

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 15.03.04 «АТПП»  
 Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизации блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа

УДК 004.896:622.767.63-974:622.279.8.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Курганов Василий Васильевич	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Цавнин Алексей Владимирович			

Нормоконтроль

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Томск – 2019 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

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Воронин А.В.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3–8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна

Тема работы:

<b>Автоматизация блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	Объектом исследования является низкотемпературный сепаратор. Режим работы непрерывный.
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание технологического процесса</li> <li>2 Выбор архитектуры АС</li> <li>3 Разработка структурной схемы АС</li> <li>4 Функциональная схема автоматизации</li> <li>5 Разработка схемы информационных потоков АС</li> <li>6 Выбор средств реализации АС</li> <li>7 Разработка схемы соединения внешних проводок</li> <li>8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС</li> <li>9 Разработка экранных форм АС</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio</li> <li>2 Перечень входных/выходных сигналов ТП</li> <li>3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio</li> <li>4 Схема информационных потоков</li> <li>5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab</li> <li>6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма</li> <li>7 Дерево экранных форм</li> <li>8 SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта</li> <li>9 Обобщенная структура управления АС</li> <li>10 Трехуровневая структура АС</li> </ol>
--	---

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Отделение социально-гуманитарных наук Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Ассистент Отделение общетехнических дисциплин Мезенцева Ирина Леонидовна

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделение автоматизации и робототехники	Курганов Василий Васильевич	к.т.н., Доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p> <p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p> <p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</p>
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p>Оценочная карта конкурентных технических решений</p>
<p>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></p>	<p>Структура работ Календарный план-график реализации проекта</p>
<p>3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности научного исследования</i></p>	<p>Определение ресурсоэффективности проекта</p>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

<p>1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i></p> <p>2. <i>Календарный план проекта</i></p> <p>3. <i>Бюджет проекта</i></p> <p>4. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i></p>	
---	--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Отделение социально-гуманитарных наук, Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., Доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизации робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (рабочая зона) и области его применения	<i>Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Область применения автоматизация в нефтегазовой отрасли.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– СанПиН 2.2.4.548 – 96.</li> <li>– СП 52.13330.2016</li> <li>– СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96,</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03</li> <li>– ГОСТ Р 12.1.019-2009</li> <li>– НПБ 105-03</li> <li>– ГОСТ 12.1.010-76</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Повышенный уровень шума;</li> <li>– Поражение электрическим током.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– Воздействие на атмосферу, выбросы вредных веществ.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– Пожар; – Взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение общетехнических дисциплин, Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Гармаева Сэсэг Борисовна		

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

---

Инженерная школа информационных технологий и роботехники  
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов  
и производств  
Уровень образования-бакалавр  
Отделение автоматизации и робототехники  
Уровень образования – бакалавр  
Период выполнения – весенний семестр 2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2019 г.	Основная часть	60
04.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
04.05.2019 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Курганов Василий Васильевич	к.т.н., Доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., Доцент		

## Оглавление

ГЛОСАРИЙ .....	10
Обозначения и сокращения.....	14
ВВЕДЕНИЕ.....	16
РЕФЕРАТ .....	18
1 Техническое задание.....	19
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП.....	19
1.2 Назначение системы .....	19
1.4 Требования к техническому обеспечению .....	21
1.5 Требования к метрологическому обеспечению .....	22
1.6 Требования к программному обеспечению.....	22
1.7 Требования к математическому обеспечению .....	23
1.8 Требования к информационному обеспечению.....	23
1.9 Требования к надежности .....	24
2. Основная часть .....	24
2.1. Описание технологического процесса.....	24
2.2. Разработка структурной схемы АС .....	25
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	27
2.4 Разработка схемы информационных потоков.....	28
2.5 Выбор средств реализации.....	29
2.6 Разработка схемы внешних проводок.....	60
2.7 Выбор алгоритмов управления АС .....	61
2.8 Экранные формы АС .....	65
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение .	69
3.1 Организация и планирование работ .....	69
3.1.1 Продолжительность этапов работ .....	71
3.2 Расчет затрат на выполнение проекта.....	72
3.2.1 Расчёт затрат на материалы.....	73
3.2.2 Расчет заработной платы .....	73
3.2.3 Расчет затрат на социальный налог .....	74
3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	75
3.2.5 Расчет амортизационных расходов .....	76
3.2.6 Расчет прочих расходов .....	77
3.2.7 Расчет общей себестоимости .....	77
3.2.8 Расчет прибыли .....	78
3.2.9 Расчет НДС.....	78

3.2.10 Цена разработки НИР	78
3.3 Оценка экономической эффективности проекта .....	79
3.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций	79
4. Социальная ответственность .....	81
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	81
4.1.1. Правовые вопросы обеспечения безопасности .....	81
4.2. Производственная безопасность .....	83
4.2.1. Отклонения показателей микроклимата .....	83
4.2.2. Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света.....	85
4.2.3. Повышенный уровень шума.....	87
4.3. Электробезопасность.....	88
4.4. Экологическая безопасность .....	89
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	89
4.5.1. Пожарная безопасность .....	89
4.5.2. Взрывобезопасность.....	91
Заключение .....	93
Conclusion.....	95
Список использованных источников .....	96
Приложение А .....	98
Приложение Б.....	99
Приложение В.....	100
Приложение Г .....	101
Приложение Д.....	102
Приложение Е.....	103
Приложение Ж.....	104
Приложение З .....	105
Приложение И .....	106
Приложение К.....	107
Приложение Л.....	108

## ГЛОСАРИЙ

<b>Термин</b>	<b>Определение</b>
Автоматизированная система	Автоматизированная система это - комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации
Интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)	Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой
Видеокадр	Видеокадр – это область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.
Мнемосхема	Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ
Мнемознак (мнемосимвол)	Мнемознак – это представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.
Интерфейс оператора	Интерфейс оператора – это совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой
Профиль АС	Понятие «профиль» определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000-3–99

Протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet)	Протокол – это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы
Технологический процесс (ТП)	Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов)
СУБД	Система управления базами данных это – совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным
Архитектура АС	Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС
SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных
OPC-сервер	OPC-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC

Стандарт	<p>Стандарт – образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними др. подобных объектов.</p> <p>Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг</p>
Объект управления	<p>Объект управления – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления</p>
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	<p>Программируемый логический контроллер или программируемый контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.</p>
Диспетчерский пункт (ДП)	<p>Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства</p>
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	<p>Автоматизированное рабочее место – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы</p>
ТЕГ	<p>ТЕГ – метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации,</p>

	описания, поиска данных и задания внутренней структуры
Корпоративная информационная система (КИС)	Корпоративная информационная система – это масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления.
Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор	Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор – устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.
Modbus	Modbus – это коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер»

## Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Краткая характеристика
OSI (Open Systems Interconnection)	Эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем
PLC (Programmable Logic Controllers)	Программируемые логические контроллеры (ПЛК).
HMI (Human Machine Interface)	Человеко-машинный интерфейс
OSE/RM (Open System Environment Reference Model)	Базовая модель среды открытых систем
API (Application Program Interface)	Интерфейс прикладных программ
EEI (External Environment Interface)	Интерфейс внешнего окружения
OPC (Object Protocol Control)	OLE для управления процессами
OLE (Object Linking and Embedding)	Протокол, определяющий взаимоотношение объектов различных прикладных программ при их компоновке в единый объект/документ
SNMP (Simple Network Management Protocol)	Протокол управления сетями связи на основе архитектуры TCP/IP
ODBC (Open DataBase Connectivity)	Программный интерфейс доступа к базам данных (открытая связь с базами данных)
ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America)	Американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей
DIN (Deutsches Institut für Normung)	Немецкий институт по стандартизации
IP (International Protection)	Степень защиты
LAD (Ladder Diagram)	Язык релейной (лестничной) логики
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом

АСУП	Автоматизированная система управления предприятием
АРМ	Автоматизированное рабочее место
УНТС	Установка низкотемпературной сепарации
ДП	Диспетчерский пункт
ИБП	Источник бесперебойного питания
КИП	Контрольно измерительный прибор
КП	Контрольный пункт
ГЖС	Газо-жидкостная смесь
ФСА	Функциональная схема автоматизации
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
ВМР	Водометанольный раствор

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для повышения производительности и эффективности производства прибегают к автоматизации технологических процессов. Разработка и модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом является трудоемкой задачей.

На сегодняшний день стандартная схема установки комплексной подготовки газа имеет достаточную степень автоматизации и обеспечивают максимальный уровень контроля технологических параметров. Однако для повышения экономической эффективности, повышения производительности, рассматривается автоматизация низкотемпературного сепаратора высокого давления.

В выпускной квалификационной работе предоставляется решение для автоматизации, где идет подбор комплекса аппаратно-технических средств, согласно техническому заданию. Спроектированы схемы, отражающие объем автоматизации и его функциональные свойства, разработана схема внешних проводок для подключения оборудования КИПиА. Разработаны алгоритмы управления, сбора данных.

Актуальность работы не вызывает сомнения. Так как экономические показатели эффективности являются одними из важнейших в любой промышленной отрасли. Любой останов производства в следствии аварий, ошибок приводит к большим экономическим потерям. Для этой цели и создается автоматизированная система с высокой надежностью работы, возможностью резервирования и работы без отключения системы. Все это приводит к минимизации остановок производства, а как следствие к уменьшению экономических потерь. Более точный контроль и управление технологическими параметрами позволяют добиться большего КПД, что также приводит к более высоким экономическим показателям.

В настоящей выпускной квалификационной работе проектируется автоматизированная система управления низкотемпературным сепаратором

высокого давления на базе современного оборудования и программного обеспечения.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 108 страниц машинописного текста, 27 таблиц, 31 рисунок, 1 список использованных источников из 16 наименований, 11 приложений.

Объектом исследования является низкотемпературный сепаратор.

Цель работы заключается в разработке автоматизированной системы установки низкотемпературной сепарации, включающей выбор структуры и архитектуры системы, выбор конкретных средств реализации: датчиков, контроллера и исполнительных механизмов, математическое моделирование и представление в виде экранных форм в SCADA-системе.

В данном проекте была разработана автоматизированная система установки низкотемпературной сепарации, выполненная на базе промышленного контроллера Siemens Simatic S7-300. Моделирование части системы осуществлялось в программе MATLAB, а визуализация происходящих процессов стала возможной благодаря SCADA системе WinCC.

В ходе выполнения работы был разработаны схемы, включающие функциональные схемы автоматизации, схему соединения внешних проводов, моделирование САП в MATLAB, дерево экранных форм со SCADA-экранами конкретных объектов, схема трехуровневой архитектуры и схема информационных потоков.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

УСТАНОВКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ТРЕХУРОВНЕВАЯ АРХИТЕКТУРА, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАТЧИКИ, SCADA, ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ.

# **1 Техническое задание**

## **1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП**

АСУ ТП предназначена для автоматического и автоматизированного управления технологическим оборудованием в масштабе реального времени в соответствии с регламентом безопасного ведения технологического процесса.

Основные цели создания АСУ ТП:

- оперативное получение информации о параметрах технологического процесса;
- сбор и предварительная обработка данных от датчиков технологического процесса, состояния технологического оборудования и исполнительных механизмов;
- улучшение технико-экономических показателей работы производства;
- автоматическое (по запрограммированным алгоритмам) и дистанционное (по командам с панели оператора) управление работой оборудования и технологическими группами оборудования с сохранением контроля за безопасностью процесса;

## **1.2 Назначение системы**

Назначением АСУ ТП является обеспечение оперативное контроля технологических параметров, предупредительной и предаварийной сигнализации, отображении о ходе технологического процесса, автоматического управления технологическими параметрами низкотемпературного сепаратора высокого давления. Назначением АСУ ТП является:

- управление технологическим оборудованием низкотемпературного сепаратора высокого давления;
- проведение операций безаварийного пуска и останова.

АСУ ТП должна обеспечивать:

- сбор с предварительной обработкой данных от первичных источников (датчиков, исполнительных механизмов);
- проверка данных на достоверность;
- отображение технологического процесса в реальном времени оператору;
- автоматическое и дистанционного перевода технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуациях;
- предупреждение и сигнализация при отклонении от рабочих технологических параметров;
- контроль уровня капельной жидкости, обеспечение нахождения заданных нормативных пределах и перевод низкотемпературного сепаратора в безопасный режим, при выходе контролируемого параметра за его пределы;
- контроль за технологическим состоянием компрессора;
- автоматическая диагностика узлов системы.

### **1.3 Требования к системе**

Система должна иметь трёхуровневую иерархическую структуру:

- нижний уровень, на котором размещаются приборы КИПиА и исполнительные механизмы, включающий в себя:
  - датчики температуры;
  - датчики давления;
  - расходомер;
  - датчик уровня;
  - датчик-сигнализатор уровня;
  - кабельное и дополнительное оборудование.
- средний уровень, на котором осуществляется сбор данных с нижнего уровня, а также выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы, состоящий из интерфейсных линий связи;
- верхний уровень, на котором осуществляется сбор и обработка (в том числе масштабирование) данных с локальных контроллеров, синхронизация

всех подсистем, а также формирование отчётной документации и предоставление интерфейса непосредственного взаимодействия с оператором АСУ, включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

#### **1.4 Требования к техническому обеспечению**

Весь комплекс аппаратно-технических средств, находящихся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения. При этом все технические средства должны быть оснащены защитным заземлением.

