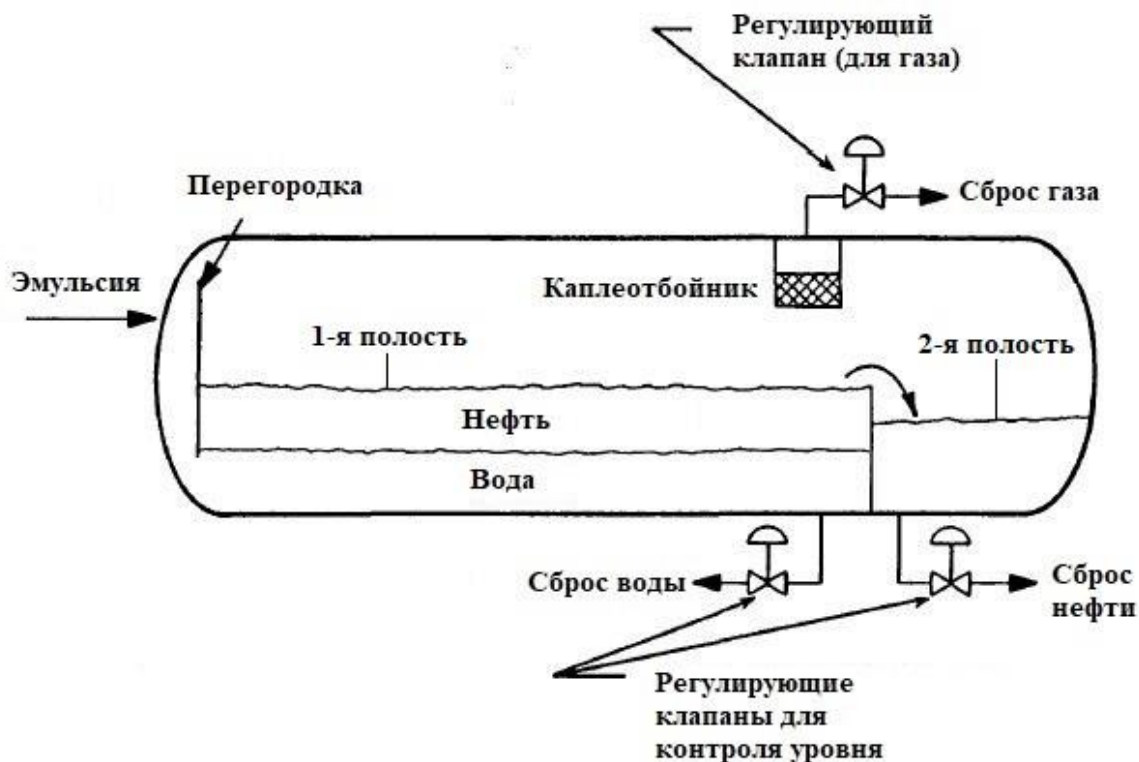


Рисунок 1 – Схема трехфазного сепаратора

Газожидкостная смесь вводится в сепаратор через штуцер, оборудованный устройством приёма газожидкостной смеси циклонного типа, в котором происходит выделение свободного газа. Отделившийся газ собирается в верхней части аппарата, проходит устройство улавливания капельной жидкости и выводится через штуцер выхода газа. Сепаратор разделен перегородками на две полости. В первой полости нефтяная эмульсия обезвоживается. Далее располагается нефтесборник (вторая полость) для очищенной нефти. Отделившаяся вода скапливается в нижней части первой полости, откуда сбрасывается через штуцер выхода воды.

Уровень нефти в сепараторе определяется уровнемером (LT 4-1, см. здесь и далее по тексту Приложение А) и поддерживается регулирующим клапаном, расположенным на выкидной линии со стороны теплообменника.

Уровень воды определяется уровнемером (LT 7-1) и поддерживается регулирующим клапаном, установленным на выкидной линии воды к установке подготовки пластовой воды.

Давление газа в аппарате определяется датчиком давления (PT 5-1) и поддерживается регулирующим клапаном, установленным на выходной линии, подающей газ на газовую компрессорную станцию высокого давления.

Температура в сепараторе контролируется датчиком температуры (TT 13-1). Предусмотрен сигнал тревоги по низкой температуре для предупреждения о возможности отложений парафинов, замерзания и образования гидратов.

Расход отходящего газа и расход нефти из сепаратора контролируются электромагнитными расходомерами (FT 3-1, FT 9-1, FT 8-1).

Для обеспечения защиты технологического процесса при аварийных ситуациях предусмотрена установка на сепараторе датчика уровня (LT 2-1).

Параметры трехфазного сепаратора следующие:

Таблица 3 – НГСВ 1,6 – 3400

Полный объем сепаратора, м3	100
Объем цилиндрической части, мм	86,6
Объем сферических днищ, мм	13,4
Высота сепаратора, мм	3400
Производительность по нефти и воде, м3/ч	560
Производительность по газу, м3/ч	30000
Рабочее давление (не более), МПа	1,3

2.2 Разработка структурной схемы

Структурная схема системы приведена в приложении Б.

Автоматизирование состоит в управлении оборудованием – регулирующими клапанами, управление уровнем, расходом, давлением. Командами включить/выключить, остановить/запустить, открыть/закрыть реализуется централизованное управление.

Объект управление – блок сепарации. Все системные параметры поступают в SCADA-систему. SCADA-система обеспечивает дистанционное (диспетчерское), автоматическое управление функциями распределенных устройств, а также наблюдение за параметрами системы. Необходимо, чтобы система была открытая, распределенная с иерархической структурой. Подчинялась трехуровневой модели АС:

- Низший уровень: исполнительные устройства и датчики, а также интеллектуальные датчики, которые могут иметь следующие интерфейсы – HART, CAN, 1-Wire и т.п.

Применительно к объекту управления:

а. датчики: уровнемеры для воды (LT 7-1) и нефти (LT 4-1) в сепараторе, сигнализатор уровня (LT 2-1), датчик давления (РТ 5-1), датчик температуры (ТТ 13-1), расходомеры (FT 3-1, FT 8-1, FT 9-1).

б. исполнительные механизмы: регулирующие клапаны с электроприводами (позиции 1-3, 2-3, 3-3), ручные клапаны.

- Средний уровень: ПЛК, модули ввода/вывода, обменивающиеся информацией по Fieldbus (Profibus, Modbus TCP, Modbus RTU). Стоит отметить, что ПЛК собирает и обрабатывает информацию, затем реализует алгоритмы автоматического регулирования и программно-логического управления, защищает и блокирует процессы, а также обменивается данными с вышестоящим уровнем и реализует команды вышестоящего уровня.

Применительно к объекту управления используется локальный контроллер Siemens S7-300 и прилагающие к нему модули ввода/вывода.

- Третий уровень: компьютеры с HMI (SCADA-пакеты). Оператор наблюдает за ходом процессов с любого компьютера сети, но управление осуществляется с одного компьютера или функции управления распределяют между несколькими компьютерами.

Применительно к объекту управления верхний уровень состоит из коммуникационного контроллера, АРМ оператора, сервера базы данных, OPC-сервера. На АРМ оператора установлена операционная система Windows, TiA Portal v13.

В блоке сепарации осуществляется замеры уровня раздела фаз, уровня нефти, давления, температуры, расхода.

Так как интернет-технологии всё больше интегрируются в задачи управления, причем даже на уровне технологического оборудования, современная иерархия АСУ выглядит иначе (рисунок 2).

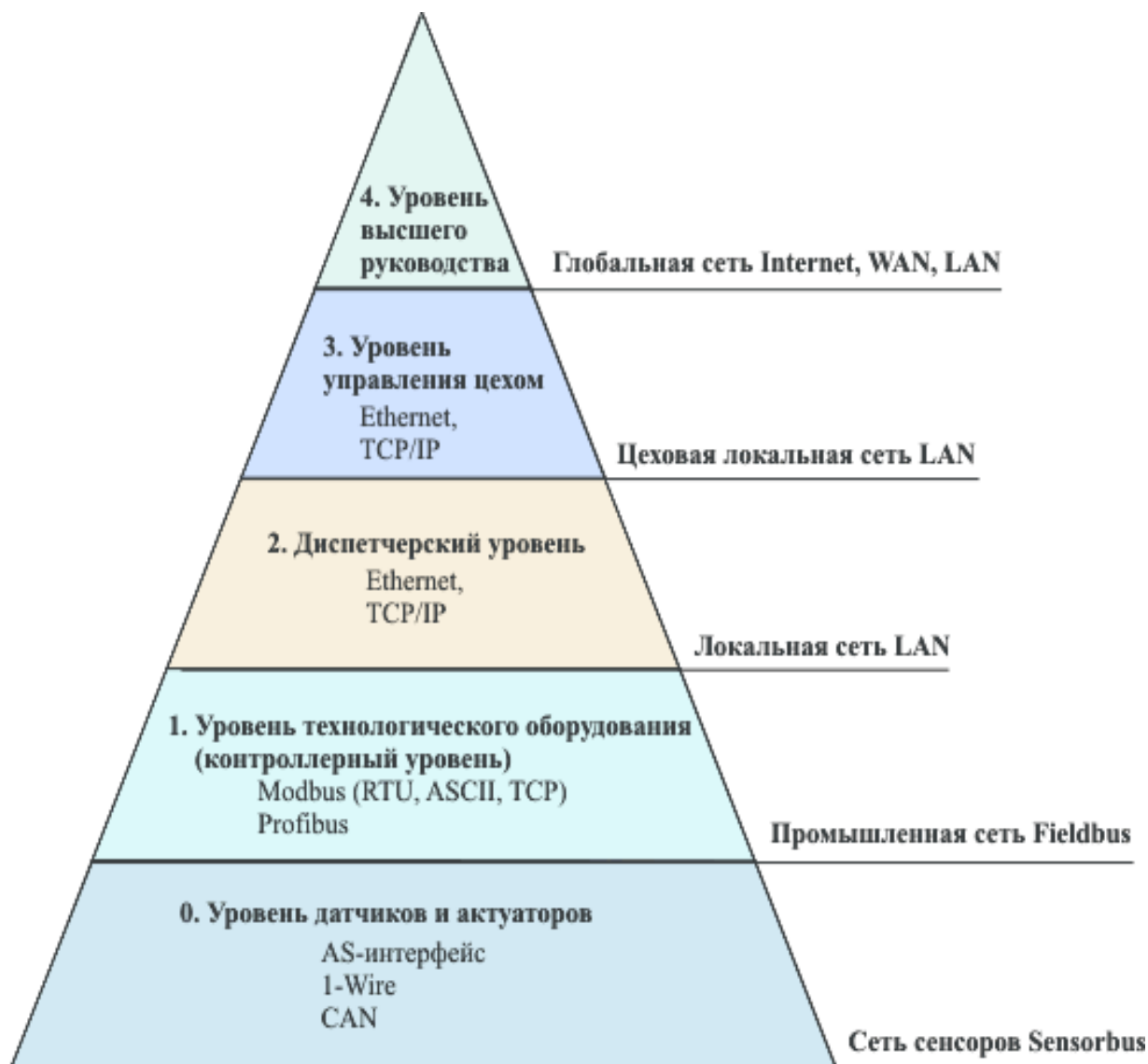


Рисунок 2 - Уровни иерархии АСУ

2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации – технический документ, который входит в основной комплект рабочих чертежей проектируемой СА, в соответствии с ГОСТ 21.408-2013. ФСА создается для отображения значимых технических решений.

На функциональной схеме автоматизации представляют технологическое оборудование, а также связующие компоненты (например, трубо- и газопроводы) автоматизированной системы, средства автоматизации и контуры, отвечающие за управление, регулирование и контроль.

Функциональная схема автоматизация может быть выполнена развернутым или упрощенным способами. Различие развернутого способа в том, что на схеме изображаются месторасположения и состав каждого отдельного контура и средств автоматизации. Средства автоматизации и приборы изображаются, согласно ГОСТ 21.208-2013, в виде условных графических изображений.

2.4 Создание схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, показана в приложении В. Данная схема состоит из трех уровней хранения и сбора информации:

1. уровень сбора и обработки (нижний уровень). На данном уровне представлены данные физических устройств ввода/вывода, включающие в себя данные дискретных и аналоговых сигналов;
2. уровень текущего хранения (средний уровень). Данный уровень представляет собой буферную базу данных;
3. уровень архивного хранения (верхний уровень).

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

1. расход, м³/ч;
2. давление в сепараторе, МПа;
3. уровень, мм;
4. управление задвижками, %;
5. температура, °С.

Каждый элемент управления и контроля имеет идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура идентификатора следующая:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где:

1. AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
 - PRE – давление;
 - LVL – уровень;
 - CON – расход;

- CTR – управляющий сигнал;
- TPR – температура;
- 2. ВВВ – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
 - TRB – трубопровод;
 - KL1 – регулятор уровня К-1;
 - KL2 – регулятор уровня К-2;
 - KL3 – регулятор уровня К-3;
 - SEP – сепаратор;
- 3. ССС(С) – уточнение, до 4-х символов:
 - VHOD – входной трубопровод на сепаратор;
 - VYHD – выходной трубопровод;
 - GAZ – газ;
 - GJS – газожидкостная смесь;
 - WAT – вода;
 - OIL – нефть;
 - LVL1 – уровень отсека 1;
 - LVL2 – уровень отсека 2;
 - TSP – температура в сепараторе;
- 4. DDD(DD) – примечание, до 5 символов:
 - REG – регулирование;
 - DAN – аварийная сигнализация;

Знак _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора кода от другой.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 4. Перечень вход/выходных сигналов представлен в приложении Н.

Таблица 4 – Кодировка сигналов SCADA

Расшифровка кодировки	Кодировка
Расход выходящего газа	CON_TRB_GAZ
Расход воды	CON_TRB_WAT

Расход нефти	CON_TRB_OIL
Управление клапаном уровня 1 отсека	CTR_KL1_LVL1_REG
Управление клапаном уровня 2 отсека	CTR_KL2_LVL2_REG
Сигнализатор уровня	LVL_SPR_GJS_DAN
Давление в сепараторе	CON_SPR_GJS_DAN
Управление клапаном давления газа	CTR_KL3_GAS_REG
Температура в сепараторе	TPR_SEP_GJS_REG

2.5 Выбор контроллерного оборудования

Для проектирования блока сепарации необходимо выбрать контроллерное оборудование. Выбор осуществлялся между Siemens SIMATIC S7-300, ОВЕН ПЛК154-220.У-М, Segnetics Pixel 1215 и Mitsubishi Electric FX2N (таблица 4). Выбран был Siemens S7-300 (рисунок 4). Контроллер соответствует требованиям к техническому обеспечению (глава 1.3.5).

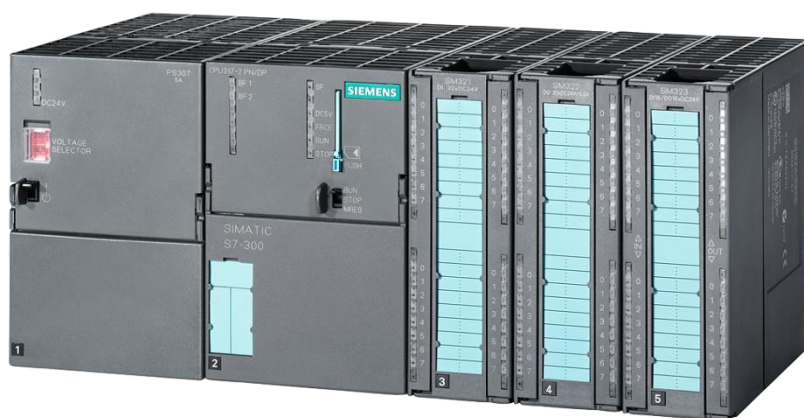


Рисунок 4 – Siemens S7-300

Таблица 5 – Сравнение контроллеров

Контроллеры	ОВЕН ПЛК154-220.У-М	Siemens S7-300	Segnetics Pixel 1215	Mitsubishi Electric FX2N
Рабочая температура	-10°C ~ +55°C	-40°C ~ +70°C	-15°C ~ +55°C	0°C ~ +50°C

Интерфейсы	Ethernet, RS232, RS485	Ethernet, RS232, RS485, USB	RS485	Ethernet, RS232, RS485, USB
Протокол передачи данных	DCON, GateWay, (CoDeSys), Modbus, TCP/RTU/ASCII	PROFINET IO, PROFIBUS DP, AS-Interface	EtherNet/IP Modbus TCP/RTU/ASCII	PROFIBUS DP, AS-Interface, CANopen
Дискретный ввод/вывод	4/4	10/6	6/3	8/8
Аналоговый ввод/вывод	4/4	8/4	6/2	–
Время выполнения операций	1 мс	0,1 мкс	1 мс	0,065 мкс
Наработка на отказ	10 000 ч	350 000 ч	-	100 000 ч
Цена	от 24 190р	от 24 458р	от 10 000р	от 27 796р

Siemens S7-300 – необходим для построения различного рода систем автоматизации (низкой и средней степени сложности). Контроллер имеет модульную конструкцию и включает в себя следующие модули:

1. модуль центрального процессора;
2. блоки питания;
3. сигнальные модули;
4. коммуникационные модули;
5. функциональные модули;
6. интерфейсные модули.

Конструкция контроллера выделяется высоким удобством обслуживания:

1. Каждый модуль устанавливается на профильную шину S7-300 и фиксируются в рабочих положениях винтами. С помощью шинных соединителей осуществляется объединение модулей в одну систему;
2. модули располагаются произвольно в монтажных стойках. Из-за наличия съемных фронтальных соединителей.

Центральный процессор Siemens S7-300 обладает следующими показателями:

1. Быстродействие (одно из самых высоких на рынке контроллеров);
2. большое количество активных коммуникационных соединений;
3. CPU 3ххС, CPU 31хТ-2 DP имеют набор встроенных аналоговых входов/выходов. То есть центральный процессор можно использовать, как готовый блок управления.

Программирование Siemens S7-300 реализуется по стандарту МЭК 61131-3 в среде TIA Portal.

2.6 Выбор датчиков

2.6.1 Выбор датчиков давления

Закладная представлена в приложении Ж.

Для поддержания рабочего давления в сепараторе, необходимо установить датчик давления (РТ 5-1). Выбор датчика давления остановлен на Метран-150CG (выбор происходил среди – ОВЕН ПД200-ДИ, Сапфир-22, Метран-150CG). Так как Метран-150CG по всем характеристикам превосходит традиционные датчики давления; имея стандартные присоединительные размеры, Метран-150CG (рисунок 5) полностью заменяет их. Датчик соответствует требованиям к техническому обеспечению (глава 1.3.5), а также требованиям к метрологическому обеспечению (глава 1.3.6).

Таблица 6 – Сравнение датчиков давления

Датчики давления	ОВЕН ПД200-ДИ	Сапфир-22	Метран-150CG	Rosemount 3051
Диапазон измерений	0,004...7 МПа	0...2,5 МПа	0...10 МПа	0...13,7 МПа
Погрешность измерений	±0,1 %	±0,5 %	±0,075%	±0,04%
Диапазон температур измеряемой среды	-40...+100°C	-30...+50°C	-40...+80°C	-40...+150°C
Выходной сигнал постоянного тока	4...20 мА	0...5 мА 0...20 мА 4...20 мА	4-20 мА с HART- протоколом 0-5 мА	4-20 мА с HART- протоколом
Средний срок службы	12 лет	15 лет	20 лет	10 лет
Степень защиты	IP65	IP65	IP66	IP68
Цена	от 34 220.00р	от 22 560р	от 24 886.2р	от 44 991,93р



Рисунок 5 – Датчик давления Метран-150CG

Датчики давления Метран-150CG (в дальнейшем датчики) предназначены для непрерывного преобразования измеряемой величины – давления избыточного, абсолютного, разности давлений – в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал на базе HART-протокола в системах автоматического управления, контроля и регулирования технологическими процессами на объектах АС.

HART протокол может использоваться в различных режимах связи от или к интеллектуальным полевым устройствам и к центральному пульту управления или контролирующего оборудования. Цифровая передача master/slave в сочетании с аналоговым сигналом 4-20 мА очень распространены. В этом режиме, в то время как основной параметр стабильно передает по аналоговой сети 4-20 мА для организации контроля и управления процессом, параллельно дважды в секунду обновляется информация по дополнительным параметрам. HART-протокол предоставляет возможность удаленного конфигурирования и в дальнейшем будет использоваться при масштабировании системы (до полной УКПН).

2.6.2 Выбор сигнализатора уровня

Закладная представлена в приложении 3.

Для контроля предельных уровней был выбран сигнализатор РИЗУР-900 (выбор происходил среди СУР5, РИЗУР-900, Rosemount 5300, VEGASWING 51) (рисунок 6). Сигнализатор уровня (LT 2-1) соответствует требованиям к техническому обеспечению (глава 1.3.5) и требованиям к метрологическому обеспечению (глава 1.3.6).

Таблица 7 – Сравнение сигнализаторов уровня

Сигнализаторы уровня	Rosemount 2160	СУР-5	РИЗУР-900	VEGASWING 51
Вынос чувствительной зоны	до 50 м	до 4 м	до 6 м (жесткого) до 20 м (для гибкого)	На любой высоте
Погрешность измерений	± 0,03%	±10 мм	±2 мм	±2 мм
Диапазон температур измеряемой среды	-40...+150°C	-45...+100°C	-60...+150°C	-40...+100°C
Температура окружающей среды	-40...+80°C	-55...+75°C	-60...+75°C	-40...+70°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus,	4...20 мА	4-20 мА	4-20 мА

	Modbus			
Давление измеряемой среды	0...10 МПа	0...10 МПа	0...6 МПа	0...10 МПа
Степень защиты	IP66	IP68	IP67	IP67
Цена	от 79 320р	от 43 260р	от 25 000р	от 117 220р



Рисунок 6 – Сигнализатор уровня РИЗУР-900

Сигнализатор уровня и наличия среды ультразвуковой серии РИЗУР-900 предназначен для контроля уровня жидкостей (нефть, вода и другие жидкости) и сыпучих продуктов в открытых или закрытых, в том числе, находящихся под давлением емкостях в технологических установках промышленных объектов химической, нефтехимической, медицинской, пищевой и других отраслях промышленности. Также могут использоваться в качестве индикатора наличия (отсутствия) жидкости в контролируемом объеме на заранее заданной высоте емкости.