Также к техническому обеспечению предъявляются повышенные требования безопасности, в связи с чем, оборудование должно подбираться с искробезопасным барьером.

Контроллерное оборудование должно иметь модульную архитектуру с возможностью «горячей замены».

Должна быть обеспечена самодиагностика модулей.

Технические средства проектируемой АС должны иметь возможность наращивания, предусматривающую установку дополнительной подсистемы ввода/вывода. При проектировании должен закладываться резерв на масштабирование не менее 20%.

Полевое оборудование должно обеспечивать непрерывное преобразование измеряемых величин технологических параметров (давление, температура, уровень, расход и т.д) и непосредственное управление параметрами технологического процесса. Полевое оборудование, включающее в себя первичные преобразователи, регулирующие клапаны, устройства управления электроприводами, должно размещаться на наружной установке.

Управление электрозадвижками должно осуществляться аналоговым сигналом 4-20 мА, и дублироваться в случае отказа по интерфейсу RS-485 и протоколу передачи ModBus RTU.

Электроздвижки должны иметь электродвигатель переменного тока, которые управляются частотным преобразователем, который управляется от аналогового сигнала 4-20 мА.

Полевое оборудование должно быть подобрано с взрывозащищенным исполнением. Степень защиты от влаги и пыли не менее IP65. Возможность работы с агрессивными средами.

Система должна обеспечивать обмен данными по HART-протоколу с полевыми КИП, через рабочую станцию (АРМ оператора) с соответствующим программным обеспечением.

Полевое оборудование должно иметь унифицированный выходной сигнал 4-20 мА.

### **1.5 Требования к метрологическому обеспечению**

Основная относительная погрешность расходомера не более 2%.

Основная относительная погрешность датчиков температуры, уровня, давления не более 0,25%.

Период поверки датчиков не менее 2 лет.

Измерительные каналы системы должны удовлетворять требованиям метрологической совместимости, т.е. иметь единый состав нормируемых метрологических характеристик (ГОСТ.8.009-84).

Информация о технологических параметрах должна представляться в единицах измерения, с указанием знака параметра и обозначением единиц измерений в соответствии с требованиями ГОСТ 8.430-88.

### **1.6 Требования к программному обеспечению**

ПО должно быть достаточным для выполнения всех функций АСУ ТП низкотемпературного сепаратора высокого давления, реализуемых с применением средств вычислительной техники.

ПО должно работать в среде MS Windows на обычных ПЭВМ в качестве АРМ.

ПО должно включать в себя:

- базовое ПО технологического контроллера;
- фирменный пакет ПО для программирования технологических контроллеров, позволяющий реализовать необходимые функции управления, защиты и контроля.

ПО программирования контроллеров должно обеспечивать разработку алгоритма на одном из технологических языков программирования (язык релейной логики, язык последовательных функциональных блоков и т.д.).

Реализация интерфейса АРМ должна:

- позволять оператору работать с АСУ ТП через систему «меню» или путем «нажатия» функциональных экранных кнопок;
- запрашивать подтверждение действий оператора для исключения случайного нажатия клавиш;
- обеспечивать блокировку неправильных действий оператора.

ПО должно быть защищено от несанкционированного внесения изменений.

## **1.7 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение АС должно быть представлено в виде совокупности алгоритмов и математических методов обработки информации, которые при создании и эксплуатации АС и позволяли бы реализовывать все компоненты АС средствами единого математического аппарата.

## **1.8 Требования к информационному обеспечению**

Средства информационного обеспечения должны включать в себя:

- унифицированную систему электронных документов, которая может быть выражена в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенную структурированную базу данных (БД), которая должна осуществлять хранение системы объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

## **1.9 Требования к надежности**

Датчики давления, расхода должны иметь среднюю наработку на отказ не менее 120 000 часов.

Датчики температуры, уровня, а также сигнализаторы уровня должны иметь среднюю наработку на отказ не менее 50 000 часов.

Контроллерное оборудование должно иметь среднюю наработку на отказ не менее 100 000 часов.

Контроллерное оборудование должно иметь возможность замены на горячую, а также возможность самодиагностики.

Датчики должны иметь возможность функции самодиагностики.

## **2. Основная часть**

### **2.1. Описание технологического процесса**

Функциональная схема блока сепарации приведена в приложении А.

Низкотемпературные сепараторы служат для очистки от капельной жидкости, которая сбрасывается на факел. НТС входят в состав факельной системы при газовых, нефтяных, газоконденстаных месторождений. Эксплуатация низкотемпературных сепараторов происходит в условиях умеренного и холодного климата, при необходимости проектируют в обогреваемую зону.

Низкотемпературный сепаратор представляет собой цилиндрический аппарат, в котором устанавливается уголковая и вертикальная сетчатые насадки. Для поддержания установленных номинальных режимов работы и удобства обслуживания, НТС имеют технологические штуцеры, а также штуцеры для приборов КИП.

Газожидкостная смесь в низкотемпературный сепаратор поступает через штуцер входа. После чего газ поступает на уголковую насадку, чтобы распределить равномерно поток по сечению аппарата, а также частично отделить капельную жидкость. После этого очистка газа осуществляется в

вертикальной сетчатой насадке и в зоне гравитационного осаждения. Отделившуюся жидкость сбрасывают через штуцер в дренажную емкость.

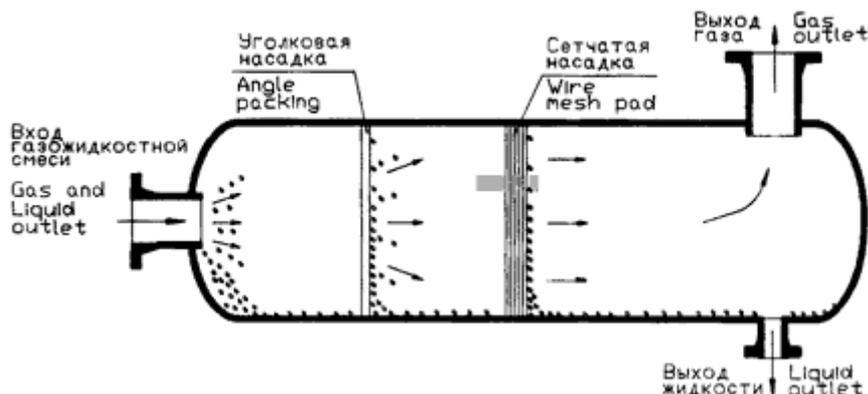


Рисунок 1 – Низкотемпературный сепаратор высокого давления

Технические характеристики низкотемпературного сепаратора приведены в таблице 1.

Производительность по газу, млн. м/сутки	До 10
Рабочее давление, МПа	4
Диаметр, мм	3200
Длина, мм	18000
Масса, кг	21100
Эффективность очистки газа жидкости, %	Не менее 99

Таблица состава (перечня) вход/выходных сигналов (измерительных, сигнальных, командных и управляющих) приведена в приложении Б.

## 2.2. Разработка структурной схемы АС

Проводятся измерения: давления, температуры, уровня, так же необходимо проводить переключение запорной арматуры, а именно клапанов с электроприводом.

Трехуровневая структура АС построенная по трёхуровневому иерархическому принципу, в соответствии с требованиями ТЗ, приведена в приложении В.

Нижний (полевой) уровень системы, состоит из распределённых первичных устройств автоматизации:

- датчики давления;
- датчики температуры;
- расходомер;
- датчик уровня;
- датчик-сигнализатор уровня;
- исполнительные механизмы.

На данном уровне должны выполняться следующие функции АС:

- сбор и передача сигналов аварийной сигнализации, состояния и положения запорной арматуры, а также насосных агрегатов;
- измерение параметров технологического процесса (температуры, давления, уровня жидкости).

Средний уровень представляет собой локальный контроллер.

ПЛК предназначен для:

- сбора, первичной обработки, а также хранения информации;
- формирование управляющего воздействия на исполнительные устройства, связь с АРМ.

Верхний уровень, как правило объединяет автоматизированные рабочие места операторов, а также базу данных. Используется операционная система Windows 8, SCADA WINCC.

Верхний уровень предназначен для решения задач:

- сбор и обработка данных с контроллера;
- формирование отчетов, журналов событий;
- формирование технологической базы данных;
- отображение, управление в реальном времени технологическими процессами.

## 2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации представляет собой технический документ, в котором определена функционально-блочная структура отдельных узлов автоматического регулирования технологического процесса. На функциональной схеме в виде условных изображений показаны все системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации разрабатываемой системы. Также на ней, при помощи линий функциональной связи, отображены каналы взаимодействия между элементами систем управления.

Функциональная схема автоматизации выполнена по ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах», а также по ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с поправками)».

На схеме используются следующие обозначения:

FE – чувствительный элемент расходомера;

FT – дистанционная передача расхода 4-20 мА;

H – ручное включение/отключение компрессора;

NSA – включение/отключение компрессора дистанционно с сигнализацией;

PE – чувствительный элемент датчика давления;

PT – дистанционная передача давления;

PIRC – индикация, регистрация, управления давлением;

PY – преобразование в управляющее воздействие для управления давлением;

PV – управляющий орган по давлению;

TE – чувствительный элемент датчика температуры;

TT – дистанционная передача температуры 4-20 мА;

TIR – индикация, регистрация температуры;

LE – чувствительный элемент уровнемера;

LT – дистанционная передача уровня;

LIR – индикация и регистрация уровня;

LA – сигнализация уровня.

ФСА по ГОСТ 21.208-2013 и ГОСТ 21.408-2013 приведена в приложении Г.

## **2.4 Разработка схемы информационных потоков.**

Схема информационных потоков приведена в приложении Д.

Схема состоит из трех уровней.

На нижнем уровне происходит сбор и обработка информации. Представляет собой датчики, исполнительные механизмы, а также модули ввода-вывода. Здесь происходит передача информации на средний уровень, а со среднего уровня поступают управляющие сигналы.

На среднем уровне идет уровень текущего хранения. ПЛК направляет потоки преобразованной информации на АРМ оператора, а также на сервер архивирования. На АРМ оператора происходит отображение полученной информации. От АРМ оператора могут передаваться настройки, команды управления на ПЛК. Все действия оператора передаются в журнал событий в сервер архивирования.

Ниже представлены параметры, которые передаются в локальную вычислительную сеть:

- объем поступающей газожидкостной смеси, м<sup>3</sup>/ч,
- объем газа на выходе, м<sup>3</sup>/ч,
- уровень капельной жидкости в низкотемпературном сепараторе, мм,
- температура газожидкостной смеси в низкотемпературном сепараторе, °С,
- давление в всасывающем коллекторе, МПа,
- давление в низкотемпературном сепараторе, МПа,
- состояние компрессора, м/с.

## 2.5 Выбор средств реализации

Для реализации проекта АС необходимо выбрать программно-технические средства, также проанализировать их совместимость.

Комплекс аппаратно-технических средств низкотемпературного сепаратора высокого давления включает в себя: датчики, исполнительные механизмы, контроллерное оборудование, дополнительные модули, системы сигнализации.

При подборе оборудования учитывалось техническое задание, требования к техническому, метрологическому, информационному обеспечению и требований к надежности.

При этом не маловажным фактором является экономическое обоснование, а именно стоимость проектируемой системы, в том числе комплекса аппаратно-технических средств.

### 2.5.1 Выбор контроллерного оборудования

Для решения поставленной задачи автоматизации были рассмотрены контроллеры следующих видов: ОВЕН ПЛК 150, Siemens Simatic S7-300, Schneider Electric Modicon M238, Allen-Bradley SLC1750.

Сравнение характеристик приведено в таблице 2.

Критерии выбора	ОВЕН ПЛК 150	Siemens S7-300	Schneider Electric M238	Allen-Bradley SLC 1750
Возможность наращивания модулей ввода/вывода.	Да	Да	Да	Да

Типы интерфейсов	– RS485, – RS232, – ASCII, – ProfiBus, – Ethernet	– MPI; – PROFIBUS; – Industrial Ethernet; – PROFINet; – AS-I; – BAC-net; – Modbus TCP; Modbus RTU	– Ethernet TCP/IP; – AS-I; – Modbus Plus; – INTERBUS; PROFIBUS DP;	– Ethernet/IP; – ControlNet; – DeviceNet; – Data Highway Plus; – Remote I/O; – SynchLink; Third-party process and device networks
Время цикла, мс	0,25	0,1	0,1	0,2
Время наработки на отказ, ч	10 000	172 000	150 000	70 000
Возможность замены на горячую	Нет	Да	Да	Нет
Цена, руб	От 65000	От 240 000	От 275 000	От 180 000

Для решения поставленных задач, в соответствии с техническим заданием выбираем контроллер Siemens S7-300. Так как этот контроллер имеет модульную архитектуру, позволяющее расширять количество вводов/выводов, также удовлетворяет требованиям к надежности согласно техническому заданию не менее 100 000 ч. Также имеет возможность замены на горячую, что также описано в техническом задании п.1.4. Также нам необходимы интерфейсы Ethernet, Modbus RTU. При этом, стоимость ниже, чем у Schneider Electric.



Рисунок 2 – Siemens S7-300

Контроллеры линейки S7-300 являются модульными программируемыми контроллерами, которые предназначены для решения задачи низкой и средней степени сложности. Данная линейка контроллеров зарекомендовала себя, так как имеет широкую линейку центральных процессоров, аналоговых и дискретных модулей ввода-вывода, а также прочих модулей среди которых модули питания, интерфейсов, функциональные и коммуникационные.

К данному контроллеру необходим модуль блок питания, так как у нас малый объем автоматизации, локального уровня достаточно блока питания PS 305 – 2А.