Принцип работы основан на определении затухания акустических импульсов в чувствительном элементе (трубка диаметром 16мм), которое увеличивается, если погрузить его в контролируемую среду. Около корпуса располагается пьезопреобразователь, который принимает и генерирует ультразвуковые импульсы.

Сигнализатор имеет светодиодный индикатор, показывающий состояние среды и работу сигнализатора.

Устройство используется как сигнализатор нижнего предельного уровня, когда жидкость в емкости опускается ниже уровня чувствительного элемента. Это изменение фиксируется электронной аппаратурой, которая переключает состояние на выходе.

Если устройство используется как сигнализатор верхнего предельного уровня, жидкость поднимается в резервуаре, контактирует с чувствительным элементом, после чего происходит переключение состояния на выходе.

2.6.3 Выбор уровнемера

Закладная представлена в приложении И.

Для контроля уровней нефти и воды в трехфазном сепараторе необходимо установить уровнемеры (LT 7-1, LT 4-1). Выбор происходил из следующих уровнемеров – ОБЕН ПДУ-И, ДУУ2М, Rosemount 5300 и VEGACAL 62. Самым привлекательным в плане характеристик уровнемеров оказался – ДУУ2М (рисунок 7). Уровнемер соответствует требованиям к техническому обеспечению (глава 1.3.5) и требованиям к метрологическому обеспечению (глава 1.3.6).

Таблица 8 – Сравнение уровнемеров

Уровнемеры	ОБЕН ПДУ-И	ДУУ2М	Rosemount 5300	VEGACAL 62
Длина	3000 мм	4000 мм	50 000 мм	6000 мм
Погрешность измерений	$\pm(10 + 0,01 \cdot L)$	± 3 мм	± 2 мм	± 2 мм
Диапазон температур измеряемой среды	-60...+125°C	-55...+75°C	-60...+75°C	-50...+200°C

Температура окружающей среды	-40...+85°C	-50...+75°C	-40...+80°C	-40...+80°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА	4...20 мА 0...20 мА	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Modbus	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Modbus
Давление измеряемой среды	0...4 МПа	0...2 МПа	0...4 МПа	0...6 МПа
Степень защиты	IP65	IP68	IP67	IP68
Цена	от 19 529р	от 35 260р	от 83 200р	от 107 220р



Рисунок 7 – Уровнемер ДУУ2М

Принцип измерения основан на измерении времени распространения в стальной проволоке (по длине которой намотана катушка, создающая магнитное поле) короткого импульса упругой деформации. В месте расположения поплавка с постоянным магнитом, который скользит вдоль проволоки, в ней под действием магнитострикционного эффекта возникает импульс продольной деформации, распространяющийся по проволоке и фиксируется пьезоэлементом.

Датчики измеряют время, прошедшее с момента формирования импульса тока до момента приема сигнала от пьезоэлемента. Это позволяет вычислить расстояние до местоположения поплавка, определяемого положением уровня жидкости, при известной скорости звука.

Датчики состоят из:

1. ЧЭ (чувствительный элемент);
2. поплавка, скользящего вдоль продетого сквозь него ЧЭ;
3. первичного преобразователя, включающего пьезоэлемент.

ЧЭ включает в себя стальную проволоку (звуковод), которая размещена во фторопластовой трубке, с намотанной катушкой возбуждения. Катушка располагается в глухом металлическом корпусе из нержавеющей трубы диаметром 14 мм. Для того, чтобы уменьшить трение при скольжении поплавка, на трубу надета фторопластовая трубка с антистатическими свойствами.

2.6.4 Выбор расходомеров.

Закладная представлена в приложении К.

Контроль расхода нефти, воды и газа осуществляют расходомеры (FT 3-1, FT 8-1, FT 9-1). Выбор состоял из следующих расходомеров – Метран-350, Метран-370, Rosemount 8700, FLUXUS F808 и был остановлен на Rosemount 8700 (рисунок 8). Расходомер соответствует требованиям к

техническому обеспечению (глава 1.3.5) и требованиям к метрологическому обеспечению (глава 1.3.6).

Таблица 9 – Сравнение расходомеров

Расходомеры	Метран-350	Метран-370	Rosemount 8700	FLUXUS F808
Давление измеряемой среды	до 25 МПа	до 4 МПа	до 40 МПа	-
Условный проход	50...2400	15...200	4...900	10...6500
Температура измеряемой среды	-40...+400°C	-29...+180°C	-29...+177°C	-30...+60°C
Температура окружающей среды	-40...+85°C	-40...+65°C	-50...+74°C	-40...+130°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART	4-20 мА /HART	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Profibus PA	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Modbus
Погрешность измерений	±0,8 %	±0,5 %	±0,25 %	±1 %
Степень защиты	IP68	IP68	IP67	IP68
Цена	-	-	от 46 820р	-



Рисунок 8 – Расходомер Rosemount 8700

Расходомер серии Rosemount 8700 – электромагнитный, предназначен для измерения объемного расхода.

Преимущества:

1. Точность измерения
2. Измерение расхода агрессивных сред
3. Низкие потери давления
4. Отсутствие движущихся частей

Принцип работы:

Сенсор расхода, представляющий собой трубу из нержавеющей стали с приваренными к ней фланцами, ставится в трубопровод. На трубе, в свою очередь, установлены две катушки возбуждения и два изолированных от трубы электрода.

В проводнике, движущимся перпендикулярно направлению магнитного поля, возникает ЭДС, пропорциональная скорости движения проводника (ЭДС перпендикулярно, как к направлению движения проводника, так и к направлению магнитного поля).

Магнитное поле формируется катушками возбуждения. Преобразователем при помощи электродов расходомера измеряется разность потенциалов ЭДС.

Измеренная разность потенциалов преобразователем усиливается и обрабатывается, а далее формируется выходной сигнал расходомера.

2.6.5 Выбор датчика температуры

Закладная представлена в приложении Л.

Для предотвращения появления отложений парафинов, замерзания или образования гидратов должен быть установлен датчик температуры (ТТ 13-1) WIKА TR10-F (рисунок 9). Выбор осуществлялся среди следующих датчиков Rosemount 0065, ТХАУ Метран-271, KOBOLD TTL. Датчик соответствует требованиям к техническому обеспечению (глава 1.3.5) и требованиям к метрологическому обеспечению (глава 1.3.6).

Таблица 10 – Сравнение датчиков температур

Датчики температур	Rosemount 0065	ТХАУ Метран-271	WIKА R10-F	KOBOLD TTL
Диапазон измерений	-50...+450°C	-40...+600°C	-200...+600	-200...+1600
Тип сенсора	Pt100	Pt100	Pt100	Pt100
Температура окружающей среды	-40...+85°C	-40...+65°C	-60...+80°C	-40...+80°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Profibus
Погрешность	±0,08°C	±0,5 %	±0,25 %	±1 %

измерений				
Степень защиты	IP68	IP66	IP68	IP66
Цена	от 21 000р	от 4000р	от 5000р	-



Рисунок 9 - WIKА TR10-F

Принцип измерения основан на зависимости сопротивления металлической проволоки, либо пленки на диэлектрической подложке от температуры.

Датчик может быть изготовлен в различных исполнениях:

1. Измерительный элемент – Pt100, Pt1000
2. 2-проводный, 3-проводный, 4проводный

Pt100 – обозначение термометра сопротивления, где 100 – это 100 Ом при температуре 0°C, а Pt – изготовлен из платины.

2.7 Выбор исполнительных механизмов

2.7.1 Выбор регулирующего клапана

Закладная представлена в приложении Л.

Исполнительное устройство - устройство в АСУ, реализующее управляющие воздействия с регулятора на объект управления, перемещающий регулируемый орган.

Для стабилизации регулируемой величины нужно менять процесс в требуемом направлении. С помощью регулирующего воздействия исполнительного устройства.

В роли исполнительного механизма будет использован регулируемый клапан с электроприводом из каталога продукции компании «Авангард».

Для выбора регулирующего клапана необходимо определиться с его параметрами – материалом корпуса, температурой рабочей среды, температурой окружающей среды, типом конструкции, ходом штока и пропускной способностью.

Материал корпуса подбирается исходя из рабочей среды. В данном случае рабочие среды – нефть, вода и газ, соответственно материалом выступит легированная сталь.

Пропускная способность рассчитывается по методу, изложенному в РТМ 108.711.02-79:

1. Пропускная способность регулирующего клапана для нефти и воды

$$Kv_{max} = 10^{-2} \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}} \quad (1)$$

где Kv_{max} – максимальная пропускная способность клапана;

Q_{max} – объемный расход среды, м³/ч;

ρ – плотность среды, кг/м³;

ΔP – перепад давления на клапане, Мпа.

Исходя из производительности НГСВ 1,6 – 3400:

Таблица 11 – Параметры для расчета пропускной способности

Q_{max}	ΔP	ρ (для нефти)	ρ (для воды)
450 м ³ /ч	0,65 МПа	900 кг/м ³	997 кг/м ³

Получаем:

$$Kv_{max} = 167 \text{ (нефть),}$$

$$Kv_{max} = 175 \text{ (вода),}$$

Далее подбираем из каталога клапан с пропускной способностью 200, так как необходим запас в диапазоне от 10% до 30% от посчитанной величины.

$$Kvu = 200 \text{ (для нефти и воды).}$$

2. Пропускная способность для регулирующего клапана сброса газа

$$Kv_{max} = \frac{Q_{max}}{529} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot T}{\Delta P \cdot P_2}} \quad (2)$$

P_2 – давление после клапана, кг/м³;

T – абсолютная температура, °С.

Подставляем данные сепаратора и получаем:

$$Kv_{max} = 1391,6$$

Подходящая пропускная способность из ряда предложенных в каталоге:

$$Kvu = 1600.$$

Определив необходимые параметры, выбран следующий клапан: клапан регулирующей, односедельный с ЭИМ (электрический исполнительный механизм) DN15-300, PN1,6-4,0 МПа (рисунок 10):



Рисунок 10 – Клапан регулирующий односедельный с электроприводом

Технические характеристики представлены в таблице 11:

Таблица 11 – Технические характеристики регулирующего клапана

Техническая характеристика	Значение
Корпус	Легированная сталь
Рабочее давление, МПа	До 4 МПа
Температура рабочей среды, °С	-60...150
Температура окружающей среды, °С	-60...50
Присоединение	Фланцевое

Для того, чтобы управлять клапаном был подобран электропривод Regada ST1 (рис.8.) из того же каталога, что и регулирующий клапан. Технические характеристики электропривода представлены в таблице 12:

Таблица 12 – Технические характеристики электропривода

Техническая характеристика	Значение (при различных вариантах исполнения)
Рабочий ход, мм	8...80
Скорость управления, мм/мин	8...80
Напряжение питания	230В, 50Гц
Температура окружающей среды	-25...+55°С
Степень защиты	IP67

Стандартное исполнение ЭИМ:

1. электрическое присоединение реализуется на клеммную колодку;
2. механическое подсоединение – фланец.

2.8 Создание схемы внешних проводок

Схема внешней проводки показана в приложении Д. На ней представлены подключения следующих приборов:

1. Метран-150CG;
2. РИЗУР-900;
3. ДУУ2М;
4. Rosemount 8700;
5. WIKA TR10-F.

Кабели должны быть экранированными и негорючими, в связи с этим был выбран КВВГЭнг (рисунок 11). Кабель применяют для прокладки в условиях агрессивных сред, при необходимости защиты электрических цепей от негативного влияния электрических полей.



Рисунок 11 - КВВГЭнг

Конструкция:

1. токопроводящая жила – медная проволока;
2. изоляция – ПВХ пластикат;
3. оболочка – ПВХ пластикат пониженной горючести;
4. экран – в виде обмотки из медной ленты или медной фольги.

Кабель КВВГЭнг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика. Электротехнический контрольный кабель КВВГЭнг предназначен для присоединения к электроаппаратуре, электроприборам.

Таблица 13 – Технические и эксплуатационные характеристики

Характеристика	Значение
Температура окружающей среды при эксплуатации	от +50°С до –50°С
Относительная влажность воздуха (при t° +35°С)	98%
Длительно допустимая t° нагрева жил при эксплуатации	+70°С
Максимально допустимая t° жил при коротком замыкании (4 сек.)	+160°С
Минимальная t° прокладки кабеля без предварительного подогрева	- 15°С
Срок службы	30 лет
Гарантийный срок эксплуатации	5 лет

2.9 Выбор алгоритмов управления АС

В данной выпускной квалификационной работе выберем и разработаем следующий алгоритм:

1. алгоритм сбора данных измерений;
2. алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

2.10.1 Алгоритм сбора данных

Выберем канал измерения уровня нефти в качестве канала измерения. Алгоритм сбора данных с канала измерения давления показан в приложении Д.

2.10.2 Математическая модель системы стабилизации технологических параметров

Трехфазный сепаратор достаточно сложный объект для настройки контуров регулирования в ручном режиме. Поэтому для предотвращения аварийных ситуаций необходимо создать математическую модель, с

помощью которой проводить предварительную настройку контуров, а также их анализ.

Объект управления – трехфазный сепаратор НГСВ 1,6 – 3400, представляющий собой резервуар цилиндрической формы со сферическими днищами, объемом 100 м³, длиной 12 м и диаметром 3,4 м. Нефтяная эмульсия (газ, вода, нефть) поступает в сепаратор. В первой полости вода сбрасывается через регулирующий клапан (позиция 3-3), во второй полости нефть сбрасывается через регулирующий клапан (позиция 2-3), газ из сепаратора сбрасывается через регулирующий клапан (позиция 1-3). Уровнемер ДУУМ2 (ЛТ 7-1) в первой полости применяется для поддержания уровня воды, а во второй полости (ЛТ 4-1) – для поддержания уровня нефти. Датчик давления Метран-150СГ (РТ 5-1) применяется для контроля рабочего давления газа.

Для создания математической модели трехфазного сепаратора необходимо построить три контура регулирования – контур регулирования уровня воды, контур регулирования уровня нефти и контур регулирования давления в сепараторе.

1. Контур регулирования уровня воды

В сепаратор поступает нефтяная эмульсия. Следовательно, уравнение материального баланса выглядит следующим образом:

$$\int F_{\text{общий}}(t) = V_{\text{воды}}(t) + V_{\text{нефти}}(t) + V_{\text{газа}}(t), \quad (3)$$

где F – расход. В свою очередь:

$$\int F_{\text{воды}}(t) = V_{\text{воды}}(t), \quad (4)$$

где $V_{\text{воды}}$ – объем воды в 1-ой полости;

Уровень в первой полости регулируется клапаном сброса воды, поэтому устанавливаем зависимость расхода от хода штока.

Для этого воспользуемся методом из РТМ 108.711.02-79 и рассчитаем пропускную способность регулирующего клапана:

$$Kv_{max} = 10^{-2} \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}} \quad (5)$$

где Kv_{max} – максимальная пропускная способность клапана,

Q_{max} – объемный расход среды, м³/ч,

ρ – плотность среды, кг/м³,

ΔP – перепад давления на клапане, Мпа.

Выразим расход:

$$Q_{max} = \frac{Kv_{max}}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}}, \quad (6)$$

$$Kv_{max} = Kvs \cdot \Phi, \quad (7)$$

где Φ – линейная расходная характеристика (функциональная зависимость коэффициента расхода от положения штока клапана). Она подходит для регулирования технологических процессов, когда существует более или менее прямая зависимость между процессом управляемой величиной и потоком среды. Определяется по формуле:

$$\Phi = \Phi_0 + m \cdot h, \quad (8)$$

где Φ_0 – относительный коэффициент расхода;

m – кривизна характеристики;

h –ход штока.

Подставляем стандартные величины:

$$\Phi = 0,0183 + 0,9817 \cdot h. \quad (9)$$

Следовательно, расход равен:

$$Q_{max} = \frac{(0,0183 + 0,9817 \cdot h) \cdot Kvs}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}}. \quad (10)$$

В таблице 14 приведено изменение расхода от положения штока, исходя из производительности трехфазного сепаратора НГСВ 1,6 – 3400:

Таблица 14 – Изменение расхода в зависимости от изменения хода штока

Ход штока, мм	Расход воды, м ³ /ч
0,1	13,94145102
0,2	20,79820095
0,3	31,02726985
0,4	46,28724746
0,5	69,05245895
0,6	103,0141637
0,7	153,6790736
0,8	229,2622375
0,9	342,0190682
1	510,232493

Далее необходимо определить зависимость уровня от объема. Зависимость нелинейная, так как форма сепаратора – цилиндр со сферическими днищами. Она устанавливается эмпирически, следуя ГОСТ 8.346-79 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Резервуары стальные горизонтальные. Методы и средства»

Объемы цилиндрической части и сферических днищ:

$$V_{ц} = \pi \cdot r^2 \cdot L, \quad (11)$$

где r – радиус цилиндрической части, м,

L – длина цилиндрической части, м.

$$V_{ц} = 3,14 \cdot 1,75^2 \cdot 9 = 86,59, \quad (12)$$

$$V_{сд} = 0,5233 \cdot f(0,75 \cdot D^2 + f^2) = 13,2, \quad (13)$$

Вместимость цилиндрической части и сферических днищ сепаратора пересчитывается исходя из формулы:

$$V_{ц} = K_{ц} \cdot V_{ц}, \quad (14)$$

$$V_{сд} = K_{с} \cdot V_{сд}. \quad (15)$$

$K_{ц}$ и $K_{с}$ берутся из таблиц, представленных в ГОСТ 8.346-2000 «ТАБЛИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПОЛНЕНИЯ $K_{ц}$ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ» и «ТАБЛИЦА

КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПОЛНЕНИЯ K_c СФЕРИЧЕСКИХ ДНИЩ». Зависят коэффициенты от высоты наполнения сепаратора.

Затем составляем тарифовочную таблицу:

Таблица 15 – Тарифовочная таблица (из объема в уровень)

H	H/D	$K_{ц}$	K_c	$V_{ц}$	$V_{сд}$	$V_{об}$	$V_{1-ой}$ полости	$V_{2-ой}$ полости
0,175	0,051470588	0,019	0,003	1,6454	0,0396	1,685	1,26375	0,42125
0,35	0,102941176	0,053	0,015	4,5898	0,198	4,7878	3,59085	1,19695
0,525	0,154411765	0,097	0,04	8,4002	0,528	8,9282	6,69615	2,23205
0,7	0,205882353	0,147	0,081	12,7302	1,0692	13,7994	10,34955	3,44985
0,875	0,257352941	0,203	0,131	17,5798	1,7292	19,309	14,48175	4,82725
1,05	0,308823529	0,26	0,192	22,516	2,5344	25,0504	18,7878	6,2626
1,225	0,360294118	0,32	0,258	27,712	3,4056	31,1176	23,3382	7,7794
1,4	0,411764706	0,387	0,334	33,5142	4,4088	37,923	28,44225	9,48075
1,575	0,463235294	0,453	0,417	39,2298	5,5044	44,7342	33,55065	11,1836
1,75	0,514705882	0,52	0,5	45,032	6,6	51,632	38,724	12,908
1,925	0,566176471	0,56	0,583	48,496	7,6956	56,1916	42,1437	14,0479
2,1	0,617647059	0,6247	0,663	54,09902	8,7516	62,85062	47,13797	15,7127
2,275	0,669117647	0,71	0,739	61,486	9,7548	71,2408	53,4306	17,8102
2,45	0,720588235	0,77	0,808	66,682	10,6656	77,3476	58,0107	19,3369
2,625	0,772058824	0,83	0,869	71,878	11,4708	83,3488	62,5116	20,8372
2,8	0,823529412	0,88	0,919	76,208	12,1308	88,3388	66,2541	22,0847
2,975	0,875	0,93	0,958	80,538	12,6456	93,1836	69,8877	23,2959
3,15	0,926470588	0,97	0,963	84,002	12,7116	96,7136	72,5352	24,1784
3,325	0,977941176	0,994	0,997	86,0804	13,1604	99,2408	74,4306	24,8102
3,4	1	1	1	86,6	13,2	99,8	74,85	24,95

где H – уровень наполнения, м,

D – диаметр, м,

Итак, контур регулирования уровня воды работает следующим образом. Заданный уровень поступает на сумматор, где из него вычитается текущий уровень. Далее измеренная величина уровня поступает в ПИД-регулятор, который вычисляет рассогласование с уставкой и оказывает управляющее воздействие на шток клапана. Значение хода штока ограничивается блоком «Saturation» (насыщение, рисунок 12):

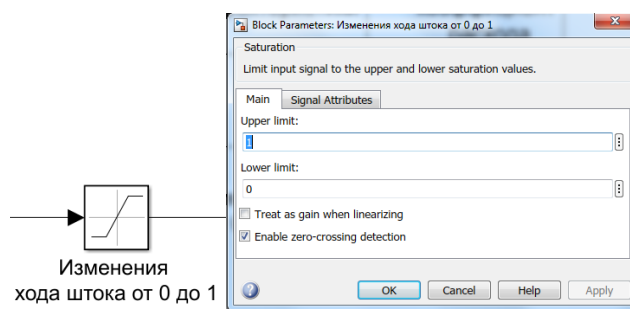


Рисунок 12 – Saturation

Величина хода преобразуется в величину расхода. К расходу воды через регулирующий клапан добавляется дебит воды, получившийся в результате поступления эмульсии и процесса сепарации (возмущающее воздействие на контур стабилизации давления газа). Получившийся расход воды путем интегрирования преобразуется в объем. Затем объем пересчитывается в уровень согласно тарифовочной таблице с помощью блока LookUpTable (рисунок 13):

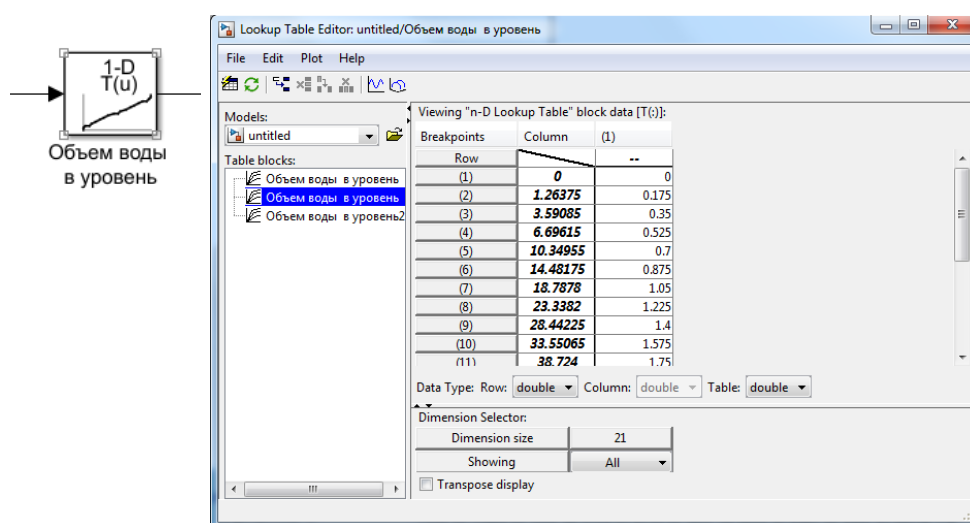


Рисунок 13 – Блок LookUpTable и его настройки

Замыкается контур обратной связи с масштабирующим коэффициентом (датчик уровня, рисунок 14):

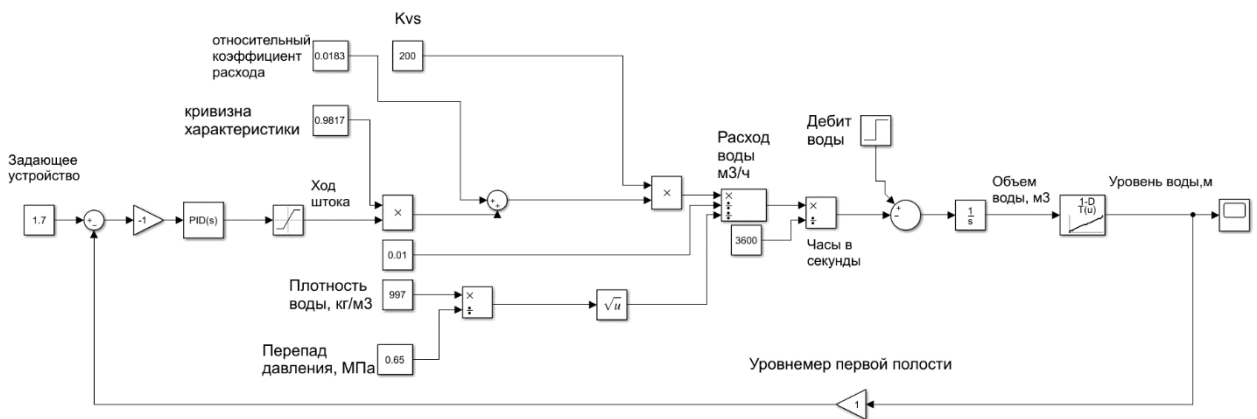


Рисунок 14 – Контур регулирования уровнем воды

Контур регулирования уровнем нефти

Для того чтобы определить объем нефти во второй полости, необходимо из объема первой полости вычесть объем воды:

$$V_{\text{нефти во 2-ю полость}}(t) = V_{\text{1-ой полости}}(t) - V_{\text{воды}}(t). \quad (16)$$

Далее аналогично контуру регулирования уровнем воды, то есть ход штока пересчитывается в расход нефти, а расход интегрируется в объем нефти, который суммируется с объемом нефти во 2-ю полость, затем преобразуется в уровень нефти. Замыкает контур обратная связь с масштабирующим коэффициентом (датчик уровня, рисунок 15):

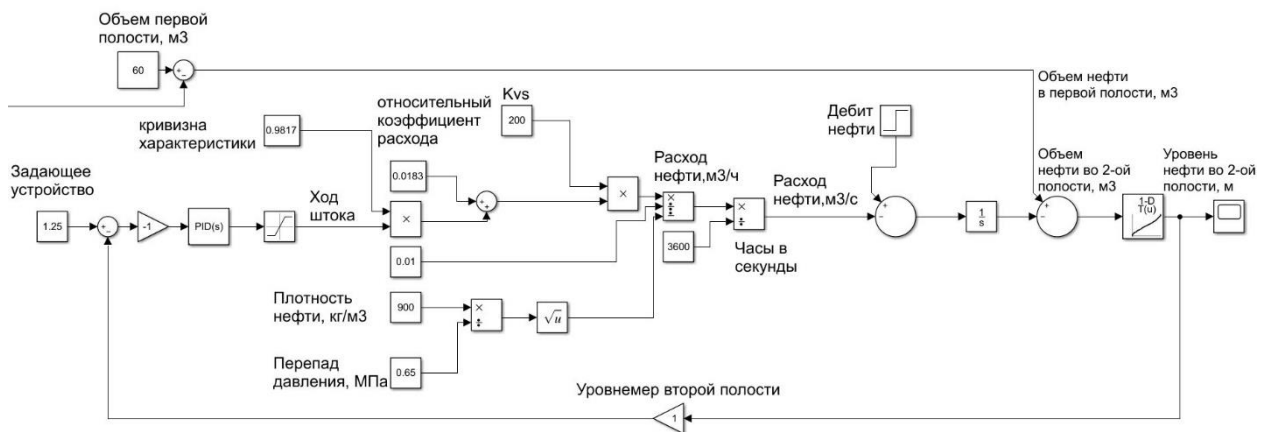


Рисунок 15 – Контур регулирования уровня нефти во второй полости

Контур регулирования давления в сепараторе:

Контура регулирования уровнем нефти и регулирования уровнем воды зависят от перепада давления, что следует из формулы 10. Перепад давления, в свою очередь, зависит от давления в сепараторе и внешнего

давления (позиция 1-3). Поэтому контур регулирования давления в сепараторе работает следующим образом: заданное давление поступает в сумматор, где вычитается текущее давление. Измеренная величина давления подается в ПИД-регулятор, который на основании этих данных вычисляет рассогласование с уставкой и оказывает управляющее воздействие на шток регулирующего клапана. Величина хода штока преобразуется в величину расхода газа через клапан. К расходу газа через клапан добавляется дебит выделившегося газа в результате процесса сепарации (возмущающее воздействие на контур стабилизации давления газа). Затем, для дальнейших расчетов, преобразуем получившийся расход газа в количество газообразного вещества в сепараторе путем интегрирования. Зависимость давления от количества вещества описывается формулой Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \mu RT, \quad (17)$$

$$P = \frac{V_{\Gamma}}{\mu RT}, \quad (18)$$

где T – температура внутри сепаратора, °C;

V_{Γ} – объем сепаратора без учета жидкости, м3:

$$V_{\Gamma}(t) = V_{\text{сепаратор}}(t) - V_{\text{нефти}}(t) - V_{\text{1-ой полост}}(t). \quad (19)$$

Замыкается контур обратной связи с масштабирующим коэффициентом (датчик давления) (рисунок 16):

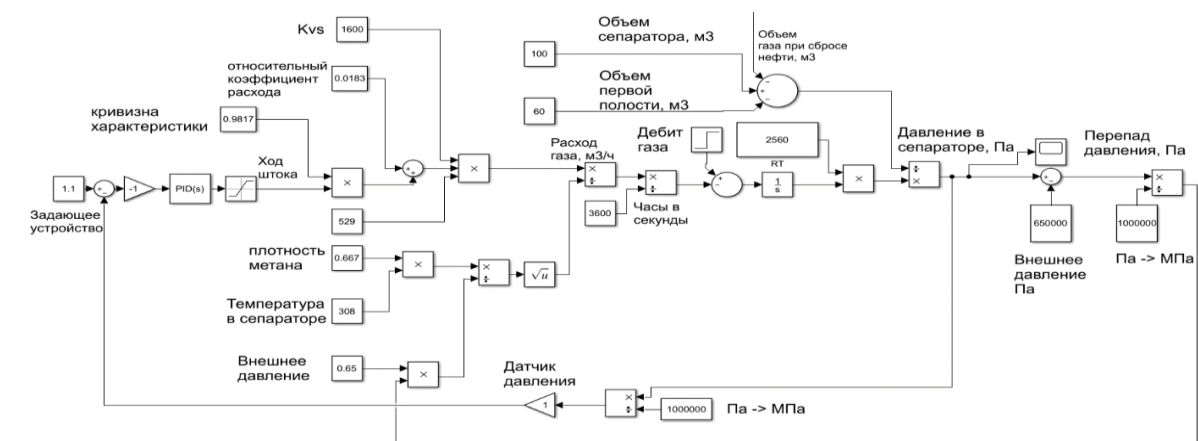


Рисунок 16 – Контур регулирования давления

Из давления на выходе вычитается внешнее давление. Перепад давления поступает в контуры регулирования уровня воды и регулирования уровня нефти.

2.10.2.1 Линеаризация моделей контуров

Каждый контур является нелинейным, так как присутствуют – деление, блоки типа «насыщение» (saturation). Для того, чтобы настроить контуры необходимо их линеаризовать. Линеаризация основана на том, что в процессе регулирования все величины мало отклоняются от своих расчетных значений. Линеаризация проводится разложением по ряду Тейлора (в котором берутся два первых члена) в окрестности рабочей точки (для воды – 1,7 м). В итоге нелинейное уравнение заменяется линейным уравнением вида:

$$y = kx + b. \quad (20)$$

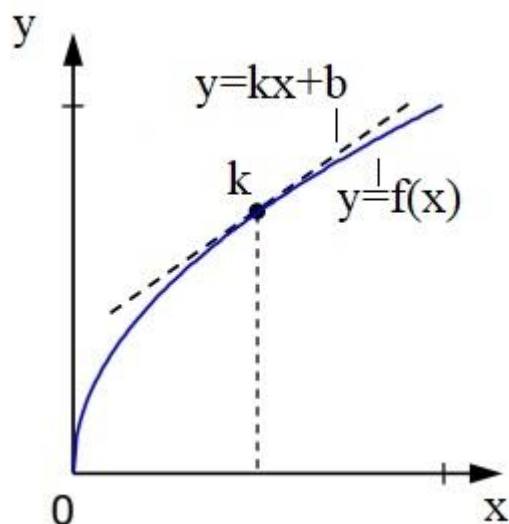


Рисунок 17 – Графическая демонстрация процесса линеаризации
Линеаризация контура регулирования уровнем воды

1. *Линеаризация зависимости расхода воды от хода штока*

Определяем для контура регулирования уровня воды рабочую точку (1.7), исходя из значений которой и будут находиться k и b . Находим k и b , взяв значения для y и x (по величине рабочей точки) из таблицы (14) зависимости расхода от хода штока (предварительно переведа размерность расхода из м3/ч в м3/с):

$$y_1 = 0,043, x_1 = 0,7;$$

$$y_2 = 0,064, x_2 = 0,8;$$

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = 0,21, \quad (21)$$

$$b = y_2 - kx_2 = -0,104. \quad (22)$$

2. Линеаризация зависимости уровня от объема

Находим k и b , взяв значения для y и x из тарировочной таблицы 15 – зависимости уровня от объема:

$$x_1 = 36,34, y_1 = 1,75;$$

$$x_2 = 40,814, y_2 = 1,925.$$

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = 0,0391, \quad (23)$$

$$b = y_1 - kx_1 = 0,33274. \quad (24)$$

Подставляем полученные данные (рисунок 18):

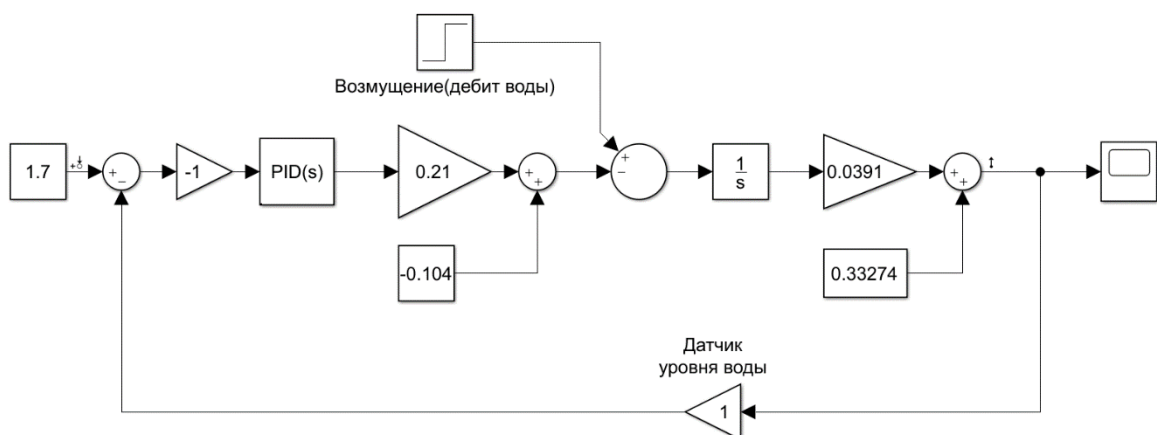


Рисунок 18 – Линеаризованная модель контур регулирования уровнем воды

Реакция модели на возмущение на 1000 с (рисунок 19):

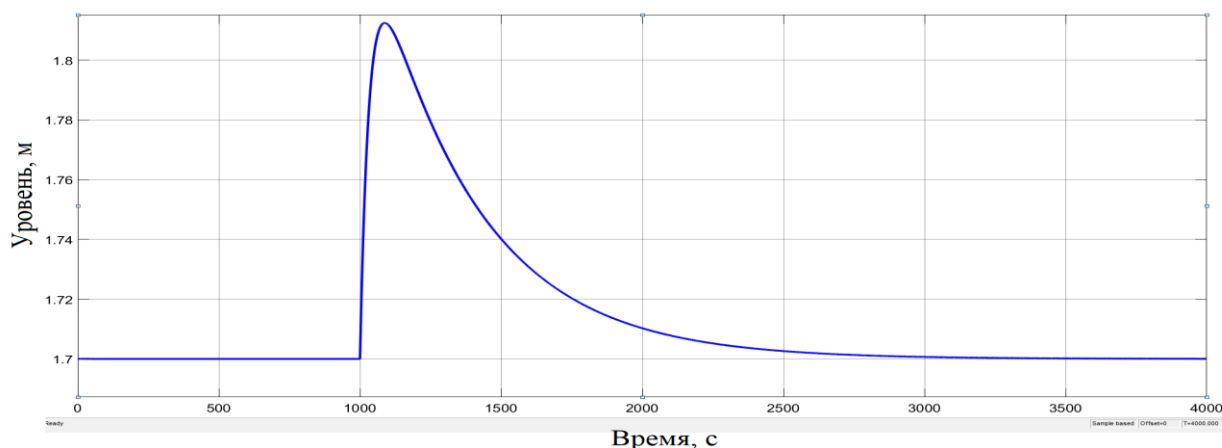


Рисунок 19 – Переходный процесс линеаризованной модели контура воды

Линеаризация контура регулирования уровня нефти

1. *Линеаризация зависимости расхода нефти от хода штока*

Операции по нахождению k и b выполняются аналогичным образом, что и для контура регулирования уровня воды, поэтому опустим процесс вычислений:

Таблица 16 – Параметры линеаризации зависимости расхода нефти от хода штока

y1	x1	y2	x2	k	b
0,045	0,7	0,067	0,8	0,022	-0,109

2. *Линеаризация зависимости уровня нефти от объема*

Нахождение величин k и b аналогично контуру регулирования уровня воды:

Таблица 17 – Параметры линеаризации зависимости уровня от объема нефти

y1	x1	y2	x2	k	b
1,225	7,94	1,4	9,48	0,1038	0,42

Подставляем полученные данные (рисунок 20):

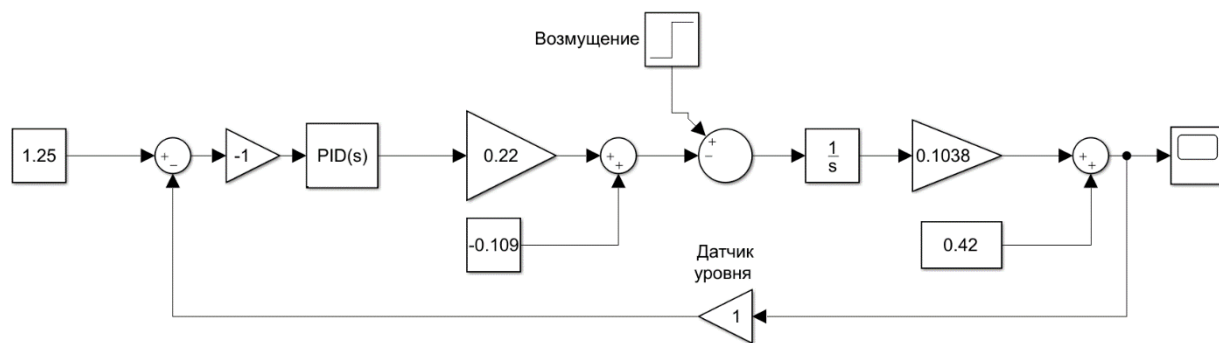


Рисунок 20 – Линеаризованная модель контура регулирования уровнем воды
 Реакция модели на возмущение, возникающего на 1000 с (рисунок 21):



Рисунок 21 – Реакция на возмущение

Линеаризация контура регулирования давления в сепараторе

1. *Линеаризация зависимости расхода газа от хода штока*

Метод по нахождению k и b такой же, как и для контура регулирования уровня воды, поэтому пропустим процесс вычислений:

Таблица 18 - Параметры линеаризации зависимости расхода газа от хода штока

y_1	x_1	y_2	x_2	k	b
2,91	0,7	4,22	0,8	13,1	-6,26

2. *Линеаризация зависимости давления от количества вещества*

Нахождение величин k и b аналогично контуру регулирования уровня

ВОДЫ:

Таблица 19 - Параметры линеаризации зависимости давления газа от хода количества вещества

y_1	x_1	y_2	x_2	k	b
$1 \cdot 10^3$	$1,891 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^3$	$2,447 \cdot 10^4$	55	-45850

Подставляем полученные данные (рисунок 22):

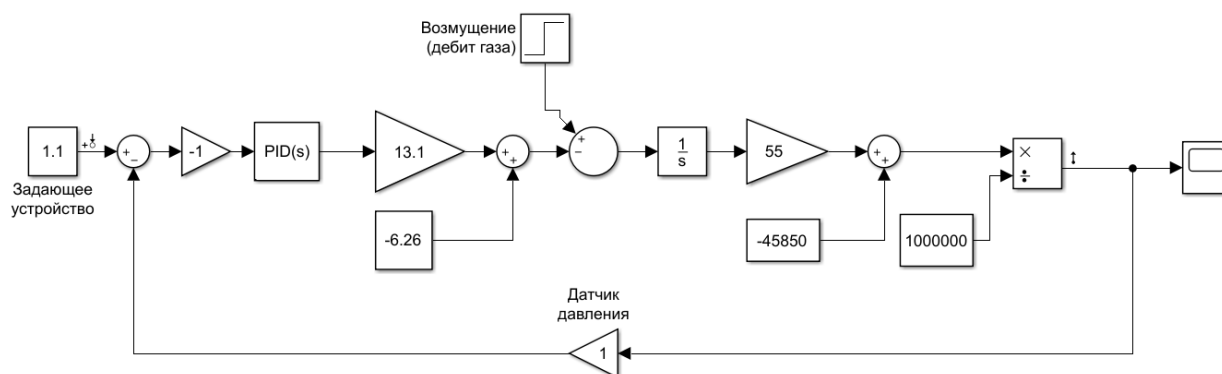


Рисунок 22 – Линеаризованная модель контура регулирования давлением в сепараторе

Реакция модели на возмущение, возникающего на 1000 с (рисунок 23):

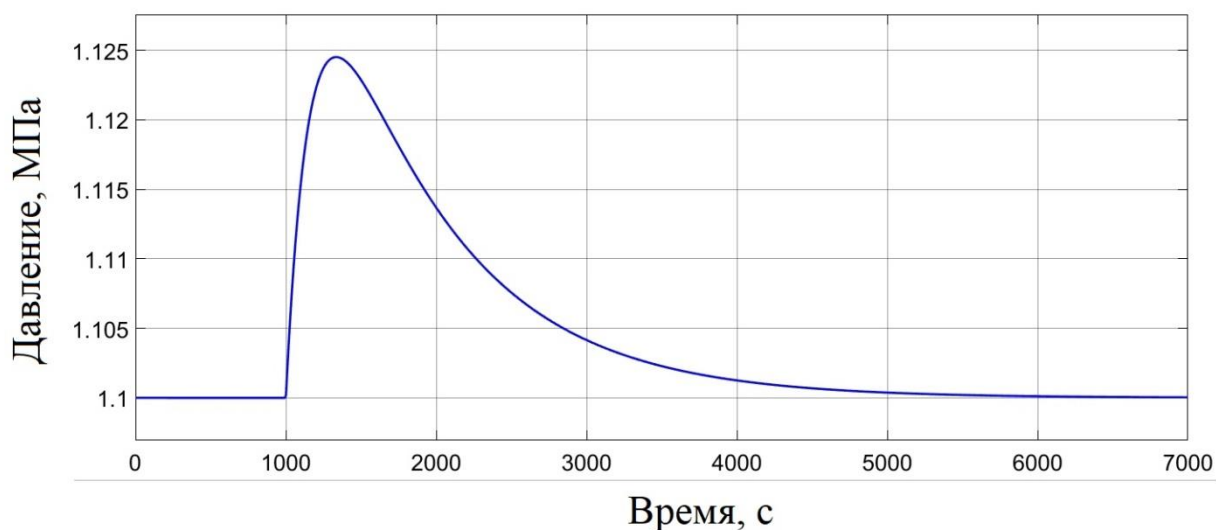


Рисунок 23 – Реакция на возмущение

Настроив линеаризованные модели, следует перенести коэффициенты ПИД-регулятора (таблица 20) и проверить работоспособность модели.