Рисунок 3 – Блок питания PS 305 2А

Основные особенности блока питания PS 305 (2 А).

Таблица 3 – Особенности PS 305 (2 А)

Выходной ток	2 А.
Выходное напряжение	24 В пост. тока, регулируемое устойчивое при КЗ и ХХ.
Подключение к сети	Уном 24/48/72/96/110 В.
Гальваническая развязка	Есть, в соответствии с EN 60 950.
Использование как питания нагрузки	Да

Гальваническая развязка, а также выходное напряжение постоянного тока 24 В, устойчивое при коротких замыканиях и холостом ходе подтверждает правильность выбора согласно техническому заданию.

Таблица 4 – Технические характеристики PS 305 – 2А.

Входное напряжение	24/48/72/96/110 В пост. тока
Диапазон напряжений	от 16,8 до 138 В пост. тока
Номинальный ток при 24/48/72/96/110 В	2,7/1,3/0,9/0,65/0,6 А
Выходное напряжение	24 В ± 3 %, устойчиво без нагрузки
Выходной ток	2 А
Защита от короткого замыкания	Электронная, без фиксации
Гальваническая развязка	Схема с безопасным сверхнизким напряжением

Необходимы модули ввода/вывода для аналоговых и дискретных сигналов с диагностированием. Выбираем с минимальным количеством вводов/выводов, т.е. по 8 аналоговых и дискретных входов, по 8 аналоговых и дискретных выходов. Для этих целей подойдут модули SM 321, SM 322.



Рисунок 4 – Модули дискретного ввода/вывода SM 321/SM 322

Свойства SM 321, DI 8 x AC 120/230 V:

- 8 входов, потенциально развязанных группами по 2;
- номинальное входное напряжение 120/230 В перем. тока;
- пригоден для переключателей и 2/3–проводных датчиков близости переменного тока.

Свойства SM 322; DO 8 x DC 24 V/0.5 A:

- 8 выходов, потенциально развязанных группами по 8;
- Выходной ток 0,5 А;
- Номинальное напряжение на нагрузке 24 В пост. Тока;
- Пригоден для электромагнитных клапанов, контакторов постоянного тока и сигнальных ламп;
- 2 клеммы на каждый выход – выход без последовательного диода – выход с последовательным диодом (для резервирования управления нагрузкой);
- Индикатор групповой ошибки (SF);
- Светодиодные индикаторы состояния и ошибок, относящиеся к каналам;
- Параметризуемая диагностика;
- Параметризуемое диагностическое прерывание;
- Параметризуемый вывод заменяющего значения.

Для аналоговых вводов/выводов используются модули SM 331 AI 8 / SM 332 AO 8.

Аналоговый модуль SM 331 AI8

- 8 входов в 4 группах каналов.
- Вид измерения настраивается на группу каналов:  
напряжение;  
ток.
- Разрешающая способность настраивается на группу каналов (15 битов + знак).
- Произвольный выбор диапазона измерений на группу каналов.
- Параметризуемая диагностика и диагностическое прерывание.
- Контроль граничных значений настраивается для 2 каналов.
- Параметризуемое аппаратное прерывание при нарушении границы.
- Скоростное обновление измеряемых значений.
- Потенциальная развязка относительно CPU.

## **2.5.2 Выбор устройств измерения**

Выбор устройств измерения происходил на основании анализа нескольких ведущих фирм. Подбор производился исходя из требований к техническому обеспечению, метрологическому, а также из требований к надежности и стоимости.

### **2.5.2.1 Датчики давления**

Для выбора датчиков давления был проведен сравнительный анализ следующих датчиков:

- Yokogawa EJX-A;
- Метран-150;
- ЭЛЕМЕР-АИР-30;
- Курант ДД;

Результаты приведены в таблице 5

Таблица 5 – Сравнение датчиков давления

Критерии выбора	Yokogawa EJX-A	Метран-150	ЭЛЕМЕР-АИР-30	Курант ДД
Измеряемая среда	Жидкость, газ.	Жидкость, газ, пар.	Газ, пар.	Газ, жидкость, пар.
Диапазоны пределов измерений	0–15 МПа	0,12–6 МПа	0–10 МПа	0–10 МПа
Предел допускаемой погрешности	0,005%	0,075%	0,1%	0,15%
Среднее время наработки на отказ	300 000 ч	270 000 ч	80 000 ч	50 000 ч
Выходной сигнал	4–20 мА + HART	4–20 мА + HART	4–20 мА + HART	4–20 мА; 20–4 мА; 0–5 мА; 5–0 мА; 0–20 мА;
Взрывозащищенность	Ex0ExiaIICT4 / 1ExdIICT6	ExiaIICT6 X / 1ExdIICT6	ExiaIICT5X	–
Степень защиты от пыли и воды	IP 67	IP 65 / IP 67	IP 65	IP 65, IP 66
Цена	65 000 руб	37 500 руб	25 000 руб.	12 000 руб.

Из выбранных датчиков нам не подходит «Курант ДД» т.к., он не имеет взрывозащищенного исполнения. Из оставшихся трех наилучший вариант это Метран-150 (Рисунок 5). Так как удовлетворяет техническим характеристикам – взрывобезопасное и искробезопасное исполнение, степень защиты от влаги и пыли IP 67, выходной унифицированный сигнал 4-20 мА, согласно п.1.4 ТЗ, метрологическим характеристикам по приведенной погрешности до 0,2% согласно ТЗ п.1.5, по требованиям к надежности более со средней наработкой на отказ более 100 000 ч. Согласно ТЗ п.1.9. Цена ниже чем у Yokogawa EJX-A.



Рисунок 5 – Датчик избыточного давления Метран-150G

Датчик давления Метран-150 служит для преобразования давления рабочих сред в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с протоколом HART.

Также стоит отметить основные плюсы использования этих датчиков давления:

- компактная конструкция и эргономика;
- высокая перегрузочная способность;
- непрерывная самодиагностика;
- защита от переходных процессов.

Датчики с видом взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" соответствуют требованиям ГОСТ 30852.0, ГОСТ 30852.1 и выполняются с уровнем взрывозащиты «взрывобезопасный» с маркировкой по взрывозащите "1ExdIICT6 X" или "1ExdIICT5 X".

Интеллектуальные датчики Метран-150 имеют внутреннюю самодиагностику.

Датчики серии Метран-150 состоят из двух основных компонентов: сенсора, электронного преобразователя. Сенсор представляет собой измерительный блок, а также плату АЦП. На камеру измерительного блока воздействует давление, что приводит к деформации чувствительного элемента и как следствие изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует этот сигнал в соответствующую выходную величину.

Комплект закладных представлен на рисунках 6, 7. Опросный лист на рисунке 8.

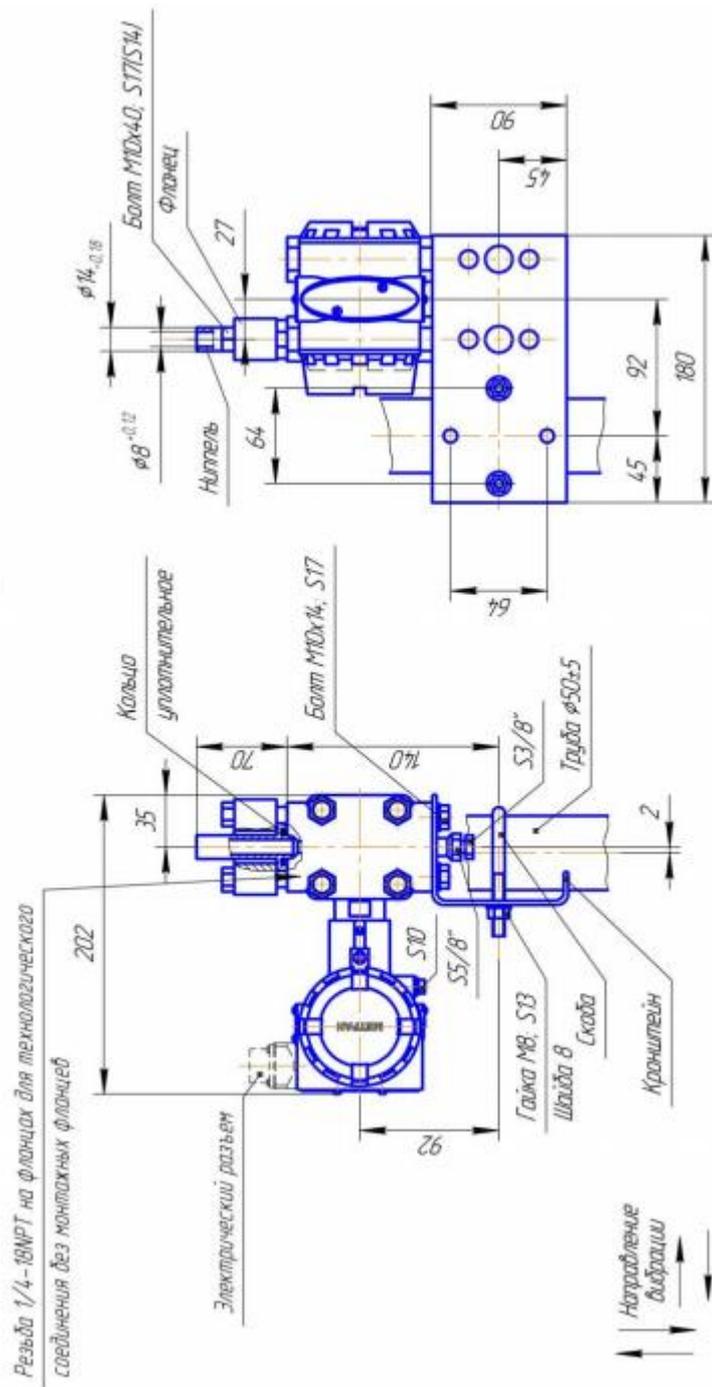


Рисунок 6 – Закладные датчика Метран-150 (монтаж на трубу)

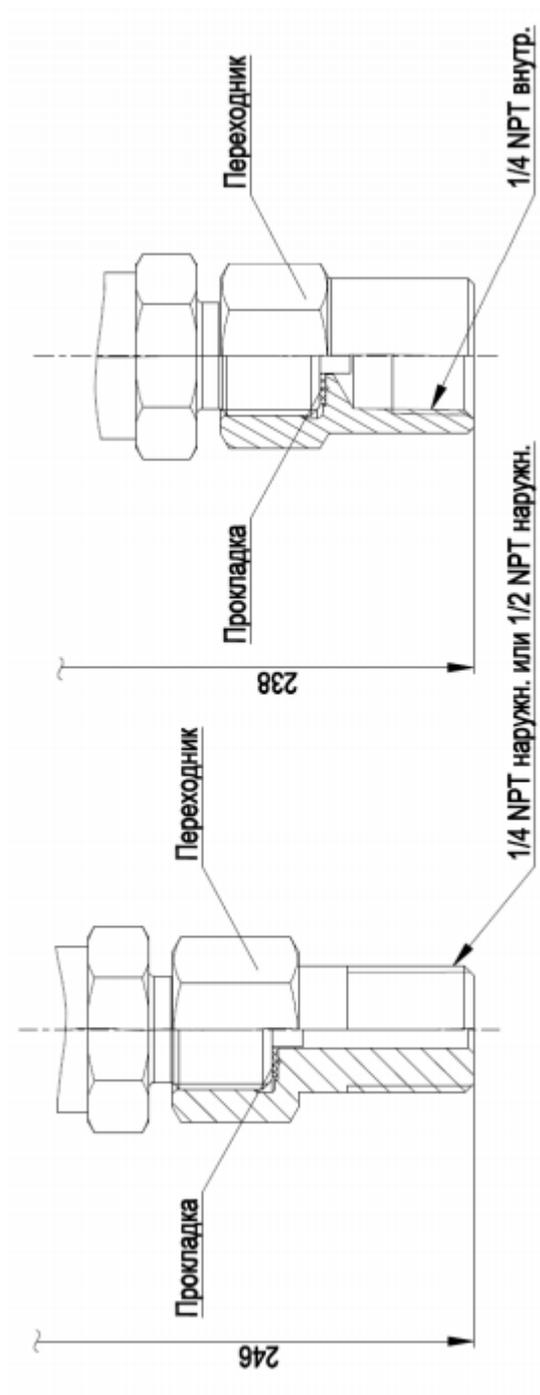


Рисунок 7 – Переходники, прокладки для монтажа Метран-150

Общая информация		
Предприятие *:	<input type="text"/>	Дата заполнения: <input type="text"/>
Контактное лицо *:	<input type="text"/>	Тел. / факс *:
Адрес *:	<input type="text"/>	E-mail: <input type="text"/>
Опросный лист № <input type="text"/>	Позиция по проекту (тэг): <input type="text"/>	Количество *:
Параметры процесса		
Измеряемый параметр *	<input checked="" type="checkbox"/> Избыточное давление	<input type="checkbox"/> Разрежение
	<input type="checkbox"/> Абсолютное давление	<input type="checkbox"/> Гидростатическое давление
	<input type="checkbox"/> Перепад давления	
Измеряемая среда	Газ	
Диапазон измерения (шкала прибора) *	от <u>0,125 МПа</u> до <u>6 МПа</u>	
Требуемая основная приведенная погрешность измерения	<u>0,075%</u>	
Температура окружающей среды	от <u>40</u> до <u>50</u> °С	
Температура измеряемой среды	от <u>20</u> до <u>70</u> °С	
Рабочее избыточное давление (для датчиков перепада и гидростатического давления) *	<u>3 МПа</u>	
Требования к датчику		
Выходной сигнал *	<input checked="" type="checkbox"/> 4-20 мА + HART	<input type="checkbox"/> обратный квадратный корень (только для датчиков разности давлений)
	<input type="checkbox"/> 0-5 мА	<input type="checkbox"/>
Соединение с технологическим процессом *	Резьбовое подключение	
	<input checked="" type="checkbox"/> M20x1,5	<input type="checkbox"/> ниппель с накидной гайкой материал ниппеля: <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> K 1/2"	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 1/2"-14 NPT	<input checked="" type="checkbox"/> наружная резьба
	<input type="checkbox"/> K 1/4"	<input type="checkbox"/> внутренняя резьба
	<input type="checkbox"/> 1/4"-18 NPT	
	Фланцевое соединение, ГОСТ 12815-80 исполнение 2	
	<input type="checkbox"/> DN 50	<input type="checkbox"/> PN 6 (только для DN 50)
	<input type="checkbox"/> DN 80	<input type="checkbox"/> PN 40
	<input type="checkbox"/> другое (сборка с разделительной мембраной 1199)	
	Описание соединения <input type="text"/>	
Электрическое подключение	<input checked="" type="checkbox"/> электрический разъем (вилка 2РМГ14, розетка 2РМ14)	
	<input type="checkbox"/> электрический разъем (вилка 2РМГ22, розетка 2РМ22)	
	<input type="checkbox"/> штепсельный разъем DIN	
	Кабельный ввод	
	<input type="checkbox"/> никелированная латунь	<input type="checkbox"/> небронированный кабель
	<input type="checkbox"/> нержавеющая сталь	<input checked="" type="checkbox"/> бронированный кабель
	<input type="checkbox"/> полиамид	
Требования к исполнению датчика		
Исполнение по взрывозащите	<input type="checkbox"/> взрывонепр. оболочка (Ex d)	<input checked="" type="checkbox"/> комбинированное (Ex ia и Ex d)
	<input type="checkbox"/> искробезопасная цепь (Ex ia)	<input type="checkbox"/> общепромышленное
Дополнительные опции		
<input checked="" type="checkbox"/> встроенный ЖК-индикатор	<input checked="" type="checkbox"/> кнопки для конфигурирования	<input type="checkbox"/> клапанный блок
		<input type="checkbox"/> в сборе с клапанным блоком серия <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> кронштейн для крепления датчика на трубе ø50 мм		количество вентилей <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> кронштейн для установки датчика на плоской поверхности		
<input type="checkbox"/> гарантия 5 лет	<input checked="" type="checkbox"/> блок защиты от переходных процессов	<input type="checkbox"/> кронштейн для крепления клапанного блока на трубе ø50 мм
<input type="checkbox"/> дополнительная маркировочная табличка на проволоке		
Примечания: <input type="text"/>		

Рисунок 8 – Опросный лист Метран-150

### 2.5.2.2 Датчик температуры

В качестве датчиков температуры были рассмотрены следующие варианты:

- Rosemount 3144P;
- Метран 274;
- ОБЕН ДТПК115;
- KOBOLD TDA.

Сравнительный анализ приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительный анализ датчиков температуры

Критерии выбора	Rosemount 3144P	Метран-274	ОБЕН ДТПК115	KOBOLD TDA
Диапазон измеряемых температур	-30...+180	-50 +150	-30 +200 °С	-50 +250
Предел допускаемой погрешности	0,1%	0,25%	0,25%	0,1%
Выходной сигнал	4–20мА +HART	4–20мА +HART	4–20мА	4–20мА
Взрывозащищенность	Ex (ExiaCT6 X), Exd (1ExdIICT6)	Exd, Exi	ExiaCT6	-
Среднее время наработки на отказ	40 000 ч	50 000 ч	15 000 ч	50 000 ч
Степень защиты от пыли и воды	IP67	IP68	IP54	-
Цена	35 000	27 000	8 000	12 000

В качестве датчика температуры был выбран Метран-274 (рисунок 9), так как датчики фирм KOBOLD и ОБЕН не подходят по степени взрывозащищенности, отсутствует протокол HART, не проходят по требованиям надежности.

Выбор остановился между датчиками Rosemount и Метран, однако не смотря на более высокий класс точности, требования к надежности и высокая цена датчиков Rosemount не удовлетворяют ТЗ.

Согласно требованиям, к метрологическому, техническому обеспечению и требованиям надежности согласно ТЗ п.1.4, 1.5, 1.9 Метран-274 в полной мере подходит для решения наших задач.



Рисунок 9 – Метран-274

Термопреобразователи Метран-270 – это интеллектуальные датчики температуры, которые измеряют температуру разнообразных сред, преобразуя сигнал первичного преобразователя температуры, в выходной токовый сигнал 4-20 мА, при помощи измерительного преобразователя, который установлен в головке первичного преобразователя.

Данные виды термопреобразователей используют, как в нейтральных, так и агрессивных средах, так как материал защитной арматуры коррозионностойкий. Метран-274 соответствует требованиям ТР ТС 020/2011, ГОСТ Р 51522.1

ТП состоят из термозондов и измерительных преобразователей с выходным сигналом 0-5 или 4-20 мА. Термозонды снабжены либо чувствительными элементами (медным ЭЧМ, платиновым ЭЧП). Температура, преобразуемая в изменение омического сопротивления терморезистора, размещенного в термозонде. Измерительный преобразователь преобразует напряжение, возникшее на термочувствительном элементе, в токовый выходной сигнал.

ТП монтируются в любом положении, удобном для обслуживания. При монтаже ТП рекомендуется учитывать габаритные и присоединительные размеры.

Закладные для датчика температуры Метран-274 представлены на рисунках 10, 11. Опросный лист представлен на рисунке 12.

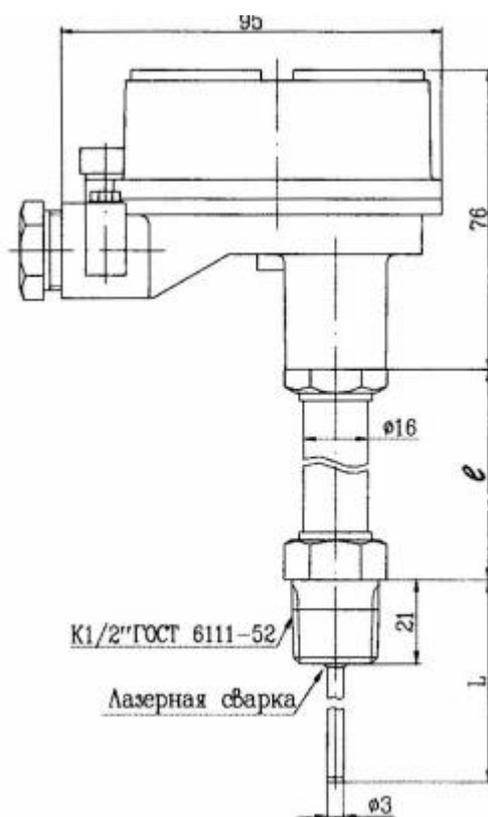
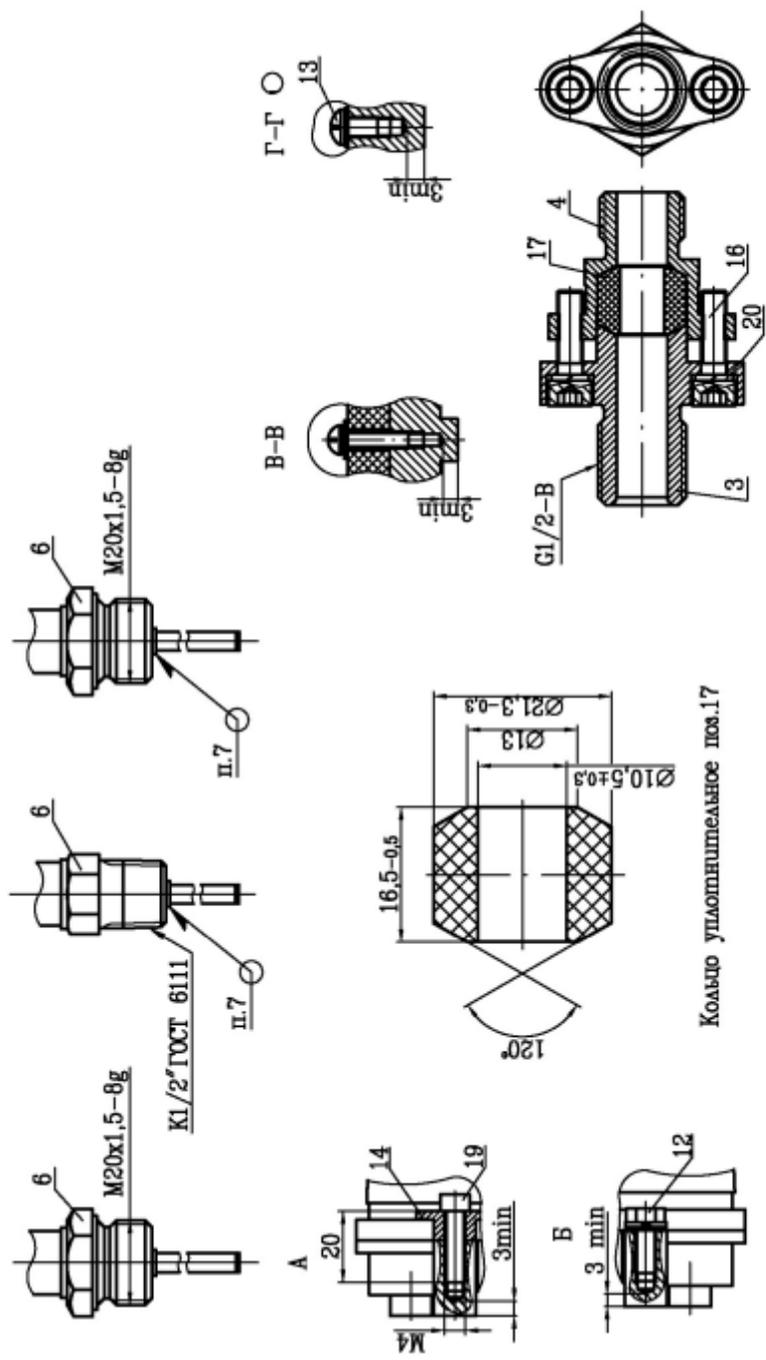


Рисунок 10 – Закладные для Метран-274



Вариант кабельного ввода 251.01.08.000

Рисунок 11 – Закладные для Метран-274

Общая информация			
Предприятие *:		Дата заполнения:	
Контактное лицо *:		Тел. / факс *:	
Адрес *:		E-mail:	
Опросный лист №	Позиция по проекту (тэг):	Количество *:	
Параметры измеряемой и окружающей среды			
Измеряемая среда: газ		Фазовое состояние: <input checked="" type="checkbox"/> газ <input type="checkbox"/> жидкость	
Диапазон измеряемых температур, С*	Мин 20	Макс 80	
Давление измеряемой среды, МПа*	3		
Скорость потока измеряемой среды, м/с	3		
Диапазон окружающих температур, °С	Мин -40	Макс 50	
Датчик температуры			
<input type="checkbox"/> Rosemount (Emerson) *		<input checked="" type="checkbox"/> Метран *	
Первичный преобразователь (ПП), без защитной гильзы			
<input type="checkbox"/> Требуется *		<input type="checkbox"/> Не требуется *	
<input checked="" type="checkbox"/> Требуется *		<input type="checkbox"/> Не требуется *	
Тип чувствительного элемента (ЧЭ)		Тип чувствительного элемента (ЧЭ)	
<input type="checkbox"/> Термопара <input type="checkbox"/> Термометр сопротивления		<input type="checkbox"/> Термопара <input checked="" type="checkbox"/> Термометр сопротивления	
Количество чувствительных элементов		Количество чувствительных элементов	
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	
Номинальная статическая характеристика (НСХ) *		Номинальная статическая характеристика (НСХ) *	
<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> Pt100		<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> 50М <input type="checkbox"/> 100М <input type="checkbox"/> 50П	
<input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> (другие НСХ) <input type="checkbox"/> (другие НСХ)		<input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> (другие НСХ) <input type="checkbox"/> 100П <input checked="" type="checkbox"/> Pt100 <input type="checkbox"/> (другие НСХ)	
Рабочий спай		Рабочий спай	
<input type="checkbox"/> изолированный <input type="checkbox"/> неизолированный		<input type="checkbox"/> изолированный <input type="checkbox"/> неизолированный	
Класс допуска		Класс допуска	
1 <input type="checkbox"/> А <input type="checkbox"/> В		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> А <input type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> С	
Схема соединений		Схема соединений	
2-хпроводная <input type="checkbox"/> 2-хпроводная <input type="checkbox"/> 3-хпроводная <input type="checkbox"/> 4-хпроводная		2-хпроводная <input type="checkbox"/> 2-хпроводная <input checked="" type="checkbox"/> 3-хпроводная <input type="checkbox"/> 4-хпроводная	
Диаметр оболочки ЧЭ		Диаметр защитной арматуры (без защитной гильзы)	
6мм		<input type="checkbox"/> 20мм <input type="checkbox"/> 10мм <input type="checkbox"/> 8мм <input type="checkbox"/> 6мм <input type="checkbox"/> 5мм <input type="checkbox"/> 3мм	
Глубина погружения (длина монтажной части) *		Глубина погружения (длина монтажной части) *	
мм		1000 мм	
Материал оболочки кабеля		Материал защитной арматуры	
321 SST (НСХ J) Inconell 600 (НСХ К) Niobell В (НСХ N)		316/321 SST <input type="checkbox"/> 12X18H10T <input type="checkbox"/> 10X17H13M2T <input type="checkbox"/> 15X25T <input type="checkbox"/> ХН78Т <input type="checkbox"/> 10X23H18 <input type="checkbox"/> Латунь <input type="checkbox"/> ХН45Ю <input type="checkbox"/> (другие мат-лы)	
Способ крепления первичного преобразователя		Способ крепления первичного преобразователя *	
<input type="checkbox"/> 1/2" NPT <input type="checkbox"/> (другая резьба) <input type="checkbox"/> Без резьбы		<input checked="" type="checkbox"/> М20х1.5 <input type="checkbox"/> (другая резьба) <input type="checkbox"/> Без резьбы	
		<input checked="" type="checkbox"/> Фланец <input type="checkbox"/> Вварной	