Таблица 20 – Коэффициенты ПИД-регуляторов

	P	I	D
Контур регулирования уровня воды	4	0,01	0
Контур регулирования уровня нефти	4	0,01	0
Контур регулирования давления в сепараторе	10	0,01	0

2.10.2.2 Полная математическая модель

Имеем три контура регулирования представленных на рисунке 24, каждый из которых влияет друг на друга, то есть при появлении возмущения на одном из контуров, это возмущение отразится и на других:

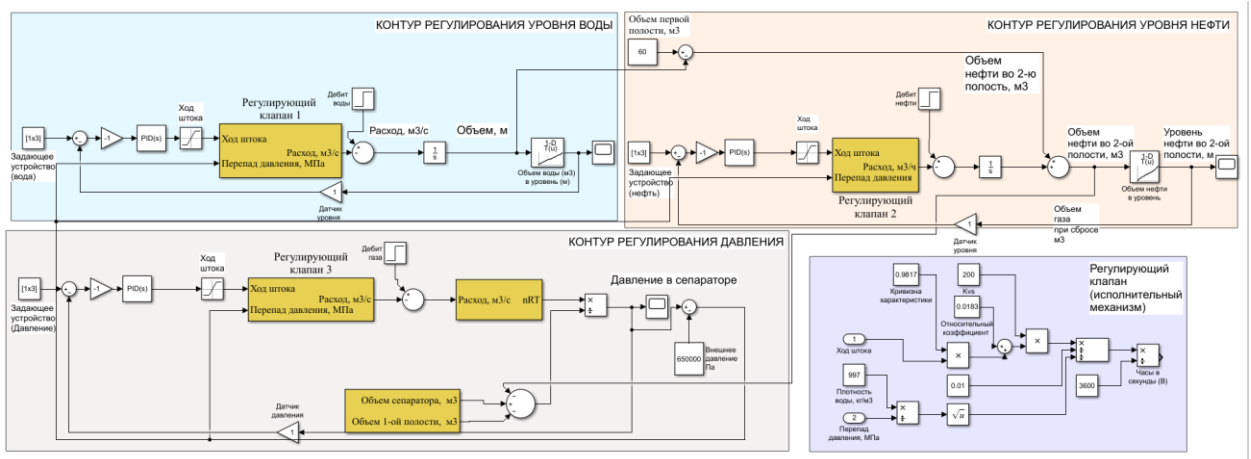


Рисунок 24 – Математическая модель трехфазного сепаратора

Проверим работоспособность модели в рабочей точке и на границах рабочего диапазона, величины которых представлены в таблице 21:

Таблица 21 - Рабочие диапазоны

	Верхняя граница	Нижняя граница	Рабочая точка
Контур воды	2,1	0,72	1,7
Контур нефти	2,5	0,8	1,25
Контур давления	1,3	1	1,1

Таблица 22 – Время появления возмущений

	Контур регулирования уровня воды	Контур регулирования уровня нефти	Контур регулирования давления
Возмущения	2 000 с	6 000 с	12 000 с

Взаимное влияние контуров обнаруживается на следующих рисунках (рисунок 26, рисунок 27, рисунок 28):

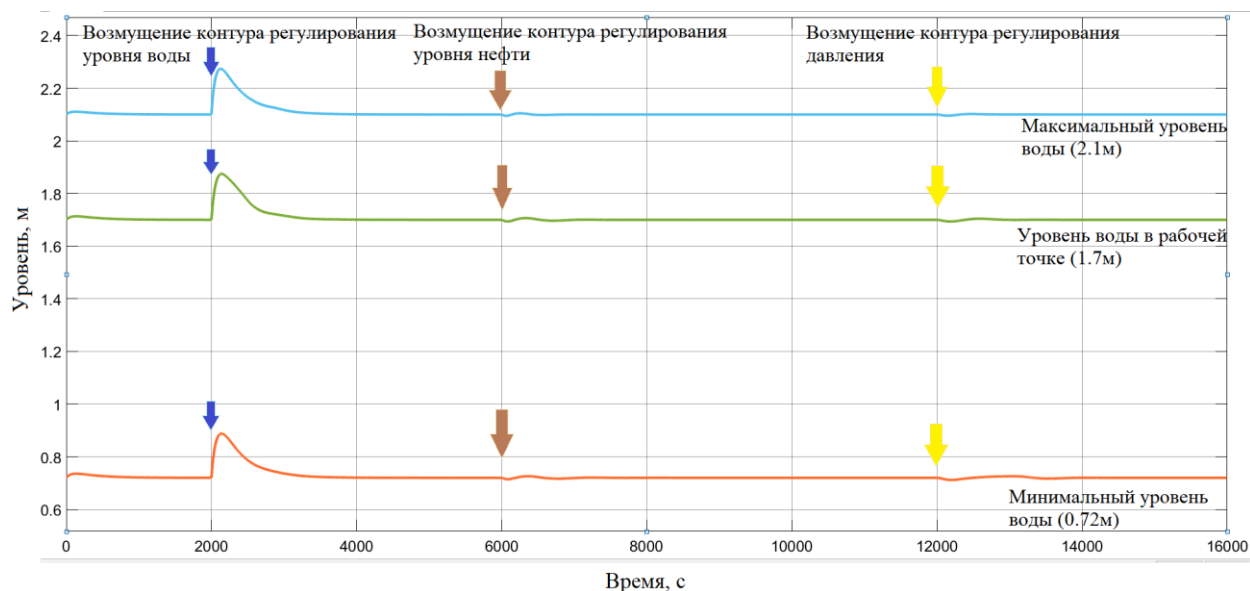


Рисунок 26 – Контур регулирования воды в рабочих диапазонах

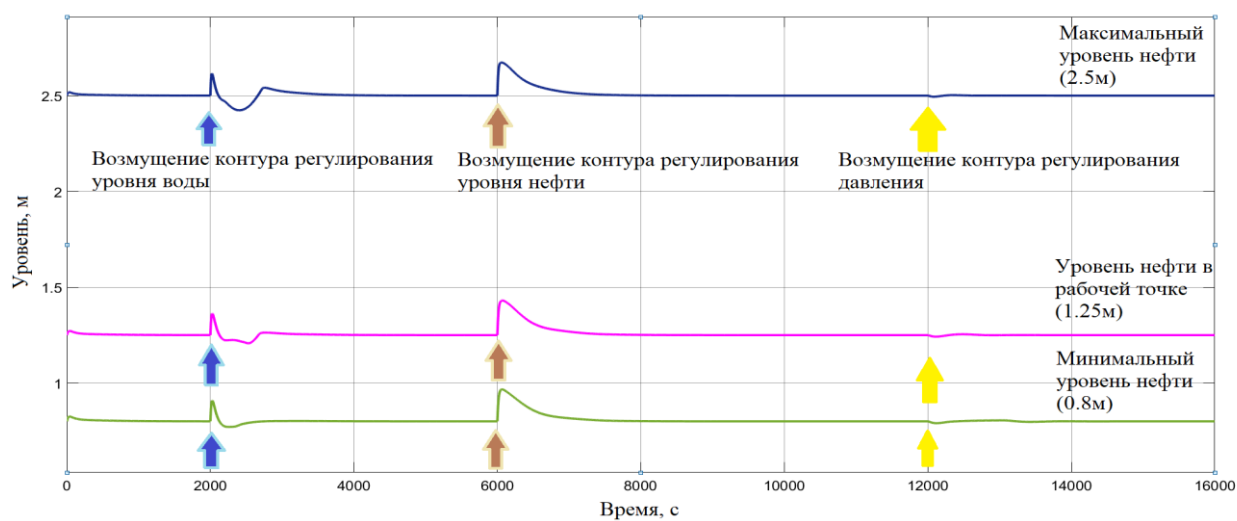


Рисунок 27 – Контур регулирования нефти в рабочих диапазонах

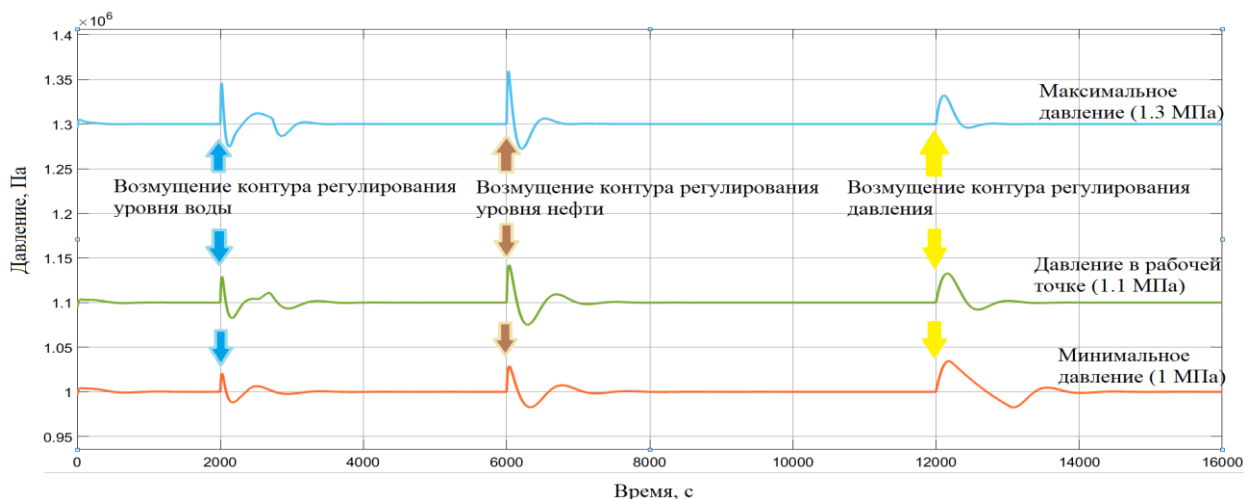


Рисунок 28 – Контур регулирования давления в рабочих диапазонах

Из-за влияния контуров друг на друга увеличивается шанс перелива воды во вторую полость сепаратора, возникает возможность попадания нефти в трубу для сброса воды и газа в трубу для сброса нефти, что приводит к нежелательному выбросу продуктов переработки и повышенной нагрузке последующих установок подготовки.

2.10.2.3 Компенсация по возмущению

Для уменьшения возмущений и выбросов продуктов, используется принцип регулирования по возмущению. Если внешние возмущения, воздействующие на объект управления, можно измерять до того, как они пройдут на выход системы, можно ввести по результатам измерения коррективы в схему управления, которые компенсировали бы вызываемые возмущениями отклонения алгоритма функционирования. В связи с этим в контур вводится компенсирующая цепь (выделена зеленым цветом, рисунок 26):

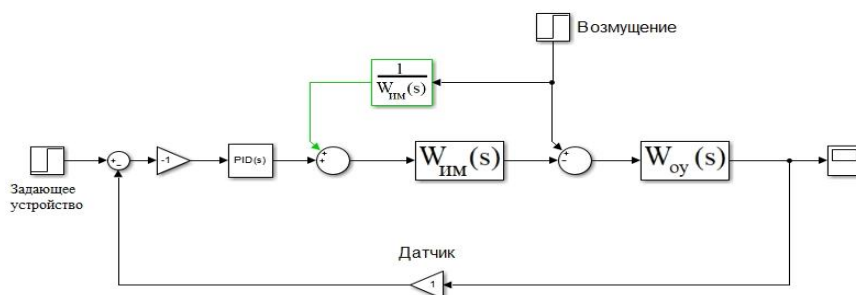


Рисунок 28 – Компенсация по возмущению

Применительно к математической модели трехфазного сепаратора компенсацию по возмущению будет выглядеть следующим образом (рисунок 29):

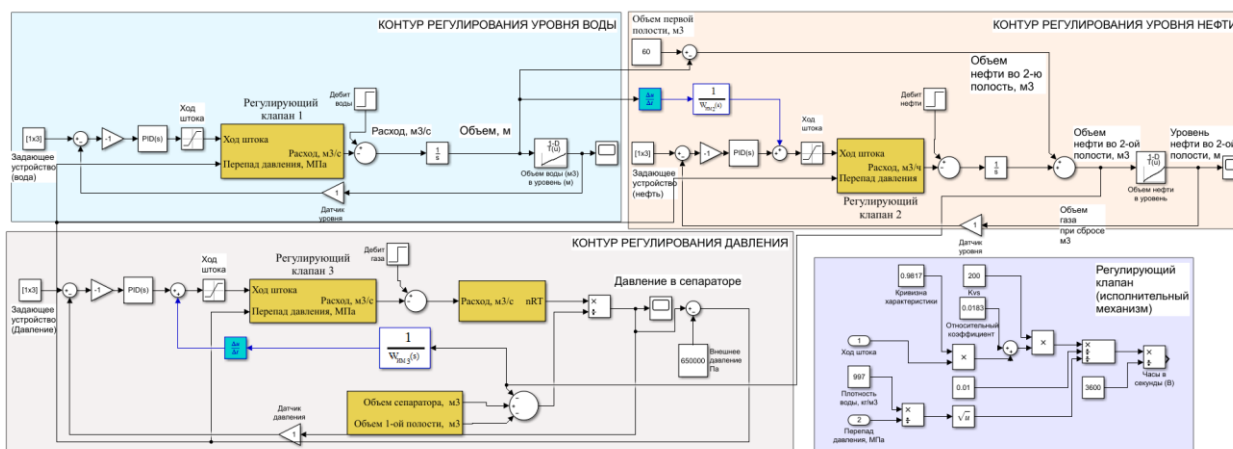


Рисунок 29 – Компенсация по возмущению (контура регулирования уровня нефти и контура регулирования давления)

Где синим цветом выделены компенсирующие цепи для компенсации возмущения контуров управления уровня воды и нефти (компенсация по газу не выполнена, так как возмущения не оказывают существенного влияния на процессы в системе). Строится она следующим образом: возмущение возникающее в контуре регулирования уровня воды поступает в контур регулирования уровня нефти, поэтому после ПИД-регулятора ставится сумматор и производятся структурные преобразования. Так как в контуре регулирования есть интегратор, соответственно в прямой связи (компенсирующая цепь) ставится дифференциатор. Передаточные функции исполнительных механизмов, полученные в процессе линеаризации контура регулирования уровня нефти и контура регулирования давления (глава 2.10.2.1) и дополнительно улучшаются в процессе подбора коэффициентов, меняются на обратно пропорциональную им ($\frac{1}{W_{имкн}(s)} = 50, \frac{1}{W_{имкд}(s)} = 8,696$).
Переходные процессы становятся (рисунок 30, рисунок 31):

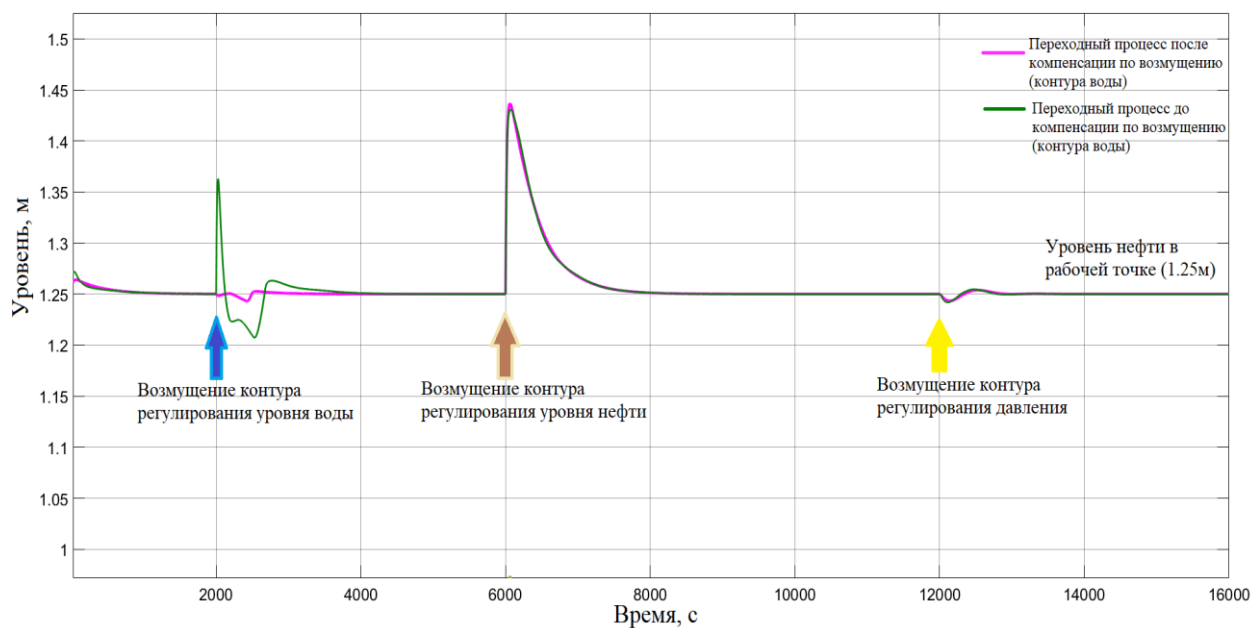


Рисунок 30 – Компенсация возмущений контура регулирования уровня воды

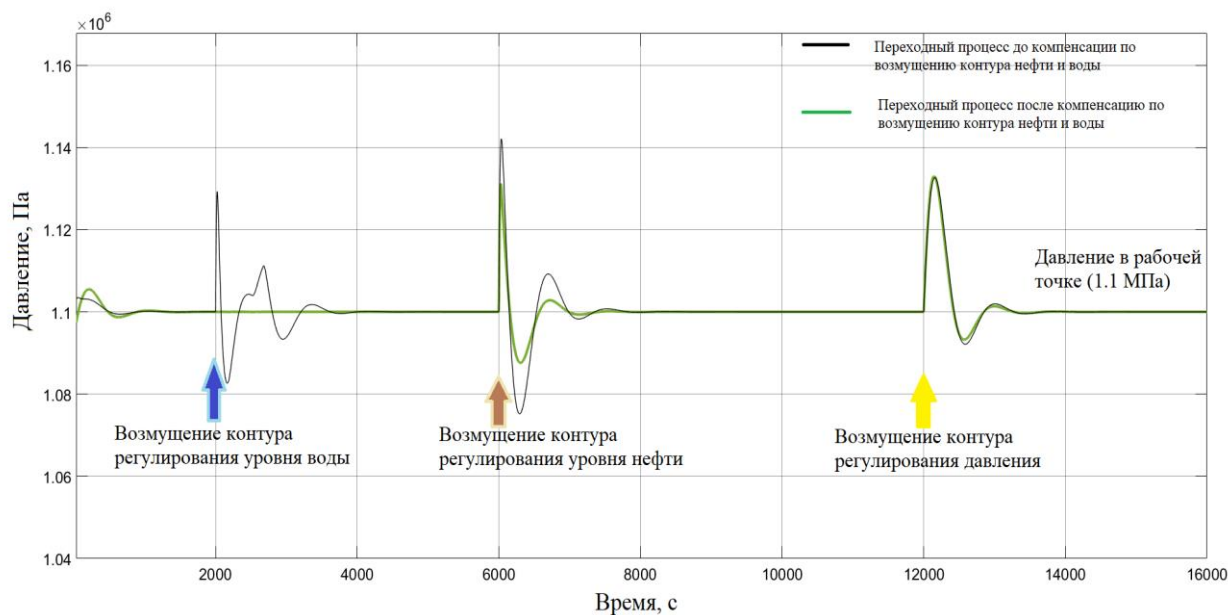


Рисунок 31 – Компенсация возмущений контура регулирования уровня воды и контура регулирования уровня нефти

Введенные контуры компенсации по возмущению увеличивают качество переходных процессов, а физически – уменьшается выброс нежелательных продуктов переработки на последующие стадии подготовки нефти.

2.11 Экранные формы АС

2.11.1 Разработка дерева экранных форм

Управление в АС реализовано с использованием SCADA-системы Simatic WinCC. Эта SCADA-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. SCADA-система обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода, что позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

Дерево экранных форм приведено в приложении Е. Пользователь (диспетчер, старший диспетчер, руководитель) с помощью кнопок вызова может осуществлять навигацию экранных форм. При запуске проекта появляется окно авторизации, в котором необходимо ввести логин/пароль. После того, как введен верный логин и пароль, появляется мнемосхема объектов. Пользователь имеет доступ к карте нормативных параметров с мнемосхемы объектов. Для того, чтобы открыть мнемосхемы объектов нужно нажать на прямоугольную область мнемосхемы основных объектов, исходя из названия объекта, за которым необходимо вести контроль.

2.11.2 Разработка экранных форм АС

Разработанные экранные формы приведены в приложении Е.

1. «НГСВ» – мнемосхема на которой отображаются основные параметры технологического процесса: давление, температура в сепараторе,

уровни жидкостей в первой и второй полостях, степени открытия регулирующих клапанов, а также расход нефти, газа и воды в трубопроводе. Имеются поля для задания уставок уровней и давления. Кроме этого, на экран выводятся последние события и аварии.

2. «Настройка датчиков» – мнемосхема, отображающая значения уставок различных величин. Уставки технологического процесса могут быть экспортированы в текстовый формат.

3. «Журнал» – экранная форма, показывающая действия (например вход пользователя) и аварии (например потеря соединения с датчиком). Возможен выбор промежутка времени и категории событий.

4. «Тренды» – экранная форма, на которой в режиме реального времени можно отследить динамику любого процесса.

Назначение цветов экранной формы:

1. Клапан (рисунок 32):



Рисунок 32 - Клапан

- а) Зеленый – клапан открыт.
- б) Серый – Клапан закрыт.
- в) Красный – клапан находится в аварии.

2. Расходомер (рисунок 33):

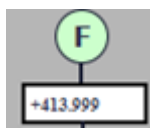


Рисунок 33- Расходомер

- а) Зеленый – находятся в работе.
 - б) Серый – отключены.
 - в) Красный – в аварии.
3. Шкала для отображения уровня (рисунок 34):

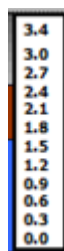


Рисунок 34 – Шкалы уровня

- а) Зеленый – уровень в норме.
- б) Красный - уровень выше нормы.

4. Журнал состояний – поле для отслеживания событий и аварий (рисунок 35).

Номер	Время	Место	Наименование	Состояние

Рисунок 35 – Журнал состояний

- а) Сообщения синим – квитированные.
 - б) Сообщения белым – события.
 - в) Сообщения красным – аварии.
5. Поля входных и выходных значений (рисунок 36).

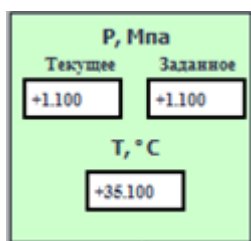


Рисунок 36 – Поля выходных значений

- а) Белым – рабочее значение сигнала.
- б) Желтым – значение сигнала достигло верхнего (нижнего) допустимого значения.
- в) Красным – значение сигнала достигло верхнего (нижнего) аварийного значения.

2.12 OPC-сервер

Целью стандарта OPC является обеспечение возможности совместной работы средств автоматизации, функционирующих на разных аппаратных

платформах, в разных промышленных сетях и производимых разными фирмами.