Rosemount (Emerson)	Метран
<b>Защитная гильза</b>	
<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Трубчатая (max D=9..12мм) <input type="checkbox"/> Литая коническая (max D=17..26,5мм) <input type="checkbox"/> Литая вварная	<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Сварная (до 25 МПа) <input type="checkbox"/> Цельноточеная (до 50 МПа) <input checked="" type="checkbox"/> Фланцевая (до 16 МПа) <input type="checkbox"/> Вварная (до 50 МПа)
<input type="checkbox"/> Не требуется*	<input type="checkbox"/> Не требуется*
Материал защитной гильзы <input type="text"/>	Материал защитной гильзы <input type="text"/>
<b>Способ установки на объекте*</b>	
<input type="checkbox"/> Резьба <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Фланец <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Вварной <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Резьба <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Фланец <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Вварной <input type="text"/>
<b>Соединительная головка</b>	
<input type="checkbox"/> Требуется* <input type="checkbox"/> Не требуется*	<input checked="" type="checkbox"/> Требуется* <input type="checkbox"/> Не требуется* (удлин. провода <input type="text"/> мм)
Материал соединительной головки <input type="checkbox"/> Алюминиевый сплав <input type="checkbox"/> Нержавеющая сталь	Материал соединительной головки <input type="checkbox"/> Полиамид Технамид® <input type="checkbox"/> Пластик АБС <input type="checkbox"/> Алюминиевый сплав
Резьба кабельного ввода <input type="checkbox"/> 1/2" NPT <input type="checkbox"/> M20x1.5	Резьба кабельного ввода M20x1.5
Степень защиты от воздействия пыли и воды <input type="checkbox"/> IP65 <input type="checkbox"/> IP68	Степень защиты от воздействия пыли и воды <input checked="" type="checkbox"/> IP65 <input type="checkbox"/> IP5X
<b>Измерительный преобразователь</b>	
<b>Требуется для монтажа*:</b> <input type="checkbox"/> В соединительную головку ПП <input type="checkbox"/> На DIN рейку <input type="checkbox"/> На кронштейн <input type="checkbox"/> Не требуется*	<input type="checkbox"/> Требуется* (только встроенный в соединительную головку ПП) <input type="checkbox"/> Не требуется*
Входной сигнал <input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> Pt100 <input type="checkbox"/> J <input type="text"/> (другие НСХ)	Входной сигнал Определяется типом выбранного первичного преобразователя
Выходной сигнал* <input type="checkbox"/> 4-20+HART <input type="checkbox"/> Foundation Fieldbus <input type="checkbox"/> HART Wireless	Выходной сигнал* <input type="checkbox"/> 4-20mA <input type="checkbox"/> 0-5mA <input checked="" type="checkbox"/> 4-20+HART
Наличие индикации <input type="checkbox"/> Требуется <input type="checkbox"/> Не требуется	Местная индикация отсутствует
<b>Взрывозащита</b>	
<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Искробезопасная электрическая цепь Exia <input type="checkbox"/> Взрывонепроницаемая оболочка Exd (указать внешний диаметр кабеля <input type="text"/> мм) <input type="checkbox"/> Не требуется*	<b>Требуется*:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Искробезопасная электрическая цепь Exia Взрывонепроницаемая оболочка Exd: <input checked="" type="checkbox"/> Кабельный ввод для бронированного кабеля – БК <input type="checkbox"/> Кабельный ввод для трубного монтажа – ТБ <input type="checkbox"/> Не требуется*

Рисунок 12 – Опросный лист Метран-274

### 2.5.2.3 Выбор расходомера

Для решения задач автоматизации связанной с измерением расхода были рассмотрены следующие расходомеры KOBOLD TME-R, Yokogawa ADMAG, Метран-350, TRICOR. Сравнительный анализ расходомеров приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение характеристик расходомеров

Техническая характеристика	KOBOLD TME-R	Yokogawa ADMAG	Метран-350	TRICOR
Основная относительная погрешность измерений расхода, не более	±1%	±0,05%	±1%	±0,5%
Выходной сигнал	4...20мА/ HART	4...20мА/HART	4...20мА/HART	4...20мА/HART
Средняя наработка на отказ	50 000 часов	150 000 часов	150 000 часов	80 000 часов
Межповерочный интервал	4 года	4 года	4 года	4 года
Цена	127 000	370 000	280 000	300 000

В качестве расходомера нам подходят Yokogawa ADMAG и Метран-350, так как они полностью удовлетворяют техническому заданию согласно п.1.4, 1.5, 1.9. Kobold TME-R и TRICOR не подходят по требованиям к надёжности. Yokogawa по цене дороже чем, Метран-350, поэтому остановим на Метран-350, что соответствует соотношению цена/качество.



Рисунок 13 – Метран-350

Расходомер Метран-350 предназначен для измерения расхода и количества среды (вода, пар, газ и другие энергоносители) методом перепада давления с использованием осредняющих напорных трубок (далее – ОНТ) в качестве первичных измерительных преобразователей и передачи информации для управления технологическими процессами и использования

в учетно-расчетных операциях. Расходомер предназначен для работы во взрывобезопасных и/или взрывоопасных условиях.

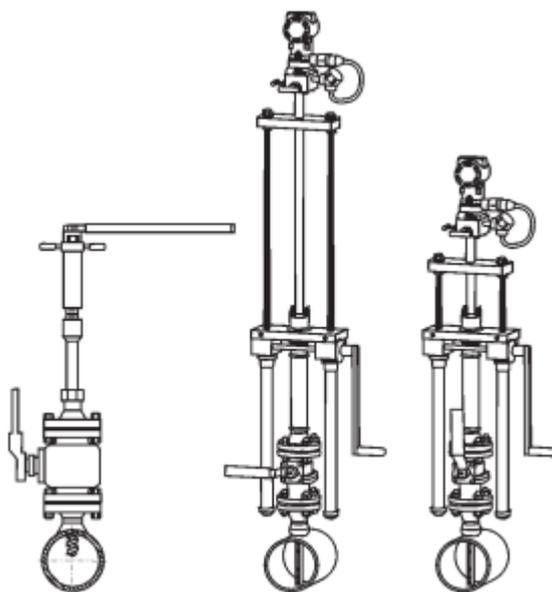


Рисунок 14 – Конструкция расходомера Flo-Tар, монтаж/демонтаж без остановки процесса

### Рекомендации по установке расходомеров.

При монтаже расходомера для измерений расхода жидкости необходимо, чтобы боковой дренажный/ вентиляционный клапан был расположен отверстием вверх для выхода газа; при измерении расхода воздуха или газа – отверстием вниз для дренажа накапливающегося конденсата. При установке на горизонтальном трубопроводе монтаж следует проводить согласно рис.15.

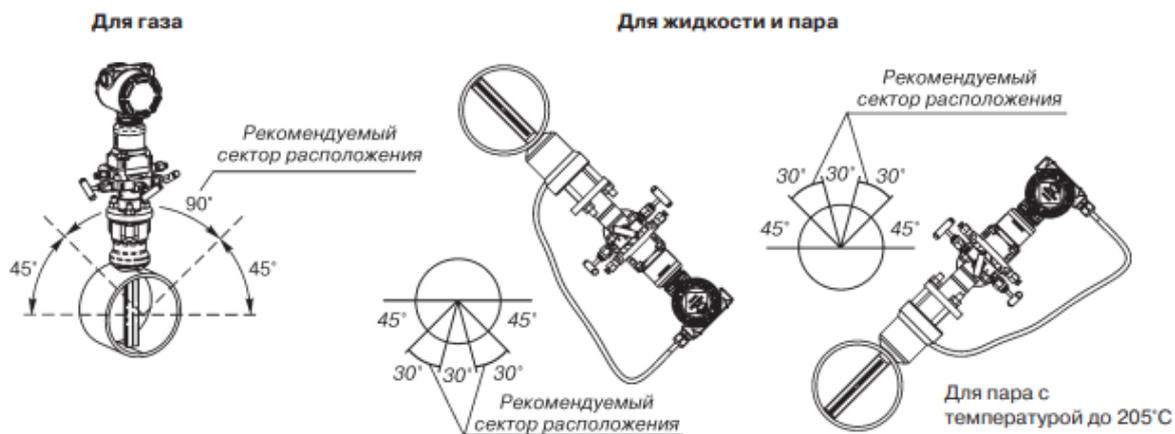


Рисунок 15 – Монтаж расходомера Метран-350

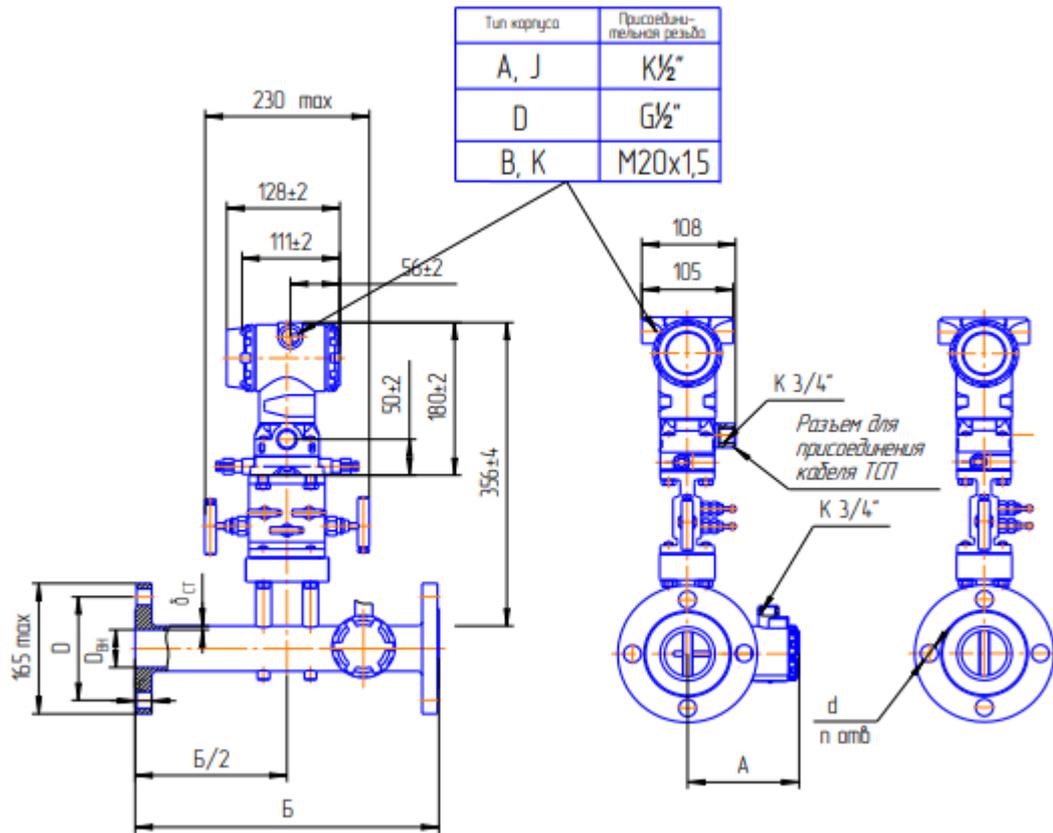
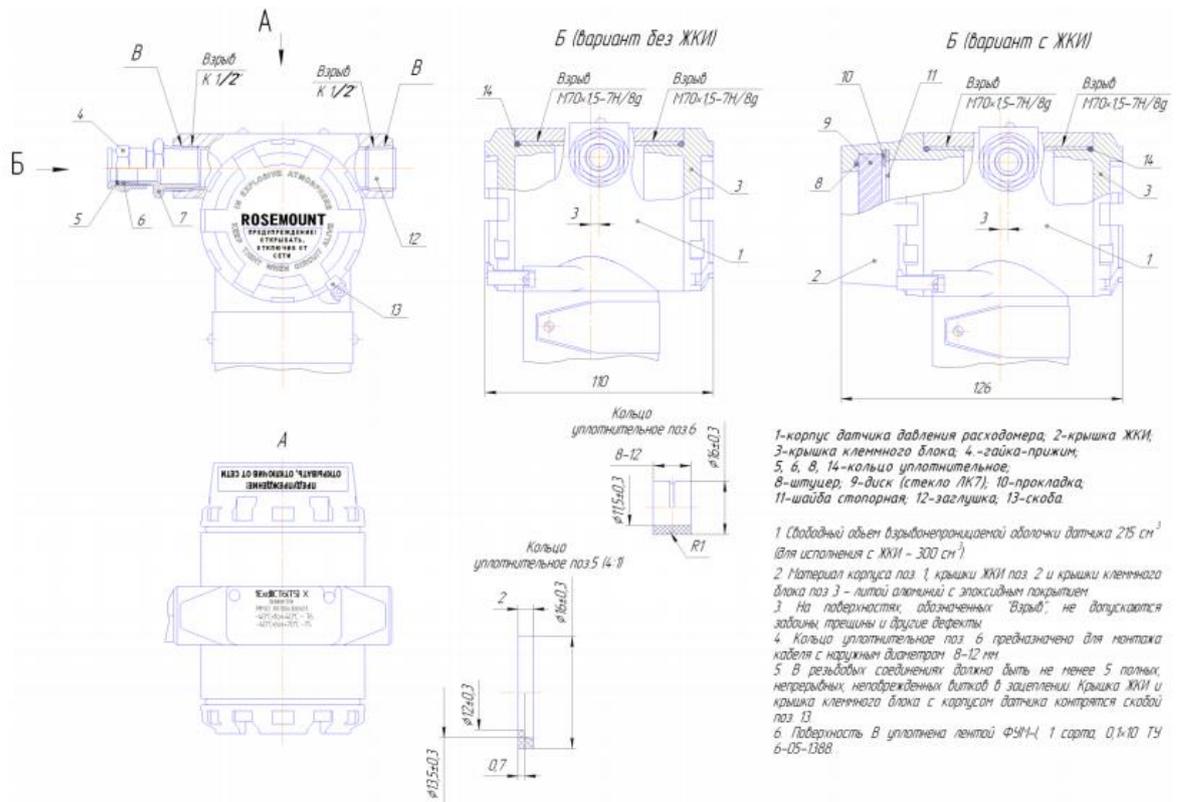


Рисунок 16 – Закладные для Метран-350



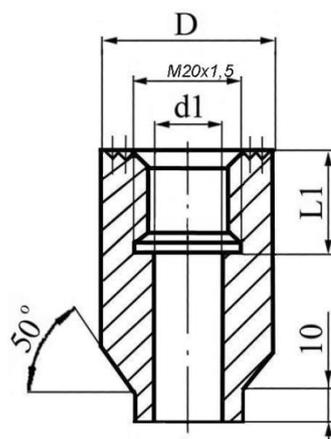


Рисунок 17 – Закладные для Метран-350

Общая информация			
Предприятие *:		Дата заполнения:	
Контактное лицо *:		Тел. / факс *:	
Адрес *:		E-mail:	
Опросный лист №	Позиция по проекту	Количество *:	
Информация об измеряемой среде			
Измеряемая среда *: газ		Фазовое состояние *: <input checked="" type="checkbox"/> газ <input type="checkbox"/> жидкость <input type="checkbox"/> пар	
Полный состав в молярных долях (для природного, попутного газа или смеси), %		Metane CH4 _____	
Для природного, попутного газа или смеси плотность при стандартных усл. (20° С и 101,325 кПа-абс)*: _____ кг/м3			
Информация о процессе			
Измеряемый расход *	Мин 1	Ном 2	Макс 4
			<input checked="" type="checkbox"/> м3/ч (в рабочих условиях) <input type="checkbox"/> кг/ч <input type="checkbox"/> м3/ч (приведенный к стандартным условиям) _____ прочие единицы
Давление избыточное *	Мин 1	Ном 3	Макс 4
			<input type="checkbox"/> кгс/см2 <input checked="" type="checkbox"/> МПа <input type="checkbox"/> кПа
Температура среды *	Мин 20	ном 30	Макс 50
			° С
Плотность *	Мин	Ном	Макс
			кг/м3
Вязкость *	Мин _____	Ном _____	Макс _____
			<input type="checkbox"/> сП <input type="checkbox"/> сСт
Информация о трубопроводе в месте установки расходомера			
Внутренний диаметр трубопровода *: 150 мм		Толщина стенки: 9 мм	Материал (марка стали):
Ориентация трубопровода *: <input checked="" type="checkbox"/> горизонтальный ; <input type="checkbox"/> вертикальный (направление потока: <input type="checkbox"/> вверх <input type="checkbox"/> вниз)			
Длины прямых участков трубопровода в месте установки: до расходомера _____ м; после расходомера _____ м			
Местные сопротивления до расходомера (одиночные колена, группа колен в одной плоскости, разных плоскостях, завихрители, повороты, изгибы, сужения, расширения трубопровода)			
Требования к исполнению расходомера			
На выводе расходомера требуется получать расход в *:		<input checked="" type="checkbox"/> м3/ч (в рабочих условиях) <input type="checkbox"/> кг/ч _____ прочие единицы <input type="checkbox"/> м3/ч (приведенный к стандартным условиям)	
Основная относительная погрешность измерения расхода не более		1, %	
Температура окружающей среды: от -20 до 50 ° С			
Исполнение по взрывозащите: <input type="checkbox"/> без взрывозащиты <input checked="" type="checkbox"/> взрывонепр. оболочка <input checked="" type="checkbox"/> искробезопасная цепь		<input type="checkbox"/> отдельно <input type="checkbox"/> в составе узла учета (тип: <input type="checkbox"/> коммерческий <input type="checkbox"/> технологический)	
Железный монтаж преобразователя и первичного сенсора: <input type="checkbox"/> интегральный <input type="checkbox"/> удаленный (импульсные линии)			
Дополнительное оборудование, аксессуары, услуги			
<input checked="" type="checkbox"/> ЖК-индикатор		<input type="checkbox"/> встроенный <input type="checkbox"/> автономный цифровой индикатор	
<input type="checkbox"/> Вентильный блок		<input type="checkbox"/> трехвентильный <input type="checkbox"/> пятивентильный	
<input type="checkbox"/> Возможность монтажа/демонтажа без сброса давления в трубопроводе (при невозможности остановки тех. процесса)			
<input type="checkbox"/> Клемный блок с защитой от переходных процессов			
<input type="checkbox"/> Импульсные линии		длина <input type="checkbox"/> под сварку <input type="checkbox"/> резьбовые	
<input type="checkbox"/> Коммуникационные средства		<input checked="" type="checkbox"/> HART-коммуникатор <input type="checkbox"/> ПО «Помощник инженера»	
<input type="checkbox"/> HART-конвертор 333 (3 дополнительных сигнала 4-20 мА)			
<input type="checkbox"/> Другое (указать)		<input type="checkbox"/> Шеф-надзор	

### 2.5.2.4 Выбор уровнемера

Для решения задач измерения уровня капельной жидкости были рассмотрены следующие виды уровнемеров:

Kobold NUS-R-4;

Rosemount 3300;

ОВЕН ПДУ-И.

Сравнительный анализ происходил по следующим критериям:

- предел допускаемой погрешности;
- среднее время наработки на отказ;
- выходные сигналы;
- цена.

Таблица 8 – Сравнительный анализ датчиков уровня

Характеристика/ датчик	Базовая погрешность	Среднее время наработки на отказ	Выходные сигналы	Цена
Kobold NUS-R-4	$\pm 0,1\%$	100 000 ч	4-20 мА	26 000 р
Rosemount 3300	$\pm 0,1\%$	100 000 ч	4-20 мА, HART	47 700 р
ОВЕН ПДУ-И	$\pm 0,2\%$	40 000 ч	4-20 мА, HART	8500 р

В качестве датчика уровня был выбран Rosemount 3300, так как он подходит согласно техническому заданию по метрологическим, техническим и требованиям к надежности.



Рисунок 18 – Уровнемер Rosemount 3300

Уровнемер 3300 (волноводный радарный уровнемер) — это интеллектуальный двухпроводной прибор, предназначенный для непрерывного измерения уровня. Принцип его действия основан на технологии рефлектометрии с временным разрешением (TDR).

Радиоимпульсы малой мощности длительностью несколько наносекунд направляются вниз по зонду, погруженному в технологическую среду. Когда импульс достигает поверхности среды, уровень которой необходимо измерить, часть энергии отражается в обратном направлении. Временной интервал между моментом передачи импульса и моментом приема эхосигнала пропорционален расстоянию до поверхности или до границы раздела двух жидкостей. Возможность измерений главным образом зависит от коэффициента отражения среды. Чем выше диэлектрическая постоянная, тем мощнее отраженный сигнал и тем шире диапазон измерений. Спокойная поверхность отражает микроволны лучше, чем турбулентная.

Технические характеристики уровнемера Rosemount 3300 представлены в таблице 9

Таблица 9 – Технические характеристики Rosemount 3300

Диапазон измерений уровня	0,1 – 23,5 м
Выходной сигнал	4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола, RS485 Modbus
Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерений	±0,1 %
Температура окружающего воздуха	от –50 до +60 °С
Механическое соединение	резьбовое соединение G1"/фланец из алюминиевого сплава
Межповерочный интервал	4 года года
Степень защиты корпуса	IP67
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X, 1ExdIIС(T5/T6)X

Варианты монтажа приведены на рисунке 19.

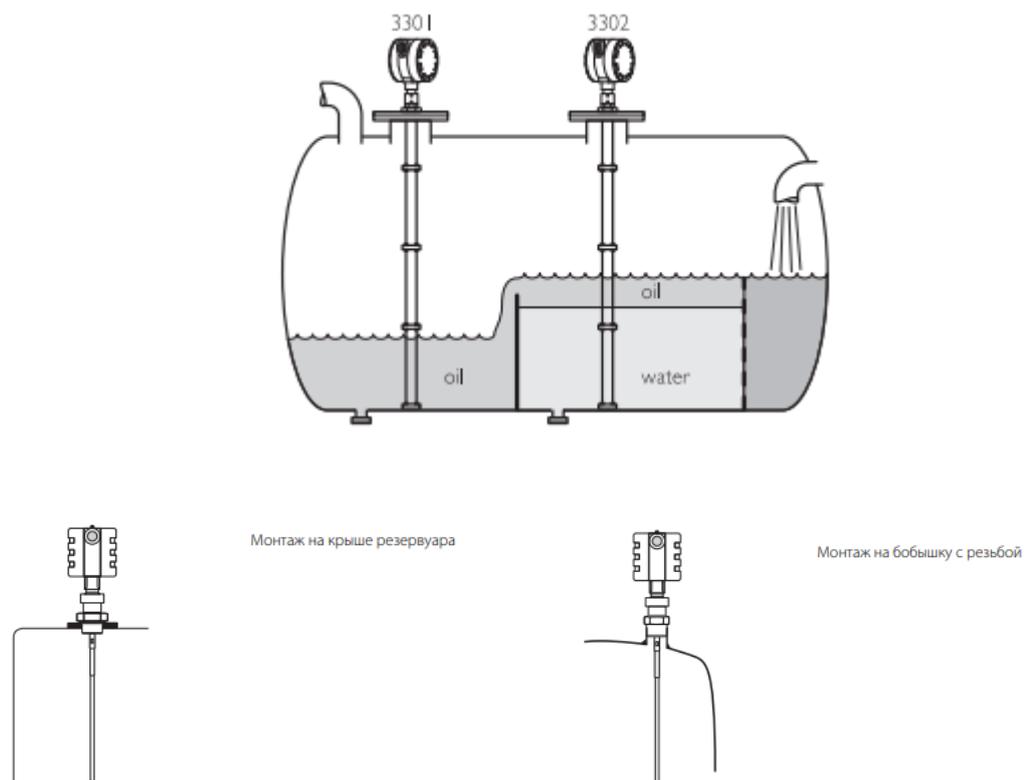


Рисунок 19 – Монтаж датчика Rosemount 3300

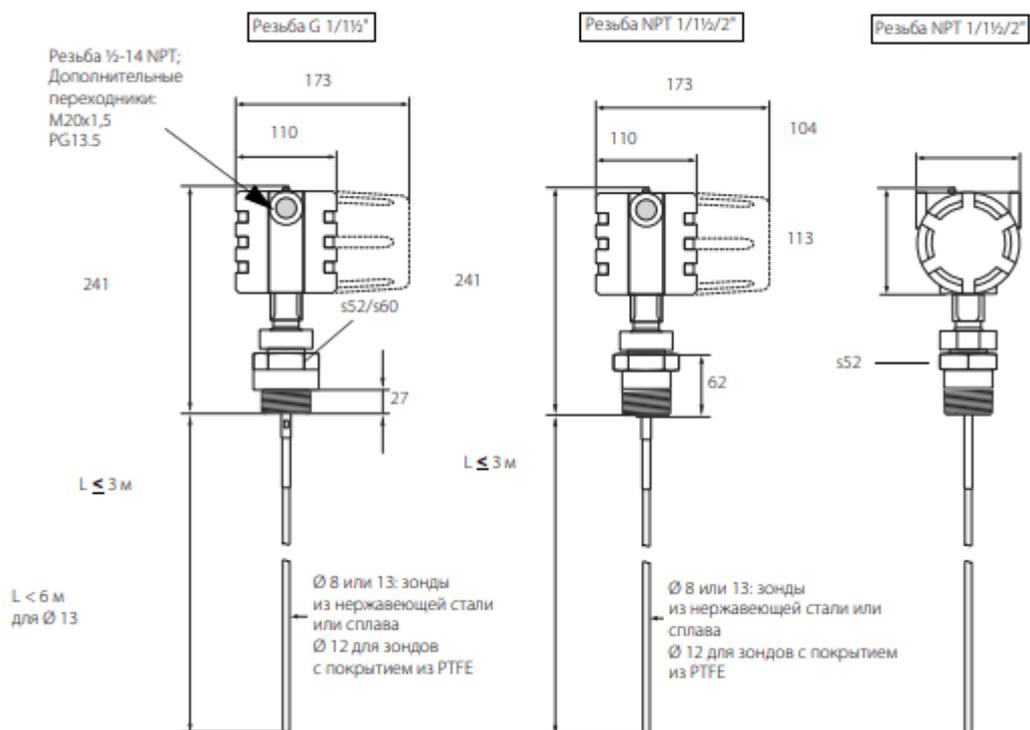
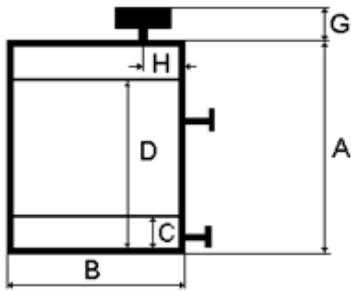