Для того чтобы не адаптировать SCADA пакет индивидуально к каждому новому оборудованию используют OPC-сервер.

В разработанном проекте имеем: объект управления – математическая модель трехфазного сепаратора НГСВ 1.6 – 3400 в Simulink, ПЛК Siemens S7-313C, SCADA пакет WinCC. А в качестве OPC-сервера выступит платформа Process Simulator 2.7.6484.

Настройки TiA Portal

1. В проекте выбирается контроллер Siemens S7-313C (глава 2.5) и создается соединение с WinCC (рисунок 37):

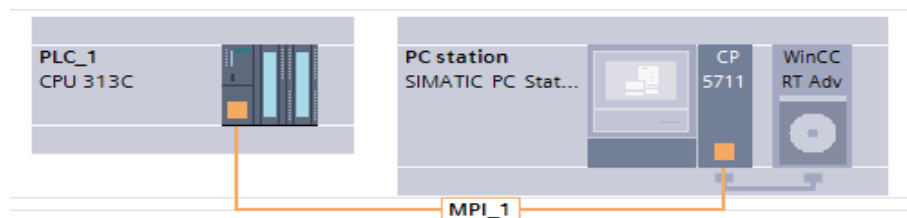


Рисунок 37 – Соединение ПЛК и SCADA

2. PLC tags записываются теги для SCADA и объекта управления (рисунок 38):

PLC tags									
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment	
1	lvlwater	Default tag table	Real	%MD0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	valuewater	Default tag table	Real	%MD8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	lvloil	Default tag table	Real	%MD12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	valueoil	Default tag table	Real	%MD16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	lvlgas	Default tag table	Real	%MD20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	valuegas	Default tag table	Real	%MD24		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	valvewater	Default tag table	Real	%MD28		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	valveoil	Default tag table	Real	%MD32		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	valvegass	Default tag table	Real	%MD36		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	valuevalvewater	Default tag table	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	valuevalvegass	Default tag table	Real	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	valuevalveoil	Default tag table	Real	%MD48		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	flowoil	Default tag table	Real	%MD52		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	flowwater	Default tag table	Real	%MD56		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	flowgass	Default tag table	Real	%MD60		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	valueflowoil	Default tag table	Real	%MD64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	valueflowgass	Default tag table	Real	%MD68		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	valueflowwater	Default tag table	Real	%MD72		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	pressure	Default tag table	Real	%MD76		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	ustavka lvlwater	Default tag table	Real	%MD80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	temperature	Default tag table	Real	%MD84		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	ustavka lvloil	Default tag table	Real	%MD88		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	ustavka pressure	Default tag table	Real	%MD92		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	<Add new>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Рисунок 38 – Теги ПЛК

3. Привязываются необходимые теги к полям вывода на SCADA (рисунок 39):

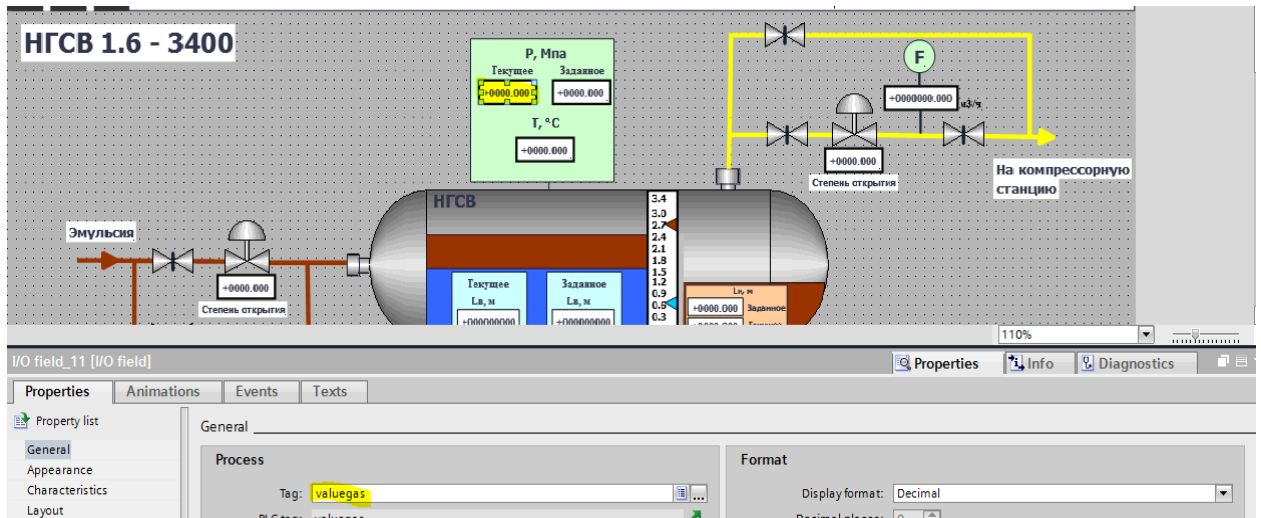


Рисунок 39 – Тег на SCADA

Настройки Simulink

1. К математической модели привязываются следующие блоки:
 а) OPC Configuration – для выбора OPC-сервера и создания соединения с ним (рисунок 40):

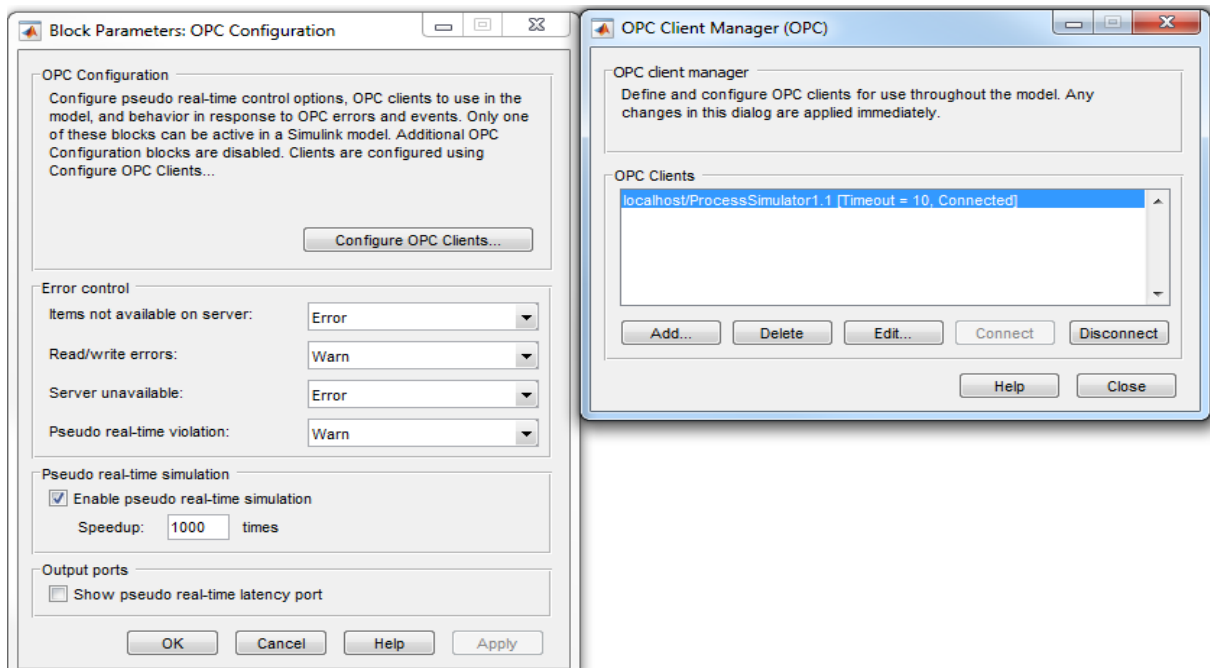


Рисунок 40 – Настройки OPC Configuration

b) OPC Read – для чтения переменной из OPC-сервера (рисунок 41):

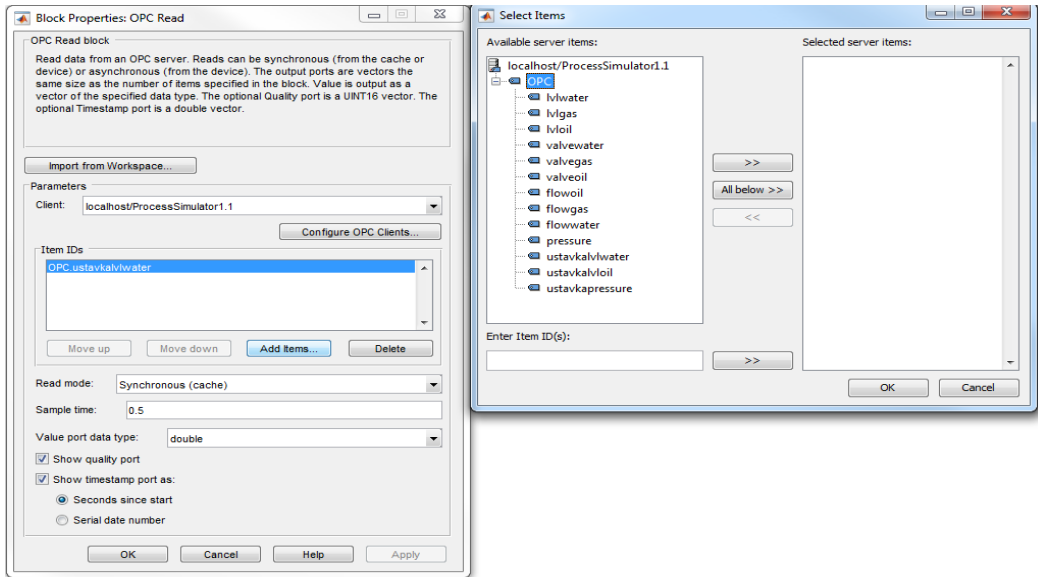


Рисунок 41 – Настройки OPC Read

c) OPC Write – для записи переменной в OPC-сервер (рисунок 42):

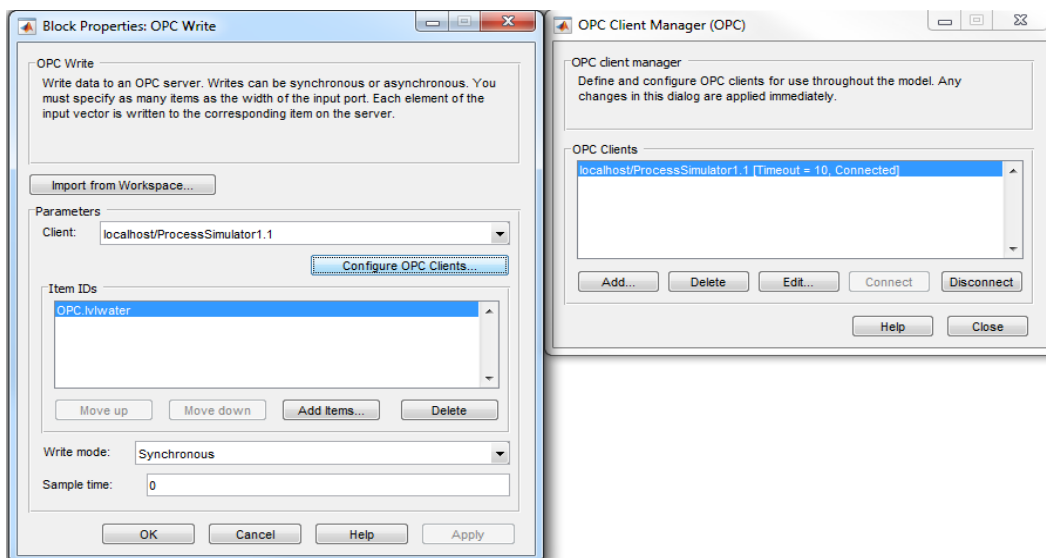


Рисунок 42 – Настройки OPC Write

Настройки Process Simulator

1. Соединение с ПЛК (рисунок 43):

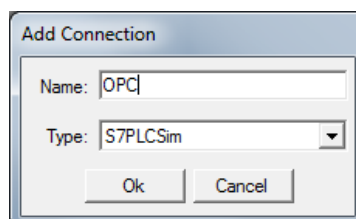


Рисунок 43 – Добавление соединения

2. Добавление тегов с PLC tags (рисунок 44):

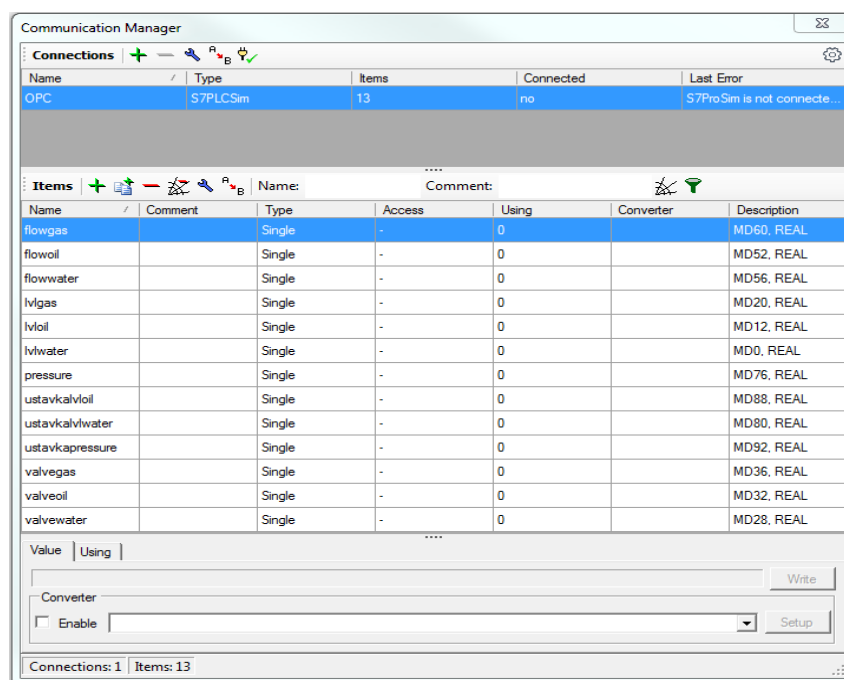


Рисунок 44 – Добавление тегов в Process Simulator

Результатом данных настроек является снятие показателей уровня, расхода и степени открытия регулирующего клапана с объекта управления. Кроме того, реализована возможность задания уставок со SCADA на математическую модель.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

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

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

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

3.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия, организации, специализирующиеся на разработке АСУ ТП в нефтегазовой отрасли и внедрении их в производство. Разработанная в ВКР система управления блоком сепарации рассчитана преимущественно на средние и крупные предприятия.

В таблице 23 приводятся основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Элком+», «В» - ООО «ИндаСофт», «С» - АО «ЭлеСи».

Таблица 23 – Сегментирование рынка

		Вид деятельности		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер компании	Крупные	С	В	С
	Средние	А,В,С	А,В	А,С
	Мелкие	А,В,С	А,В	А,С

Исходя из анализа карты сегментирования, можно сделать вывод о том, что разработка SCADA-системы и выполнение строительно-монтажных работ являются наиболее предпочтительным объектом для разработок среди крупных и средних компаний.

3.3 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве.

Компании «ЭлеСи» и «Элком+» являются лидерами в отрасли автоматизации по Томской области.

Компания «ЭлеСи» строит системы диспетчерского контроля, используя контроллеры своего производства, а также SCADA Infinity (своего производства). Цена за разработки компании невысока, но оборудование во многом уступает зарубежным аналогам.

Компания ООО Элком+ является одной из компаний, занимающейся разработкой АСУ для таких предприятий как ПАО «Газпром» и ПАО НК «Роснефть». Компания также осуществляет предпроектное обследование и разработку проектной и рабочей документации. Располагается в г. Томске.

В таблице 24 отражена оценочная карта для сравнения разработок конкурентов.

Таблица 24 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разработанная АСУ ТП Элком	ЭлеСи	Разработанная АСУ ТП Элком	ЭлеСи		
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Удобство в эксплуатации	0,14	4	4	4	0,56	0,56	0,56
Надежность	0,10	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Безопасность	0,08	5	4	5	0,4	0,32	0,4
Минимизация ошибок учета	0,10	4	3	4	0,40	0,30	0,40
Ремонтопригодность	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
Послепроектное	0,08	5	4	5	0,4	0,32	0,4

сопровождение							
Срок эксплуатации	0,10	5	4	3	0,5	0,4	0,5
Цена	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
Конкурентоспособность	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
Уровень проникновения на рынок	0,05	0	5	5	0	0,25	0,25
Итого	1				4,34	4,01	4,61

Анализ конкурентных технических решений рассчитывается по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (25)$$

где K – конкурентоспособность, B_i – вес показателя (в долях), B_i – балл i -го показателя.

Исходя из расчетов следует вывод, что проект может оказать конкуренцию в цене, улучшении производительности и удобстве использования. Однако проект обладает слабой позицией в плане ремонтпригодности и послепроектного сопровождения.

3.4 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится по оценочной карте для сравнения конкурентных технических разработок. Карта представлена в таблице 25.

Таблица 25 - Оценочная карта QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешанное значение (5x2)
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					

Надежность	0,12	70	100	0,7	0,084
Удобство использования	0,14	75	100	0,75	0,105
Безопасность	0,15	85	100	0,85	0,1275
Улучшение производительности и	0,18	90	100	0,90	0,162
Минимизация ошибок учета	0,10	65	100	0,65	0,065
Ремонтопригодность	0,09	70	100	0,70	0,063
Экономические критерии оценки эффективности					
Послепроектное сопровождение	0,09	70	100	0,70	0,063
Цена	0,07	80	100	0,80	0,056
Конкурентоспособность	0,06	65	100	0,65	0,039
Итого	1				0,7645

Оценка перспективности и качества по технологии QuaD находится по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i \cdot 100, \quad (26)$$

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

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i \cdot 100 = 76,45. \quad (27)$$

Значение $P_{\text{ср}}=76,45$ показывает, что проект обладает перспективностью выше среднего, что позволяет говорить о дальнейшей возможности работы над проектом и его улучшении.

3.5 SWOT – анализ

SWOT-анализ – метод планирования, который заключается в том, чтобы выявить факторы внутренней и внешней среды организации, и делении их на 4-ре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). SWOT-анализ проводится в несколько этапов. Первый – описание сильных и слабых сторон проекта, а также обнаружение возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 26 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
	<p>Сил1. Не требуется уникальное оборудование.</p> <p>Сил2. Высокая надежность.</p> <p>Сил3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика.</p> <p>Сил4. Низкая стоимость</p>	<p>Слб1. Недостаток финансирования</p> <p>Слб2. Применение только в нефтегазовой отрасли</p> <p>Слб3. Длительный срок поставки необходимого оборудования</p> <p>Слб4. Отсутствие базы клиентов</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Расширение сферы предоставляемых услуг</p> <p>В2. Сотрудничество с компаниями-разработчиками АСУ</p>		

В3. Увеличение клиентской базы		
Угрозы: У1. Конкуренция с другими разработчиками АСУ У2. Снижение спроса		

Второй этап – обнаружение соответствий сильных и слабых сторон разработанного проекта условиям окружающей среды. Этап нужен для выявления необходимости стратегических изменений.

Знак «+» - сильное соответствие сильных сторон возможностям, «-» - слабое соответствие, «0» - в случае сомнений.

Интерактивные матрицы приведены в таблицах 27-30.

Таблица 27 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
		Сил1	Сил2	Сил3	Сил4
Возможности проекта	В1	0	0	+	-
	В2	0	0	0	0
	В3	0	+	+	+

Таблица 28 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

		Слб1	Слб2	Слб3
Возможности проекта	В1	+	-	0
	В2	+	0	0
	В3	0	0	0

Таблица 29 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		Сил1	Сил2	Сил3	Сил4
	У1	-	0	0	-
	У2	0	-	+	-

Таблица 30 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Угрозы проекта		Слб1	Слб2	Слб3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+

Итоговая матрица SWOT будет выглядеть следующим образом.

Таблица 31 – Матрица SWOT

	Сил1. Не требуется уникальное оборудование. Сил2. Высокая надежность. Сил3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика. Сил4. Низкая стоимость	Слб1. Недостаток финансирования Слб2. Применение только в нефтегазовой отрасли Слб3. Длительный срок поставки необходимого оборудования Слб4. Отсутствие базы клиентов
Возможности В1. Расширение сферы предоставляемых услуг В2. Сотрудничество с компаниями-разработчиками АСУ В3. Увеличение	В1Сил3 – увеличение числа разработок В3Сил2Сил3 – повышение качества продукции В2Сил4 – увеличение прибыли и клиентской	В1В2Слб1 – привлечение инвесторов

клиентской базы	базы	
Угрозы: У1. Конкуренция с другими разработчиками АСУ У2. Снижение спроса	У2С3 – выполнение работ под индивидуальные требования клиента, проверка правильного заполнения плана закупок.	У1Слб1 – недостаток в клиентах на начальных этапах. У2Слб3 – смещение сроков работ

3.6 Планирование научно-исследовательских работ

3.6.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 32 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Постановка задачи	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Обзор научно-технической литературы	Студент, Руководитель
	3	Разработка и утверждение ТЗ	Студент, Руководитель
	4	Календарное планирование	Студент, Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка модели объекта	Студент, Руководитель
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Студент
	7	Разработка структурной схемы и схемы информационных потоков	Студент
	8	Выбор средств реализации	Студент

	9	Разработка схем внешних проводок	Студент
	10	Разработка алгоритмов управления	Студент
	11	Получение математической модели объекта	Студент
	12	Моделирование	Студент
	13	Разработка экранных форм	Студент
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки	Студент

3.6.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для того чтобы определить ожидаемое (среднее) значение трудоемкости используется данная формула:

$$t = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (28)$$

где t_{\min} – это минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.; t_{\max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Исходя из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (29)$$

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

Для того, чтобы было удобней строить график, необходимо длительность каждого этапа работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Поэтому необходимо воспользоваться данной формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (230)$$

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (31)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни, $T_{\text{вых}}$ – выходные дни, $T_{\text{пр}}$ – праздничные дни.

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 52 - 12) = 1,21$.

Таблица 33 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t min, чел-дни		t max, чел-дни		t _{ожи} , чел-дни		Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент				
1. Постановка задачи	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2,072	
2. Обзор научно-технической литературы	1	45	2	60	1,4	51	0,7	25,5	1,036	37,74
3. Разработка и утверждение ТЗ	1	2	2	4	1,4	2,8	0,7	1,4	1,036	2,07
4. Календарное	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1,036	1,04

планирование										
5.Разработка модели объекта	1	3	2	5	1,4	3,8	0,7	1,9	1,036	2,81
6.Разработка функциональной схемы автоматизации	-	5	-	9	-	6,6	-	6,6	-	9,77
7.Разработка структурной схемы и схем информационных потоков	-	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	5,62
8.Выбор средств реализации	-	10	-	15	-	12	-	12	-	17,76
9.Разработка схем внешних проводок	-	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4,15
10.Разработка алгоритмов управления	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2,07
11.Получение математической модели объекта	-	5	-	9	-	6,6	-	6,6	-	9,77
12.Моделирование	-	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3,55
13.Разработка экранных форм	-	20	-	30	-	24	-	24	-	35,52
14.Составление пояснительной	-	45	-		-	55	-	49	-	73

записки										
Итого								Итого	6,2	204,4

По данным из таблицы 33 создадим диаграмму Ганта, представляющую собой ленточный график. На графике видны работы по теме (протяженные отрезки, которые характеризуются датами начала и окончания выполнения).

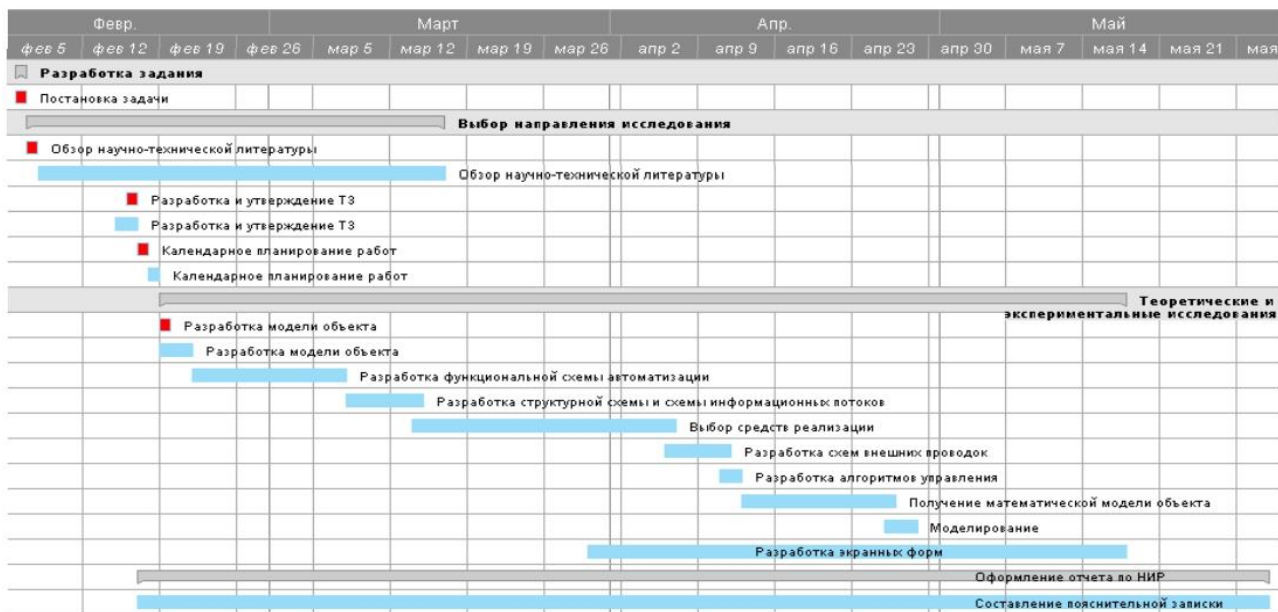


Рисунок 45 – Диаграмма Ганта

3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.7.1 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 34 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат также учитывается транспортные расходы и расходы (величина k_T) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (32)$$

где $N_{расх}$ – количество видов 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 (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

Таблица 34 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы	
		Рук.	Студ.	Рук.	Студ.	Рук.	Студ.
Ноутбук (ПК)	Шт.	1	1	30000	35000	34500	40250
Принтер	Шт.	1	1	2700	2700	3240	3240
Мышь	Шт.	1	1	350	350	600	600
Бумага	Пачка	2	2	250	250	300	300
Канцелярия	Шт.	1	2	300	300	345	690
Итого:						38 985	45 080

3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (33)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$). Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (24)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – кол-во 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 $M=9,6$; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. (таблица 35).

Таблица 35 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174

Месячный должностной оклад работника (формула):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (25)$$

$Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 от $Z_{\text{тс}}$; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за

расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{тс}$); k_p – районный коэффициент (1,3 для Томска).

В таблице 36 приводится расчет основной заработной платы.

Таблица 36 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб	k_p , руб	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	15800	1.3	34918	1834,08	6,2	11371,28
Студент	2206	1,3	4875,26	268,98	204,4	54979,48

3.7.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (26)$$

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

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены в формулах 37, 38.

$$Z_{доп} = 0,14 \cdot 11371,28 = 1591,98 \text{ руб}, \quad (27)$$

$$Z_{доп} = 0,14 \cdot 54979,48 = 7697,13 \text{ руб}. \quad (28)$$

3.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 39:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (29)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и пр.).

Таблица 37. Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	11371,28	54979,48
Студент	1591,98	7697,13
Отчисления во внебюджетные фонды	20%	
Итого		
Руководитель	2592,65	
Студент	12535,32	

3.8 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}. \quad (30)$$

Коэффициент накладных расходов принимается равным 16%.

3.8.1 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 38 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ	250,70
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	66350,76
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	9289,11
Отчисления во внебюджетные фонды	15127,97

Накладные расходы	54635,01
Бюджет затрат НИИ	396103,80

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (31)$$

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 для которого разрабатывается АСУ. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта АСУ ЭГ в компании «Элком+», равняется 100 тыс. руб, в компании «ЭлеСи» 110 тыс. руб, у студента с руководителем на 20-30% дешевле, т.е 70 тыс. руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.студент}} = \frac{70000}{110000} = 0,64, \quad (32)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.элком+}} = \frac{100000}{110000} = 0,91, \quad (33)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.ТелеСистемы}} = \frac{110000}{110000} = 1. \quad (34)$$

Таблица 39 – Расчет показателей

Объект исследования	Весовой коэффициент	Студент	Элком+	ЭлеСи
---------------------	---------------------	---------	--------	-------

Критерии	параметра			
	Показатель	Исп1	Исп2	Исп3

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	4	5	5
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

$$I_{\text{студент}} = 4,3; I_{\text{элком+}} = 4,85; I_{\text{телесистемы}} = 4,65.$$

Определим интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{\text{исп.i}}$:

$$I_{\text{исп.студент}} = \frac{4,3}{0,64} = 6,72, \quad (35)$$

$$I_{\text{исп.элком+}} = \frac{4,85}{0,91} = 5,33, \quad (36)$$

$$I_{\text{телесистемы}} = \frac{4,65}{1} = 4,65. \quad (37)$$

Определим сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}1} = \frac{4,65}{6,72} = 0,69, \quad (38)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{5,33}{6,72} = 0,79, \quad (39)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{6,72}{6,72} = 1. \quad (40)$$

Интегральный финансовый показатель разработки	0,64	0,91	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,85	4,65
Интегральный показатель эффективности	6,72	5,33	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,79	0,69

Таблица 40 – Рассчитанные показатели ресурсоэффективности

Из полученных результатов видно, что разработанный проект эффективен на фоне конкурентов. Несмотря на небольшое отставание в плане ресурсоэффективности, проект опережает конкурентов в финансовом аспекте.

Вывод:

В результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» определили показатели затрат научно-исследовательской работы. Бюджет затрат НИИ составил 396104 рубля, основную часть данного финансирования обеспечивает Томский политехнический университет. В аудиториях ТПУ для студентов предоставляются персональные компьютеры с установленным лицензионным обеспечением Microsoft Office Word, Excel, PowerPoint и SIMATIC WinCC (TIA Portal). В ходе работы разработчикам самостоятельно необходимо будет приобрести канцелярские принадлежности.

4 Социальная ответственность

В данной работе рассматривается разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом блока сепарации установки комплексной подготовки нефти. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ ТП является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций.

В связи с этим будут разработаны меры по защите и снижению негативного влияния производственных факторов для рабочего места оператора согласно требованиям, а также даны рекомендации для создания благоприятных условий труда и охраны окружающей среды.

Из-за внедрения АСУ обслуживающий персонал будет работать с таким оборудованием как ПЭВМ, измерительные устройства (датчики), регулирующие клапаны и ПЛК.

При работе с вышеприведенным оборудованием человек подвергается различным воздействиям таким как:

- отклонения значений температуры и влажности от нормы;
- недостаточная освещенность;
- повышенный уровень шума и вибрации;
- повышенный уровень электромагнитного излучения;
- поражение током.

4.1 Анализ вредных и опасных факторов

Оценка влияния различных факторов будет производиться исходя из того, что работа инженера относится к категории 1а согласно ГОСТ 12.1.005-

88. Производственную деятельность рабочий как правило осуществляет в помещении площадью 15-20 м², в котором находятся несколько ПК для мониторинга процесса. Таким образом, требования по безопасности при работе с ПК, уровню шума, освещенности и т.д. будут устанавливаться согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

4.2 Производственный шум

Требования к уровню шума содержатся в СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на 5-12% производительность труда. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90дБ снижает производительность труда на 30-60%. Согласно СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 максимально допустимый уровень шума для работ категории 1а составляет 80дБА.

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 с АСУ специальные защитные средства не требуются.

4.3 Повышенный уровень вибрации

Вибрация определяется как колебательный процесс, возникающий при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от

положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии.

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

4.4 Электромагнитное излучение

Допустимые нормы электромагнитного излучения устанавливаются в СанПиН 2.2.4.3359-16.

Источниками электромагнитного излучения являются электрические сигналы цепей при работе ЭВМ и оборудования АСУ ТП. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. ЖК-дисплеи формируют изображение методом, принципиально отличающимся от ЭЛТ-мониторов. Поэтому проблем рентгеновского излучения и статического заряда на поверхности экрана у них просто не существует. Неионизирующие излучения, применительно к дисплеям, можно разделить на следующие классы:

- электростатические поля (только ЭЛТ);
- переменные электрические поля (5 Гц – 400 кГц);
- переменные магнитные поля (5 Гц – 400 кГц).

Последние разработки, в области производства LCD-дисплеев, позволяют значительно снизить уровень излучений и электромагнитных

полей. Используемые дисплеи соответствуют стандарту ТСО'03, гарантируя диапазоны частот <2.5 В/м, что удовлетворяет нормам.

4.5 Электробезопасность

Электробезопасность согласно ГОСТ 12.0.003-2015 относится к опасным факторам производства. Главными причинами электротравматизма являются:

- 1) случайное прикосновение к токоведущим частям;
- 2) появление напряжения на оборудовании вследствие повреждения изоляции;
- 3) появление напряжения на установке, где работают люди, вследствие ошибочных действий персонала;
- 4) удар током при освобождении человека, находящегося под напряжением.

Поражение током опасно для человека, поскольку оказывает на него многостороннее воздействие. Во всех случаях поражением током вызов врача обязателен.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1мА соответственно, для переменного тока (частота 50 Гц) - не более 2,0 В и 0,3 мА соответственно.

Датчики и реле работают от постоянного тока под напряжением 12...36В. Для защиты от статического электричества корпуса датчиков заземляются. Также для предотвращения возникновения дуги в реле рекомендуется использовать реле дуговой защиты.

Исполнительные устройства и ПЛК вместе с дополнительным оборудованием (модули ввода/вывода, модуль связи и т.п.) питаются от промышленной сети (220В, 50Гц), что является источником повышенной

опасности. Контроллерное оборудование размещается в шкафу управления и автоматики. Место, где размещается шкаф, необходимо сопроводить предупреждающими знаками «Высокое напряжение». Регулирующие клапаны должны быть заземлены.

Все токоведущие части системы должны быть изолированы. Также необходима установка УЗО для предотвращения поражения током человека.

В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок и вычислительной техники.

Соединяющие проводники электрооборудования изготавливают из медного провода сечением 1,5 мм², покрытым изоляционным слоем лака для защиты от окисления. Кроме того, обязательно должна быть предусмотрена возможность быстрого отключения напряжения с разделительного щита.

4.6 Пожарная безопасность

Рабочее помещение, в котором располагаются инженеры, должно обладать не менее чем 2-ой степенью огнестойкости, поскольку в нем может располагаться большое количество дорогой техники, в том числе ПЭВМ.

При строительстве подобного помещения в качестве материала должны быть использованы металл, стекло, кирпич и другие негорючие материалы. Углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы должны находиться в здании и предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний. Огнетушители типа ОУ особенно хороши, поскольку не только эффективны для тушения, но и не наносят вреда электрооборудованию.

Помещение должно быть оборудовано датчиками пожарной сигнализации, а также должны быть развешаны планы эвакуации людей при пожаре, которые определяют правильный порядок действий персонала при пожаре и указывают места расположения средств пожаротушения.

Автоматизация блока сепарации приводит к увеличению риска возникновения пожара, поскольку увеличивается количество электрооборудования. В связи с этим АСУ построена таким образом, чтобы исключить выход нефти и газа из сепаратора и оборудования, а также не допустить возникновения искры в токопроводящих цепях. Для этого предусмотрена аварийная сигнализация при критических показателях оборудования (для этого используются спец. Информация об аварии уходит и на главный диспетчерский пункт, где принимается оперативное решение по безопасной остановке объекта, либо происходит автоматическая аварийная остановка.

Организационные мероприятия по предупреждению возникновения пожаров:

- 1) организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- 2) разработка мероприятий по действиям администрации и персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- 3) назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- 1) поддержание исправной изоляции проводников;
- 2) поддержание свободного подхода к оборудованию;
- 3) соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

При обнаружении пожара персоналом:

- 1) немедленно сообщить в пожарную службу;
- 2) оповестить работников о случившемся;
- 3) оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

4.7 Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации блока сепарации УКПН возникают источники негативного химического воздействия на окружающую среду, а именно поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ (например метана) в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха. Поступление вредных веществ может происходить на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру.

Для снижения вредного воздействия на окружающую среду используется «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу», по которой проводится инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разработка норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, планирование работ по снижению выбросов, проведение контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Меры по предотвращению загазованности рабочих зон:

- использования газоанализаторов по периметру трехфазного сепаратора;
- наличие звуковых и визуальных сигнализаторов, показывающих текущие значения НКПР, % по месту и на АРМе оператора, и сигнализирующих, в случае превышения НКПР метана в воздухе:
 - 10% НКПР (соответствует 0.5% объема в воздухе или ПДК метана) – сигнализация о достижении предельного значения;
 - 50% НКПР (соответствует 2.5% объема в воздухе или пятикратной ПДК) – аварийная сигнализация;
 - 100% НКПР – взрывоопасная концентрация газа.

Заключение

Результатом выполнения работы стала система автоматизированного управления нефтегазовым сепаратором. При выполнении выпускной квалификационной работы были разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации (для определения состава необходимого оборудования, количества каналов передачи данных и сигналов), схемы информационных потоков и соединений внешних проводок. Был изучен технологический процесс работы НГСВ 1.6 – 3400 на УКПН.

Для обеспечения автоматизированной системы были выбраны КИП и исполнительные устройства: Метран-150CG, Rosemount 8700, WIKA TR10-F, РИЗУР-900, ДУУ2М, Клапан регулирующий односедельный компании «Авангард». Промышленный контроллер Siemens S7-300, SCADA-система - WinCC.

Построена математическая модель в пакете Simulink, при помощи которой проанализированы процессы, происходящие в трехфазном сепараторе. Разработаны алгоритмы автоматического сбора данных.

В заключительной части данного проекта были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы сепаратора.

Таким образом, спроектированная САУ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

Список литературы

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Датчики уровня ДУУ2М [Электронный ресурс] Режим доступа: http://albatros.nt-rt.ru/images/manuals/ATS_DUUM/ATS_DUU2M_RE.pdf
3. Емкостной уровнемер со стержневым зондом для непрерывного измерения уровня [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.vega-rus.ru/upload/iblock/633/34602-RU-VEGACAL-62-4-20-mA-HART-Zweileiter.pdf>
4. Замятина, О.М. Моделирование систем: Учебное пособие [Текст] / О.М. Замятина. – Томск: Издательство ТПУ, 2009. – 204 с
5. Ким, С. Ф., Моделирование процессов разрушения водонефтяных эмульсий для крупнотоннажных технологий подготовки нефти [Текст] / 115 С.Ф. Ким, Н.В. Ушева, М.А. Самборская, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко // Фундаментальные исследования. – 2013. - №. 8-3. - С. 626-629
6. Кравцов, А.В. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие [Текст] / А.В. Кравцов, Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 128 с
7. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие.
8. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
9. Нефтегазовая микроэнциклопедия. Краткий электронный справочник по основным нефтегазовым терминам с системой перекрёстных ссылок [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.club-gas.ru/_ld/6/621__-__.pdf

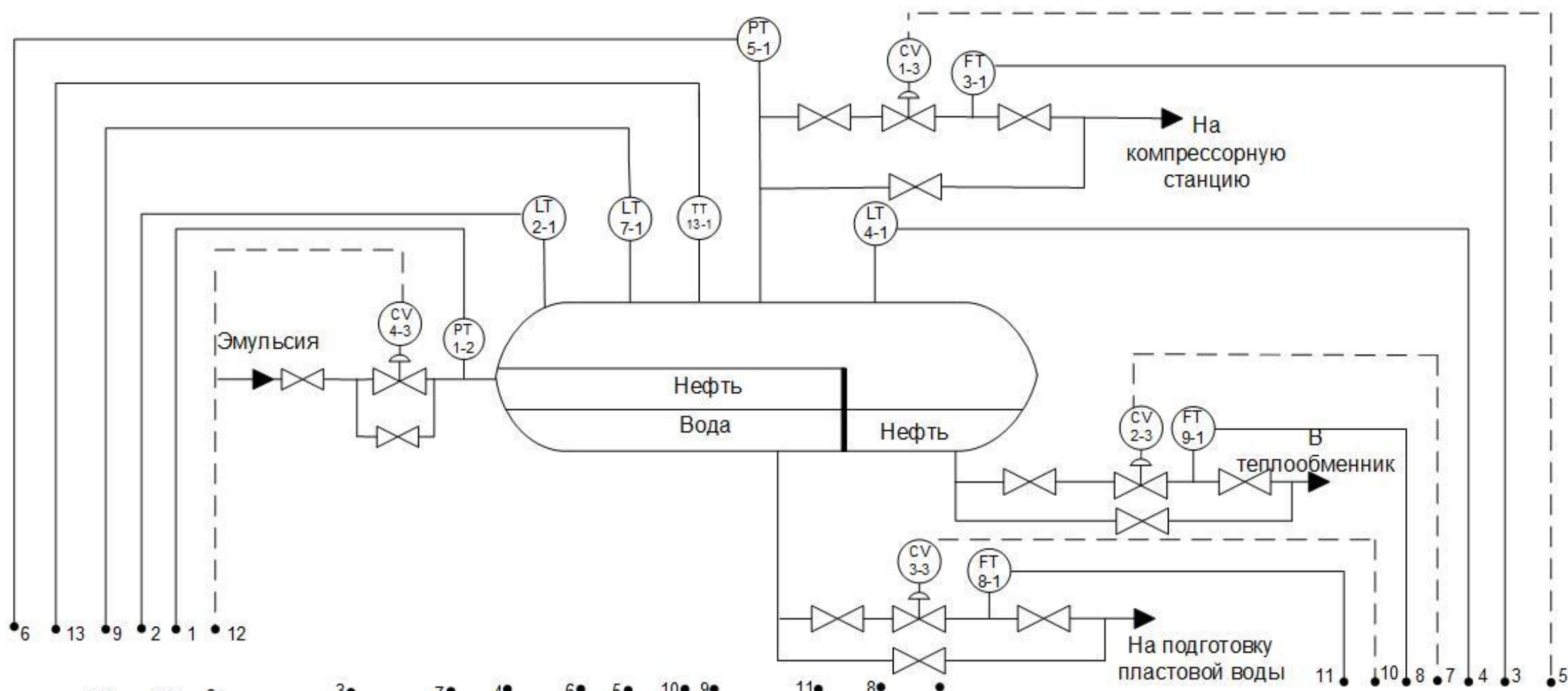
10. Нефтегазовые сепараторы со сбросом воды НГСВ [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.tehnoeo.ru/product/separ/separato2/>
11. ПЛК S7-300 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05_S7_300_2015_rupart-1.pdf
12. Расходная характеристика [Электронный ресурс] Режим доступа: http://ldmvalves.ru/Proektirovshikam/Reguliruyuschaya_armatura_LDM/2.3_Ras_hodnaya_harakteristika.html
13. Расходомеры электромагнитные Метран-370 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://mtnii.nt-rt.ru/images/manuals/Metran_370.pdf
14. Расходомеры электромагнитные Rosemount 8700 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-8700/Rosemount_8700_rashodomery_elektromagnitnye.pdf
15. Регулирующий односедельный клапан [Электронный ресурс] Режим доступа: http://saz-avangard.ru/upload/files_katalog/katalog_saz_2018.pdf
16. Сигнализатор уровня ультразвуковой серии РИЗУР-900 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.rizur.ru/uploads/data/rizur_900_opisanie1.pdf
17. Сигнализатор уровня ультразвуковой: СУР-5 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://albatros.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2018/04/ATS_SUR-5_KI.pdf
18. Техническая спецификация FLUXUS F808 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docplayer.ru/43598037-Tehnicheskaya-specifikaciya-fluxus-f808.html>
19. Уровнемеры Rosemount [Электронный ресурс] Режим доступа: http://rosemeter.nt-rt.ru/images/showcase/04_RSE_LEVEL_SC.pdf
20. Ушева, Н.В. Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти [Текст] / НВ. Ушева, О.Е. Мойзес, С.Ф. Ким, С.Н. Гизатуллина С.Н. // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.-2014.-Т.57. Вып.11.- С.101-103.