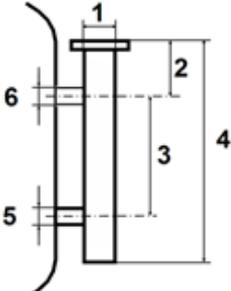
Рисунок 20 – Закладные датчика Rosemount 3300

Требуемое измерение *		Требования к уровнемеру	
<input checked="" type="checkbox"/> Уровень <input type="checkbox"/> Раздел фаз <input type="checkbox"/> Объем <input type="checkbox"/> _____ (другое)		Погрешность: <b>0,1%</b> <input type="checkbox"/> Встроенный дисплей Тип взрывозащиты *: <b>Взрывозащищенное</b> Выходной сигнал: <b>4-20мА + HART</b> Материал корпуса: <b>Нерж. сталь</b> Кабельный ввод: <b>1/2-14 NPT</b>	
Предпочтительный тип уровнемера			
<input type="checkbox"/> Бесконтактный радарный	<input checked="" type="checkbox"/> Волноводный радарный	<input type="checkbox"/> Ультразвуковой	Количество: _____
Позиция ( Тэг ) : _____			
Информация о процессе			
Наименование процесса *: <b>сепарация</b>			
Измеряемая среда *: <b>капельная жидкость</b>		Агрессивность среды: <b>Агрессивная</b>	
Диэлектрическая проницаемость:	<input type="checkbox"/> 1,6 - 2	<input checked="" type="checkbox"/> 2 - 3	<input type="checkbox"/> 3 - 10 <input type="checkbox"/> >10
Температура процесса *: Мин. <b>20</b> Норм. <b>40</b> Макс. <b>80</b> °C			
Температура окружающей среды: Мин. <b>-40</b> Норм. <b>25</b> Макс. <b>50</b> °C			
Давление процесса *: Мин. <b>1</b> Норм. <b>3</b> Макс. <b>4</b> кПа			
Плотность среды: _____ кг/м <sup>3</sup>	Вязкость: _____	<input type="checkbox"/> сР <input type="checkbox"/> сСт <input type="checkbox"/> _____ при температуре: _____ °C	
Турбулентность: _____		Причина турбулентности: _____	
Примерное колебание уровня из-за турбулентности: _____ мм			
Скорость изменения уровня при наливе: _____ мм/с		Скорость изменения уровня при сливе: _____ мм/с	
<b>Какие из следующих характеристик имеет измеряемая среда? (отметить все, что имеет место)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Насыщена пузырьками газа (азрирована)	<input checked="" type="checkbox"/> Может обволакивать смачиваемые детали		
<input type="checkbox"/> Многофазная жидкость (заполнить таблицу ниже)	<input type="checkbox"/> Пары могут обволакивать не смачиваемые поверхности		
<input type="checkbox"/> Возможна кристаллизация / <input type="checkbox"/> налипание	<input type="checkbox"/> Имеется твердый осадок		
<b>Объем над жидкостью имеет (отметьте все, что имеет место):</b>			
<input type="checkbox"/> Пары продукта	<input checked="" type="checkbox"/> легкие / <input type="checkbox"/> тяжелые	<input type="checkbox"/> Подушку инертного газа	
<input type="checkbox"/> Пыль		<input type="checkbox"/> Конденсацию на поверхностях	
Пена: _____	Примерная толщина слоя: _____ мм		
<b>Какие категории точнее всего описывают пену в данном случае?</b>			
<input type="checkbox"/> Легкая пена, большие пузыри, обилие воздуха (пример: пена от пробулькивания воздуха через среду).			
<input type="checkbox"/> Смесь плотной и легкой пены. Четкий раздел фаз с жидкостью (пример: пена в стакане пива).			
<input type="checkbox"/> Плотная пена, маленькие пузырьки. Четкий раздел фаз с жидкостью (пример: крем для бритья).			
<input type="checkbox"/> Плотная или легкая пена, но имеет слой эмульсии между пеной и жидкостью.			

Геометрические размеры резервуара	
A. Высота резервуара:	<input type="text" value="3000"/> мм
B. Диаметр резервуара:	<input type="text" value="2500"/> мм
C. Минимальный уровень:	<input type="text"/> мм
D. Максимальный уровень:	<input type="text"/> мм
G. Высота верхнего отбора:	<input type="text"/> мм
H. Расположение патрубка от стенки:	<input type="text"/> мм
Материал резервуара: * <input type="text"/>	



Геометрические размеры выносной камеры	
1. Ду выносной камеры / байпаса:	<input type="text"/> мм
2. Расстояние от фланца до оси отвода:	<input type="text"/> мм
3. Межосевое расстояние (диапазон измерений)	<input type="text"/> мм
4. Высота камеры:	<input type="text"/> мм
5. Ду отвода:	<input type="text"/> мм
6. Ду отвода:	<input type="text"/> мм
Материал камеры: * <input type="text"/>	



Технологическое соединение с процессом, верхний патрубок (G)			
Фланцевое присоединение		Резьбовое присоединение	
<b>Размер фланца *</b> <i>(стандарт EN(DIN), плоские).</i> <input type="checkbox"/> Ду 50 Ру <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ду 80 Ру <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Ду 100 Ру <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Ду 150 Ру <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Ду 200 Ру <input type="text"/>	Другое: <input type="checkbox"/> * <input type="text"/> Форма / исполнение: <input type="text"/>	<b>Тип и размер резьбы</b> <input type="checkbox"/> 1,5" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input checked="" type="checkbox"/> G 1 1/2" <input type="checkbox"/> G 1" Другое: <input type="checkbox"/> * <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Монтажный кронштейн для установки уровнемера над открытым резервуаром / открытым пространством

Рисунок 21 – Опросный лист Rosemount 3300

### 2.5.2.5 Выбор датчика–сигнализатора уровня

Для сигнализации достижения предельного уровня капельной жидкости проведем подбор сигнализатора уровня. Рассмотрим такие сигнализаторы как: РИЗУР-900, OPTISWITCH 5300, Rosemount 2120.

Сравнительный анализ сигнализаторов уровня представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнительный анализ сигнализаторов уровня

Технические характеристики	РИЗУР-900	OPTISWITCH 5300	Rosemount 2120
Относительная погрешность	1%	0,25%	0,2%
Средняя наработка на отказ	50 000 ч	50 000 ч	150 000 ч
Цена	12 000	17 000	19 000

В качестве сигнализатора уровня будем использовать Rosemount 2120 (рисунок 22), так как удовлетворяет по нормируемой погрешности, а также в отличие от рассмотренных аналогов является более надежным.



Рисунок 22 – Rosemount 2120

Таблица 11 – Технические характеристики Rosemount 2120

Температурный диапазон	-40 ... 150 °С
Светодиодная индикация	Да
Защита от турбулентности и разбрызгивания	Да. Встроена регулируемая задержка
Принцип измерения	Вибрационная вилка
Плотность рабочей жидкости	Минимум 600 кг/м <sup>3</sup>
Вязкость	0,2... 10000 сП
Рабочее давление	Полный вакуум до 100 бар
Температура рабочей среды	-40... 150°С
Диагностика	Функция самодиагностики электроники

Примеры подключения на рисунке 23.



В комплект к сигнализатору необходимо заказать закладные (рисунок 24).

Регулируемое фиксирующее уплотнение для удлинения на 1 дюйм.  
 Материал: нерж. сталь 316, силиконовое уплотнение (Si).



$P_{\text{макс.}} = 1,3 \text{ бар изб.}$   
 $T_{\text{макс.}} = 125^{\circ}\text{C}$   
 1 1/2 дюйма NPT

Гигиенический переходник 1 дюйм BSPP.  
 Материал: фитинг из нержавеющей стали 316. Уплотнительное кольцо из материала FPM/FKM.

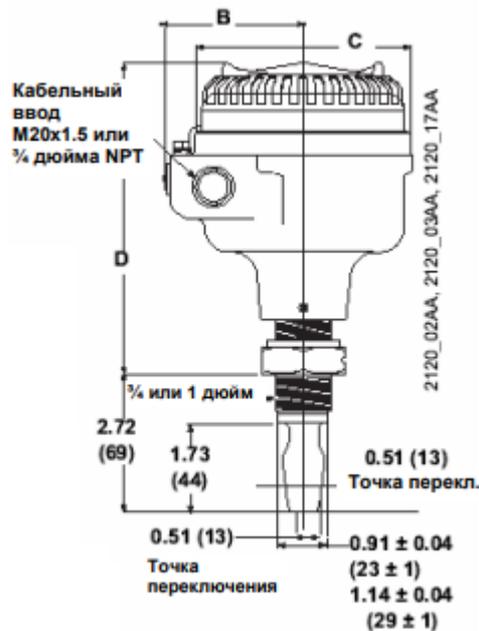
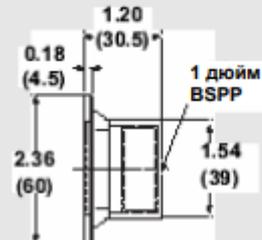


Рисунок 24 – Закладные Rosemount 2120

## 2.6.3 Выбор исполнительных механизмов

### 2.6.3.1 Выбор регулирующего клапана

В данном разделе необходимо выбрать устройство реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа. В качестве регулирующих клапанов были рассмотрены ЭМИ 493725, Аума Мatic, RV111.

В качестве регулирующего клапана будет использоваться клапан регулирующий газовый со встроенным приводом ЭМИ 493725 (рис. 25), т.к. Аума работают полностью открыт/полностью закрыт, а RV111, являются дороже.



Рисунок 25 – регулирующий клапан ЭМИ 493725

Технические характеристики данного клапана приведены в таблице 12

Таблица 12 – технические характеристики ЭМИ 493725

Основная рабочая среда ГОСТ 5542	природный газ
Тип присоединения	фланцевое
Тип конструкции	поворотно-золотниковый прямооточный
Нерегулируемый пропуск среды, не более	1%
Электромеханизм	МЭОФ-100/25-0,25 99К
Усилие на рукоятке ручного привода, Н	100-250
Полный угол поворота, град.	90°
Потребляемое напряжение	220/380 В, 50-60 Гц
Потребляемая мощность, Вт,	не более 250
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP-54

Механизм МЭОФ имеет взрывобезопасный уровень взрывозащиты, вид взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка", маркировку взрывозащиты 1ExdПВТ4 и может применяться во взрывоопасных зонах согласно ГОСТ Р 51330.9 и ГОСТ 51330.13 и другим нормативно-техническим документам, определяющим применимость электрооборудования во взрывоопасных зонах, где возможно образование взрывоопасных смесей категории ПА и ПВ групп Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 согласно ГОСТ Р 51330.5.	
Максимальная температура рабочей среды, °С (К)	для углеводородных газов ГОСТ 5542 - плюс 60 (333) для коксовых и доменных газов - плюс 100 (273)
Минимальная температура рабочей среды, °С (К)	для углеводородных газов ГОСТ 5542 - минус 60 (213) для коксовых и доменных газов - плюс 5 (278)
Температура окружающей среды ГОСТ 15150, °С (К)	УХЛ2 (районы с умеренным и холодным климатом): -плюс 40 (313) -минус 60 (213) Т2 (районы с тропическим климатом): -плюс 50 (323)

Клапан устанавливается в горизонтальном положении и может управляться как автоматически и дистанционно в соответствии с командными сигналами управляющих устройств, регулирующих расход газообразного топлива, так и вручную - непосредственно с исполнительного механизма.

## 2.6 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней проводки приведена в приложении 3. Приборы полевого уровня состоят из датчиков давления, температуры, расхода, уровня с выходным унифицированным сигналом 4-20 мА. Сигнализатор уровня работает по принципу реле 0-24 В.

Марку кабеля подбираем КВВГ Э нг. Выбранная марка кабеля состоит из токопроводящих жил, в качестве которых используются однопроволочные медные жилы с ПВХ изоляцией. Экранированная защита предназначена для защиты от внешних электрических и магнитных полей. НГ – негорючий материал.

Кабели предназначены для неподвижного присоединения устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от минус 50°С до + 50°С.

## **2.7 Выбор алгоритмов управления АС**

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/ останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме),
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данном проекте разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений,
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

### **2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения температуры в сепараторе. Алгоритм сбора данных температуры работает следующим образом.

После включения датчика идет его инициализация. После включается режим самодиагностики. Идет проверка на обрыв линии. Если есть обрыв, выдается сообщение на экран оператора. Если обрыва нет, идет проверка на короткое замыкание. Если есть КЗ, то выдается сообщение на экран оператора. Если КЗ нет, идет инициализация уставок температуры. Далее идет проверка каждой уставки. При срабатывании пороговых значений, выдается сообщение на экран оператора. При этом в любом случае, идет перевод его в градусы Цельсия, с последующим выводом на экран.