21. Черных И.В. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>

22. Щодро, А. И. Автоматизация технологического процесса сепарации нефтесодержащей смеси [Текст] / А.И. Щодро // Актуальные проблемы науки и образования в современном мире: тр. III Международной научно- практической конференции. – Стерлитамак: СФ БашГУ, 2017. - С. 407 – 410.

23. Щодро, А. И. Математическое моделирование процесса сепарации обводнённой нефтесодержащей смеси [Текст] / В.А. Зеленский, А.А. Сушин, А.И. Щодро // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017): тр. III Международной конференции и молодёжной школы. – Самара: Изд-во Предприятие «Новая техника», 2017 – С. 1347 – 1351.

24. Modeling and Control of Three-Phase Gravitly Separators in Oil Production Facilities [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/4265563_Modeling_and_Control_of_Three-Phase_Gravilty_Separators_in_Oil_Production_Facilities



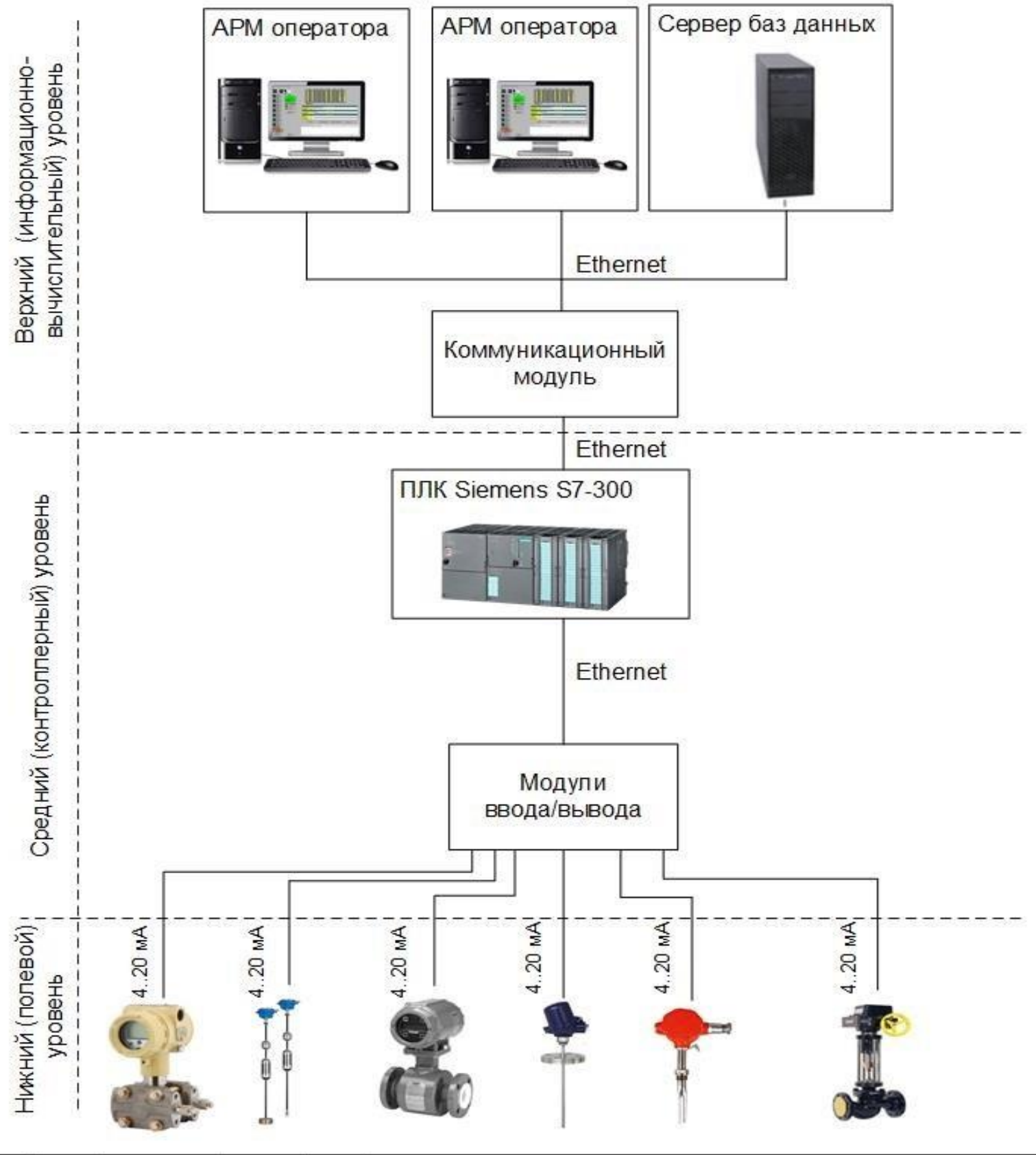
	1	12	2	3	7	4	6	5	10	9	11	8	
	МПа	МАі	м	м³/ч	МА	м	МПа	МА	МАі	м	м³/ч	м³/ч	°С
Приборы местные	PT 1-2	LIA 2-2	FI 3-2	LR 4-2	PT 5-2	LT 7-2	FI 8-2	FI 9-2	TI 13-2				
Щит управления	PI 1-3	PC 1-4	HL1	LC 2-3	LC 4-4	LI 4-3	PI 5-3	PC 5-4	LC 7-4	LI 7-3			
SCADA													

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разработ		Купин А.С.		
Проверил		Тутаев И.А.		
Т. Контр.				
И. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425280.006.01

Функциональная схема автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 4	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А		



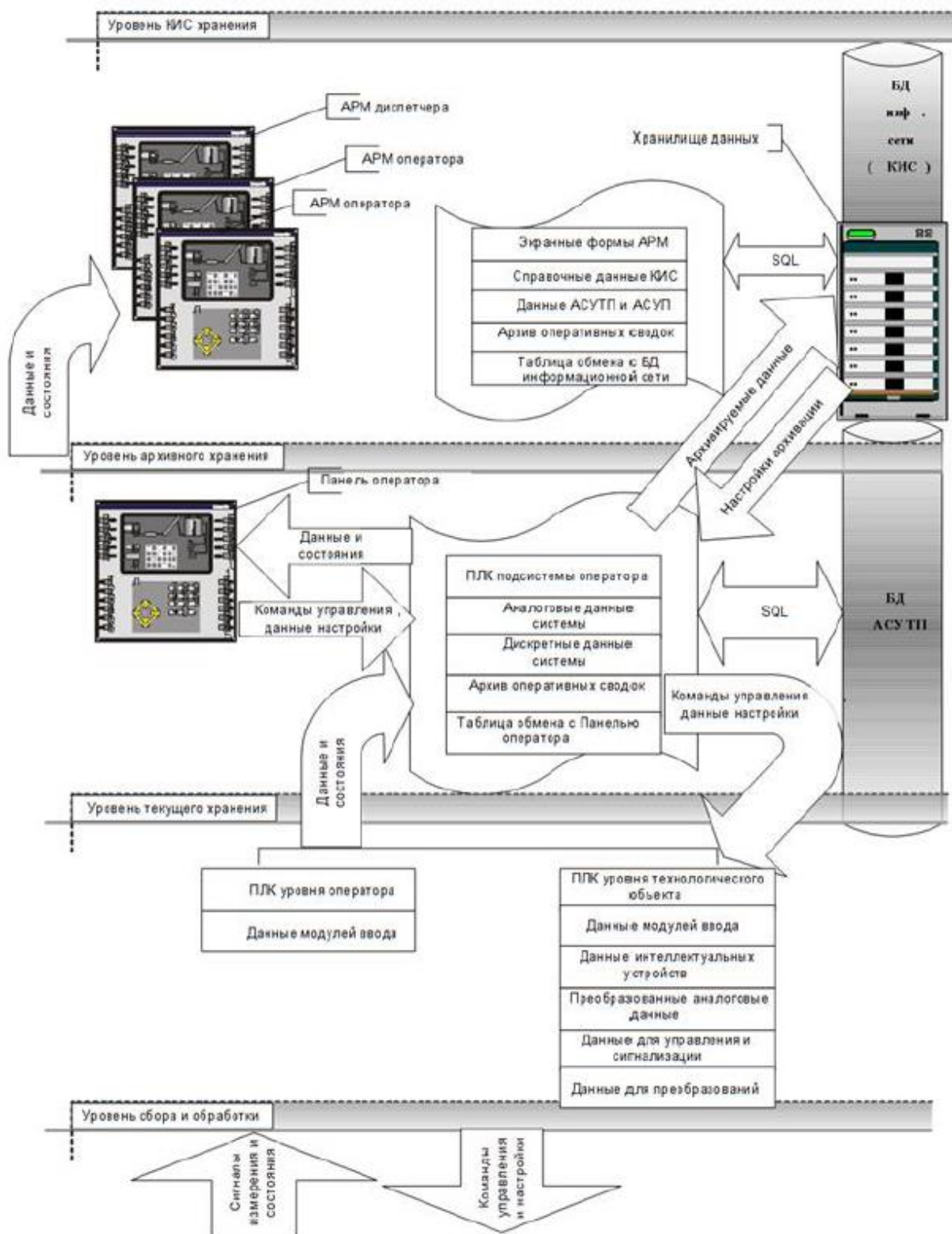
Изм	Лист	№ док.	Подп	Дата
Разраб.		Купин А.С.		
Пров.		Тумов И.А.		
Т.контр				
Н.контр				
Чтв.				

ФЮРА.425280.02

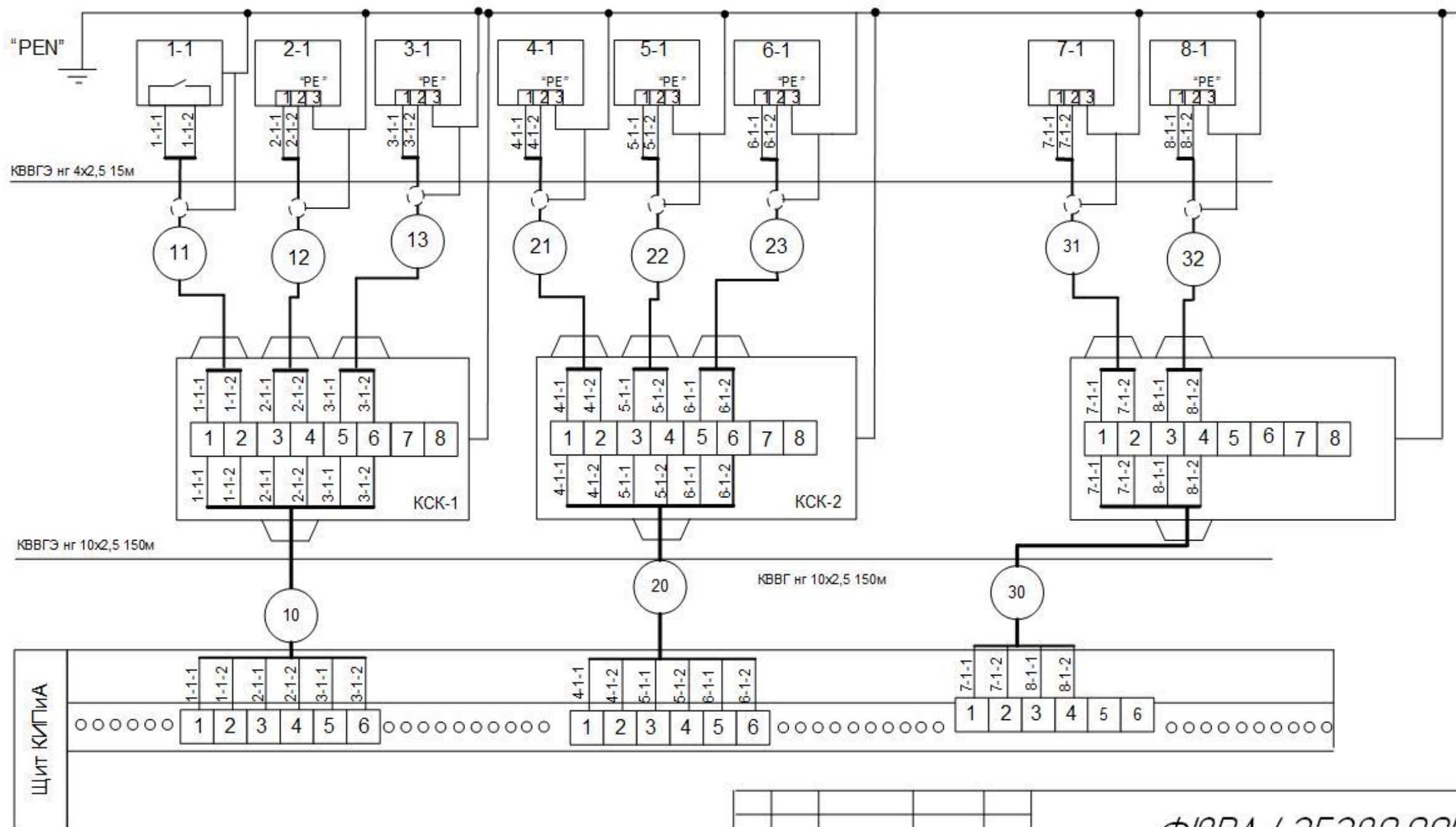
Трехуровневая структура АС

Лит.	Масса	Масштаб
Ч		
Лист 2	Листов 4	
ТГУ ИШИТР Группа 8Т4А		

Приложение В «Схема информационных потоков»



Наименование параметра	Уровень			Давление		Расход		
	Место отбора импульса	Сепаратор	Сепаратор		Газ на факел	Сепаратор	Газ на компрессорную станцию	Вода на подготовку пластовой воды
1 отсек			2 отсек					
Тип датчика	Ризур-900	ДУУМ2	ДУУМ2	Метран-150CG	Метран-150CG	Rosemount 8700	Rosemount 8700	Rosemount 8700
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1



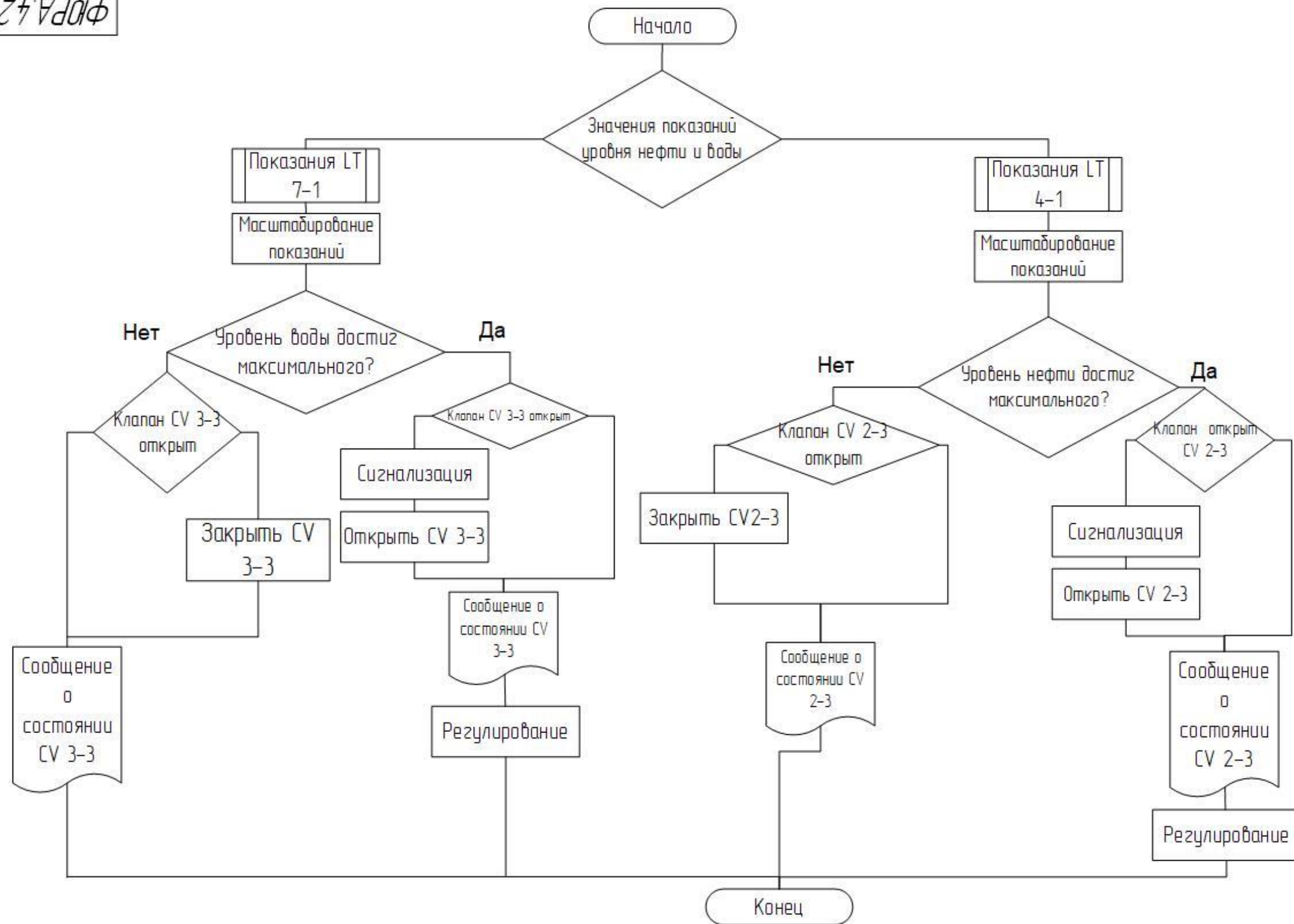
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разработчик		Купин А.С.		
Проверил		Тутаев И.А.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425280.005.03

Схема внешних проводов

Лист	Масса	Масштаб
3		4

ТГУ ИШТР
Группа 8Т4А



					ФЮРА.425280.005.04			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Алгоритм регулирования уровня	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кулин А.С.				4		
Проверил		Тумов И.А.						
Т. Контр.						Лист 4		Листов 4
И. Контр.					ТПУ ИШИТР			
Утвердил					Группа 8Т4А			

Лист 4 из 4

Приложение Е «Экранная форма АСУ»

**Национальный исследовательский
Томский политехнический университет**

**ОАР ИШИТР
Купин А.С.
8Т4А**

НГСВ 1.6 - 3400

Номер	Время	Место	Наименование	Состояние

УКПН

НГСВ

Журнал

Датчики

Тренды

Пользователь
Инженер 6/13/2018 6:04:10 PM

**Национальный исследовательский
Томский политехнический университет**

**ОАР ИШИТР
Купин А.С.
8Т4А**

Настройка датчиков

Номер	Диапазон		НГСВ
	Min	Max	
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Уровень воды, м
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Уровень нефти в первой полости, м
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Уровень нефти во второй полости, м
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Расход воды, м3/ч
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Расход нефти, м3/ч
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Расход газа, м3/ч
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Давление в сепараторе, МПа
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Внешнее давление, МПа
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Температура в сепараторе, °С

Очистить

Установить

Экспорт

Маскирование

УКПН


НГСВ

Журнал

Датчики

Тренды

Пользователь
Инженер 6/13/2018 6:04:33 PM



**Национальный исследовательский
Томский политехнический университет**

ОАР ИШИТР
Купин А.С.
8Т4А

Журнал событий и аварий

От	День <input type="text"/>	Месяц <input type="text"/>	Год <input type="text"/>	Время <input type="text"/>	Категории событий <input type="text"/>
До	День <input type="text"/>	Месяц <input type="text"/>	Год <input type="text"/>	Время <input type="text"/>	

Показать

Очистить

Сохранить


Экспорт

Номер	Время	Дата	Место	Наименование	Состояние

УКПН
НГСВ
Журнал
Датчики
Тренды

Пользователь Инженер

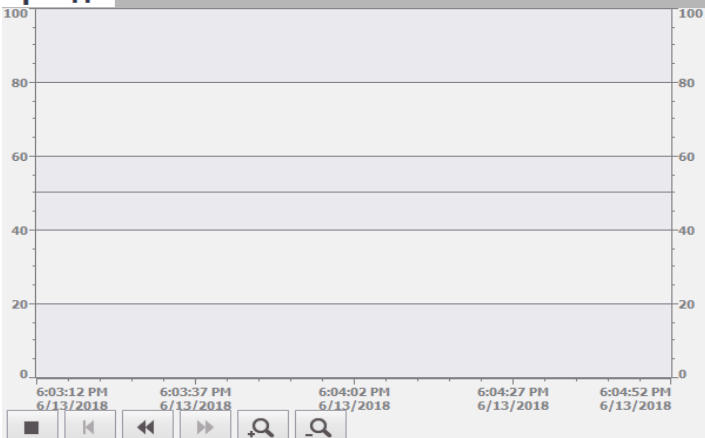
6/13/2018 6:01:43 PM



**Национальный исследовательский
Томский политехнический университет**

ОАР ИШИТР
Купин А.С.
8Т4А

Тренды



Величина

Вид кривых

<input type="text"/>	<hr style="border: 1px solid yellow;"/>
<input type="text"/>	<hr style="border: 1px solid blue;"/>
<input type="text"/>	<hr style="border: 1px solid red;"/>

Период с до

Величина

Интервал

Показать

Очистить

Сохранить

Экспорт

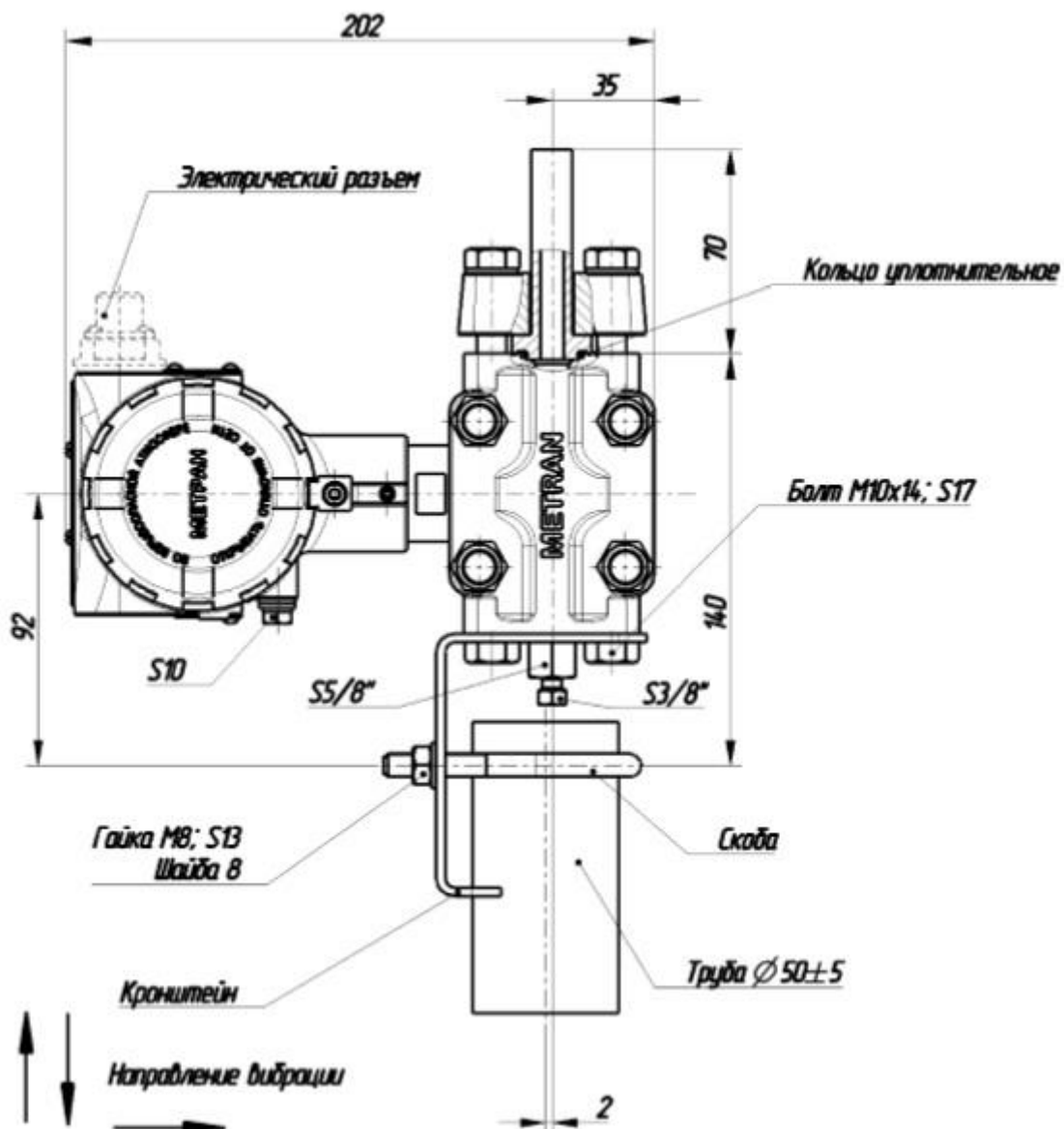
Номер	Дата	Время	Величина

УКПН
НГСВ
Журнал
Датчики
Тренды

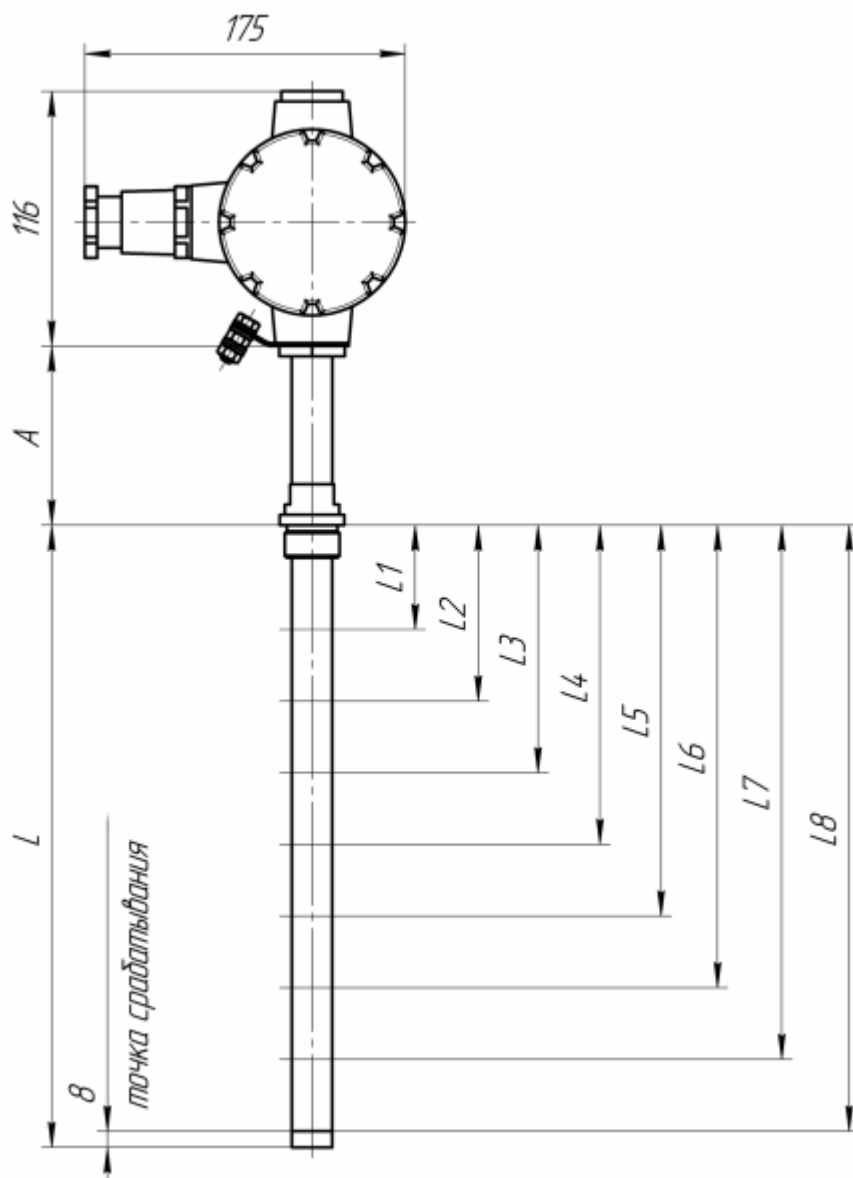
Пользователь Инженер

6/13/2018 6:04:52 PM

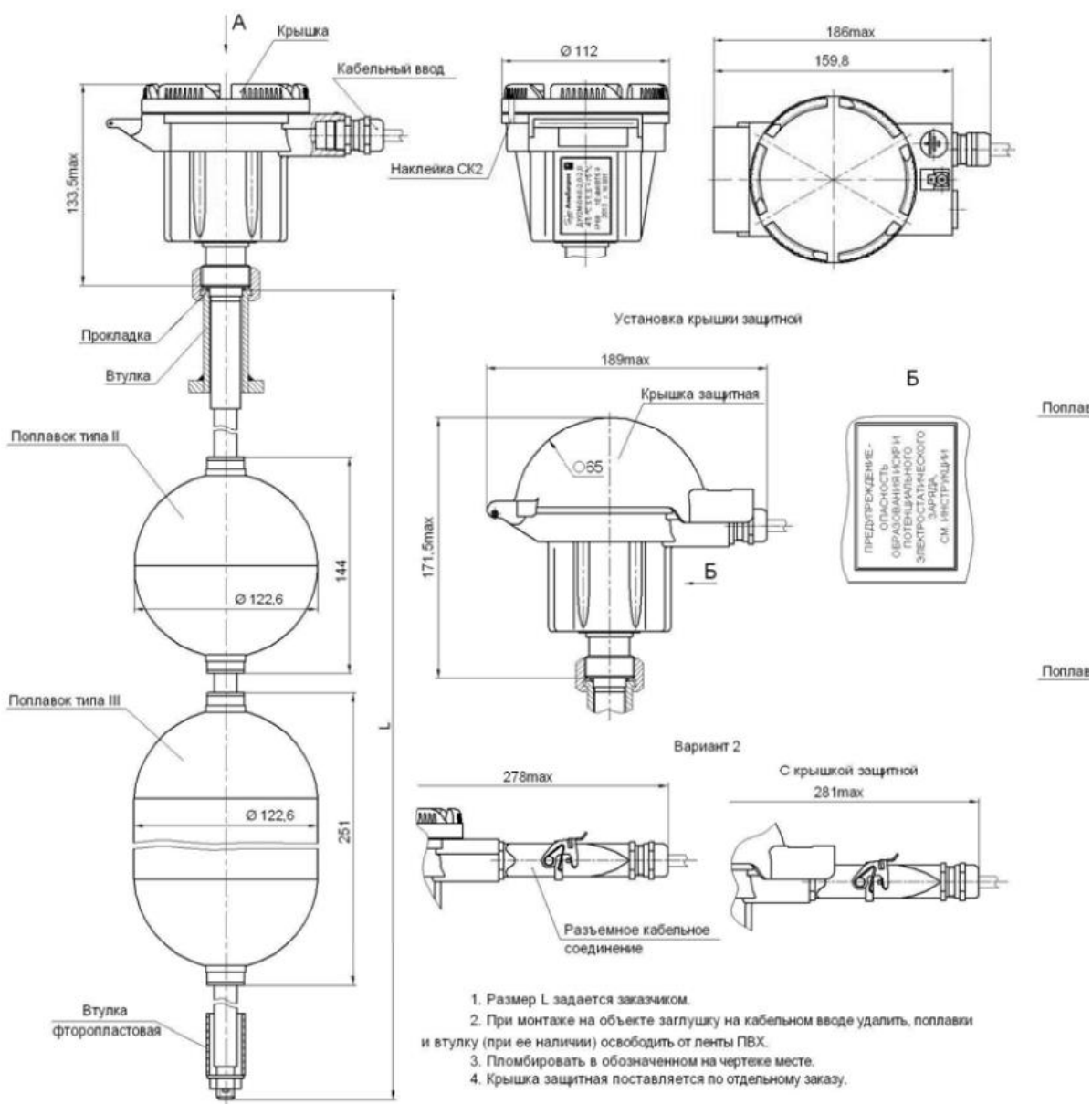
Приложение Ж «Закладная датчика давления»



Приложение 3 «Закладная сигнализатора уровня»

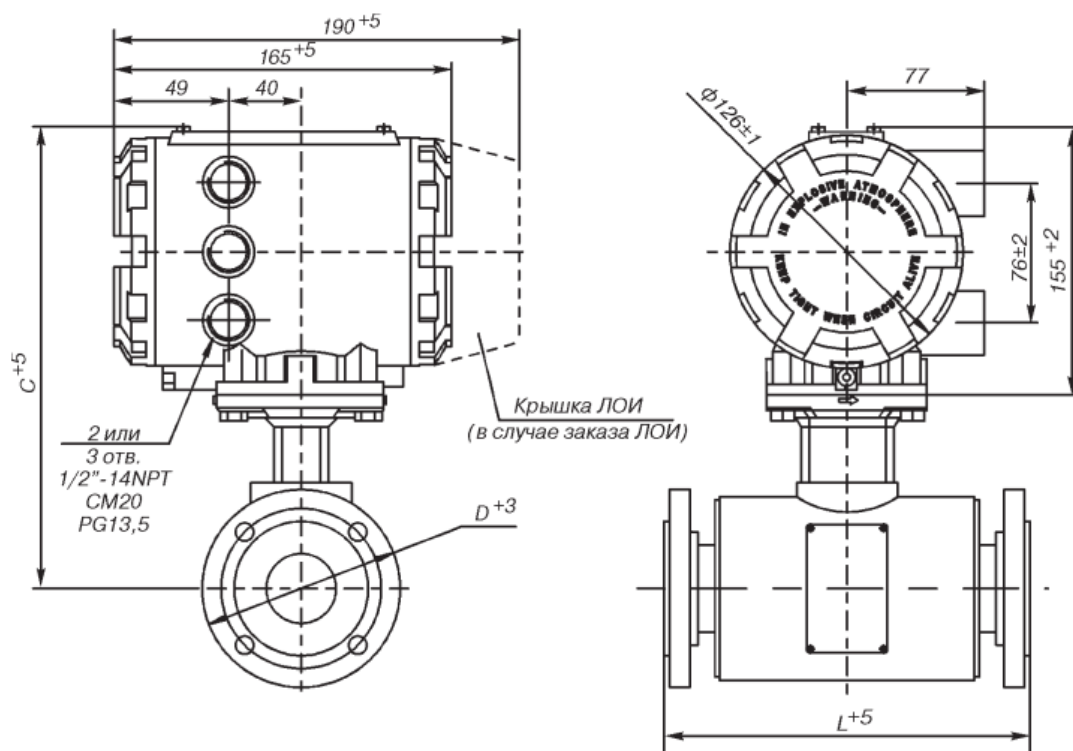


Приложение И «Закладная уровнемера»

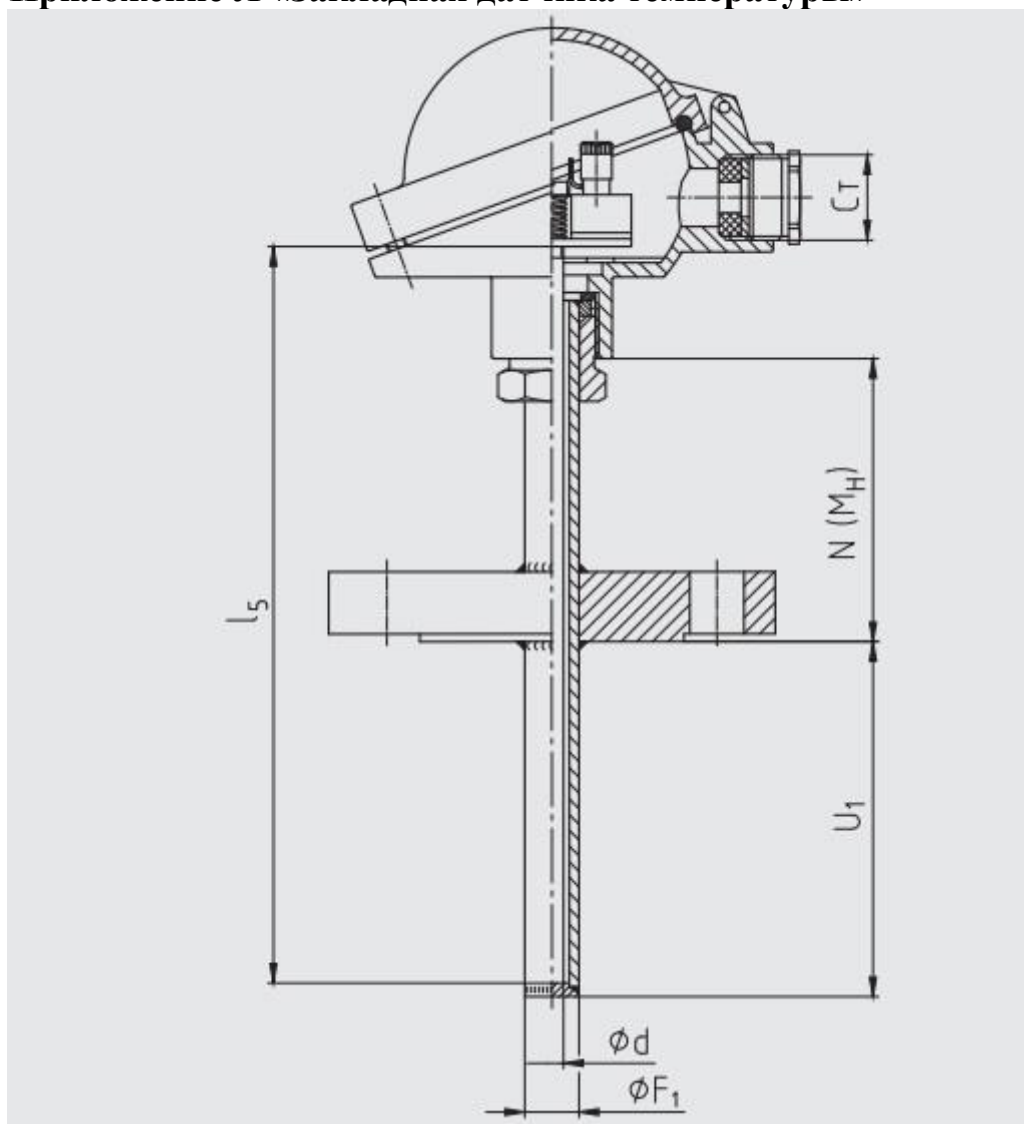


1. Размер L задается заказчиком.
2. При монтаже на объекте заглушку на кабельном вводе удалить, поплавки и втулку (при ее наличии) освободить от ленты ПВХ.
3. Пломбировать в обозначенном на чертеже месте.
4. Крышка защитная поставляется по отдельному заказу.

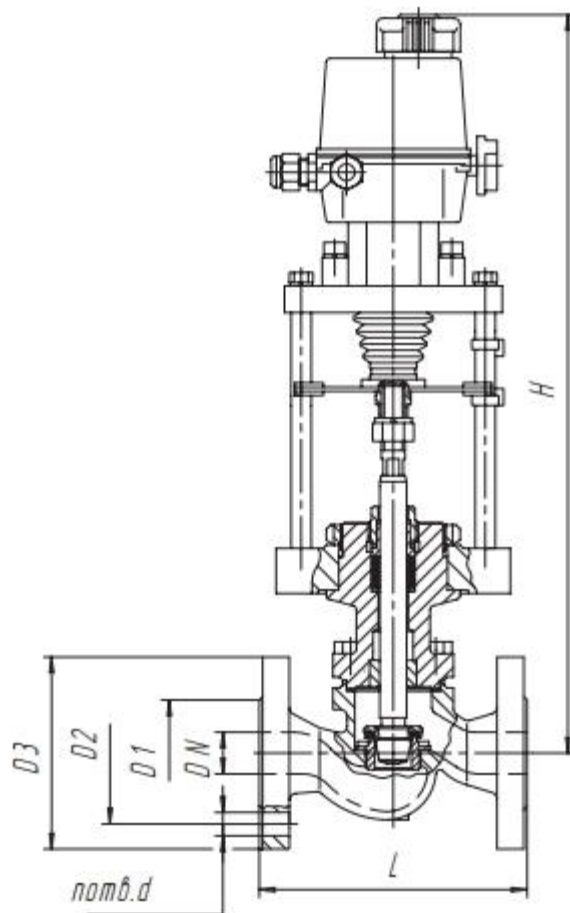
Приложение К «Закладная расходомера»



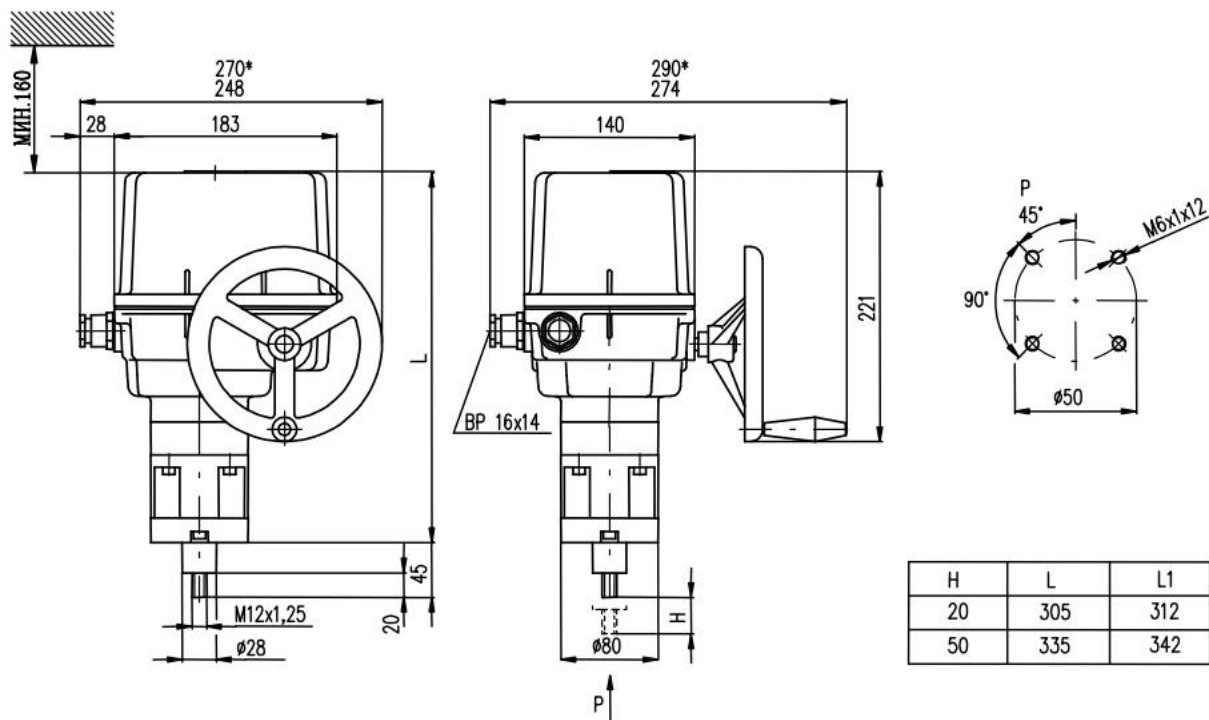
Приложение Л «Закладная датчика температуры»



Приложение М «Закладная регулирующего клапана»



Приложение Н «Закладная электропривода»



Приложение Н «Перечень сигналов»

Наименование сигнала	Идентификатор	Диапазон измерений	Единица измерения	Тип сигнала
Давление в сепараторе	CON_SPR_GJS_DAN	0...4	МПа	4-20 мА
Сигнализатор уровня верхний	LVL_SPR_GJS_DAN	-	-	DI
Управление клапаном 1 отсека	CTR_KL1_LVL1_REG	0...100	%	4-20 мА
Управление клапаном 2 отсека	CTR_KL2_LVL2_REG	0...100	%	4-20 мА
Управление клапаном для сброса газа	CTR_KL3_GAS_REG	0...100	%	4-20 мА
Расходомер нефти	CON_TRB_OIL	0...2000	м ³ /ч	4-20 мА
Расходомер воды	CON_TRB_WAT	0...2000	м ³ /ч	4-20 мА
Расходомер газа	CON_TRB_GAZ	0...2000	м ³ /ч	4-20 мА
Температура в сепараторе	TPR_SEP_GJS_REG	-200...+600	°С	4-20 мА
Уровнемер первой полости	LVL_SPR_WAT	0...4000	мм	4-20 мА
Уровнемер второй полости	LVL_SPR_OIL	0...4000	мм	4-20 мА