Алгоритм сбора данных с канала измерения температуры в сепараторе представлен в приложении И.

### 2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. ПИД-регулятор используется в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

Для обеспечения необходимого давления по измерительным линиям предусмотрена установка регулирующих задвижек. Объектом управления – участок трубопровода между датчиком давления и регулирующей задвижкой. Динамика участка трубопровода в упрощенном виде может быть описана следующей передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(p)} = \frac{1}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot p},$$

$$T = \frac{2Lf c^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p \cdot g}}$$

Таблица 13 – Значения параметров передаточной функции

$f, м^2$	0.031416
----------	----------

$d, м$	0.2
$L, м$	3
$Q, м^3/с$	3
$\Delta p, Мпа$	0,16
$g, м/с^2$	9.8
$\gamma, кг/с$	800

Благодаря развитию контрольно-измерительных устройств, современные датчики характеризуются высоким быстродействием, а также линейной вход-выходной зависимостью. В связи с этим датчики можно описывать, как пропорциональное усилительное звено. В соответствии с данными параметрами, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W(p) = \frac{1}{0.23 \cdot p + 1} \cdot e^{-0.314 \cdot p}$$

Регулирующая задвижка описывается интегральным звеном:

$$W_3(p) = \frac{1}{p},$$

Исполнительный электропривод в упрощенном виде может быть представлен с помощью апериодического звена первого порядка:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1},$$

$$T_{дв} = \frac{JM_{к}}{\omega_{н}}, K_{дв} = \frac{\omega_{н}}{f_{max}}$$

Таблица 14 – Значения параметров

$f, м^2$	0.031416
$\rho, кг/м^3$	890
$L, м$	3
$\omega_{н}, рад/с$	1000
$M_{к}, Н \cdot м$	60
$J, кг \cdot м^2$	0,45

$I_{max}, mA$ (максимальный ток управляющего сигнала ЧП)	20
---	----

Значения параметров взяты из паспортов изделий [3]. Полученная передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1} = \frac{3,14}{0,027 \cdot p + 1}$$

Как и электропривод, частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{чп}(p) = \frac{K_{чп}}{T_{чп} \cdot p + 1},$$

$$T_{чп} = \frac{T_{дв}}{2}, K_{чп} = \frac{f_{max}}{I_{max}}$$

В соответствии с данными таблицы 12, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W_{чп}(p) = \frac{2,5}{0,135 \cdot p + 1}$$

ПИД-регулятор описывается известной передаточной функцией:

$$W_{пид}(p) = K + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p$$

На рисунке 26 предоставлена структурная схема регулирования в среде Matlab.

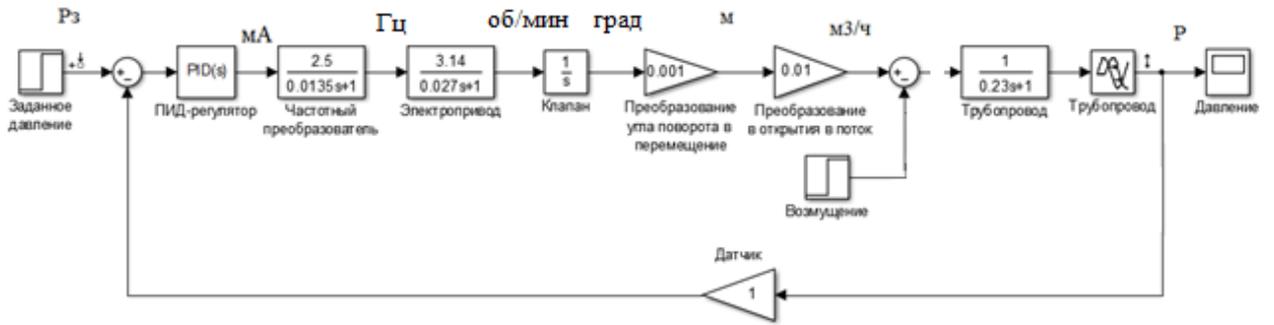


Рисунок 26 – структурная схема регулирования

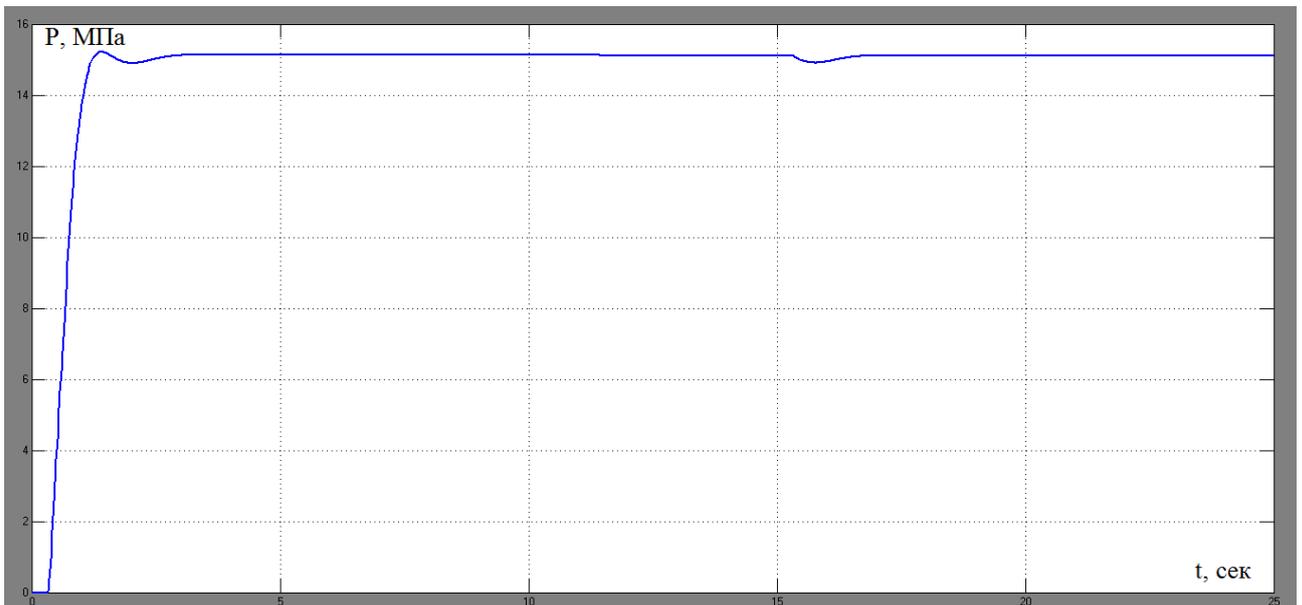


Рисунок 27 – График переходного процесса

В результате моделирования процесса получаем время переходного процесса 3,2 сек. Перерегулирование менее 1%. Статическая ошибка исключена. Также наблюдаем поддержание заданного значения давления при возникновении возмущения, в виде включения контрольной линии для режима поверки метрологических характеристик.

## 2.8 Экранные формы АС

Управление в АС низкотемпературного сепаратора высокого давления реализовано с использованием SCADA-системы WinCC. В качестве базы

данных данная HMI-система использует MS SQL Server, так как работает на ОС Windows.

### **2.8.1 Разработка дерева экранных форм**

При разработке экранных форм предусмотрено, что у пользователя есть возможность переключения и навигации по экранным формам, используя кнопки прямого вызова. После запуска проекта идет авторизация пользователя, где идет его идентификация при помощи логина и пароля. При успешной авторизации пользователя появляется мнемосхема низкотемпературного сепаратора высокого давления, входная линия с насосом, а также каналы регулирования.

### **2.8.2 Разработка экранных форм АС**

АРМ оператора поддерживает работу различных групп пользователей с разными правами доступа к тем или иным элементам автоматизированного рабочего места. Согласно техническому заданию от несанкционированного доступа необходимо поставить защиту. Для этого вход возможен только по определенным пользователям, с разными доступными возможностями. При этом используется пароль.

В главном меню расположены индикаторы и кнопки, выполняющие различные функции:

- кнопка «СПРАВКА» – вызов меню «Справка»;
- кнопки-индикаторы «Н-1/1», «Н-1/2», – отображение состояния насосных агрегатов и вызов мнемосхем насосных агрегатов;
- индикаторы "Нижний/верхний допустимый/аварийный уровень" – индикаторы уровня.

Вид главного меню представлен на рисунке 28.

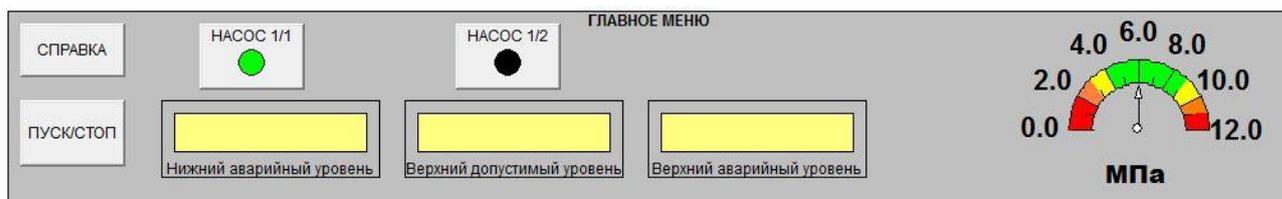


Рисунок 28 – Главное меню

### 2.8.3 Область видеокadra

В области видеокadra АРМ оператора доступны следующие мнемосхемы:

- Низкотемпературный сепаратор;

На мнемосхеме «Низкотемпературный сепаратор» выводится работа следующих объектов и параметров:

- контролируемые сигналы и их параметры;
- управляемые параметры;
- состояние и работа задвижек;
- сигнализируемые параметры.

### 2.8.4 Мнемознаки

На рисунке 29 изображен мнемознак измерения давления.

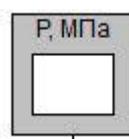


Рисунок 29 – мнемознак измерения давления

В окне отображается переменная с плавающей точкой.

Приняты следующие цвета основной для отображения аналогового параметра:

- серый цвет – параметр в рабочем диапазоне;
- желтый цвет – параметр находится в зоне допустимых минимальных или максимальных значений;

– красный цвет – параметр находится в зоне предельных минимальных или максимальных значений.

Мнемознак Низкотемпературный сепаратор показан на рисунке 30:

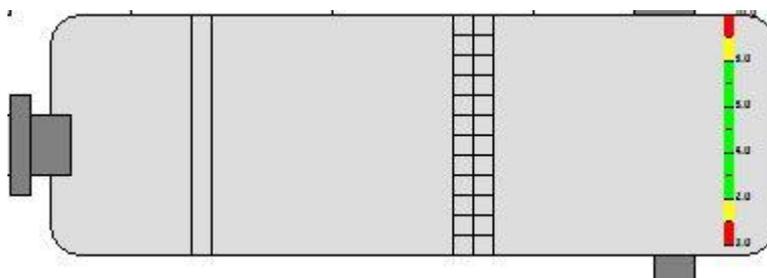


Рисунок 30 – Мнемознак низкотемпературный сепаратор

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение**

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Целью данной работы является разработка системы автоматического управления оборудованием низкотемпературным сепаратором.

#### **3.1 Организация и планирование работ**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По

каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исп-ля	Загрузка
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Р	Р-100%
<b>Проведение НИР</b>				
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, СД	Р-50%, СД-100%
	3	Разработка и утверждение техзадания (ТЗ)	Р, СД	Р-100%, СД-100%
	4	Календарное планирование работ	Р, СД	Р-50%, СД-100%
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурных схем	СД	СД-100%
	6	Разработка функциональных схем	СД	СД-100%
	7	Выбор технических средств автоматизации	Р, СД	Р-50% СД-100%
	8	Выбор алгоритмов управления	Р, СД	Р-50% СД-100%
	9	Разработка экранной формы	СД	СД-100%
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	СД	СД-100%

### 3.1.1 Продолжительность этапов работ

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

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

В таблице 16 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 16 – Временные показатели проведения работ

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		Tmin, чел-дн.	Tmax, чел-дн.	Тож, чел-дн.	Тр, раб.дн		Ткд, кал.дн	
					Р	СД	Р	СД
1	Р	1	2	1,4	1,4	-	2	-
2	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
3	Р, СД	2	3	2,4	2,4	2,4	3	3
4	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
5	СД	2	3	2,4	-	2,4	-	3
6	СД	5	10	7	-	7	-	10
7	Р, СД	2	3	2,4	1,2	2,4	2	3
8	Р, СД	3	6	4,2	2,1	4,2	3	6
9	Р, СД	3	6	4,2	-	4,2	-	6
10	СД	1	2	1,4	-	1,4	-	2
Итого					8,5	26,8	12	37

На основе таблицы 17 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 17 – План-график

№	Вид работы	Исп-ли	Ткд	С 16.04.2019 г. по 24.05.2019 г.																											
1	Составление и утверждение задания НИР	Р	2																												
2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р СД	1 2																												
3	Разработка и утверждение ТЗ	Р СД	3 3																												
4	Календарное планирование работ	Р СД	1 2																												
5	Разработка структурных схем	СД	3																												
6	Разработка функциональных схем	СД	10																												
7	Выбор технических средств автоматизации	Р СД	2 3																												
8	Выбор алгоритмов управления	Р СД	3 6																												
9	Разработка экранной формы	СД	6																												
10	Составление пояснительной записки	СД	2																												

### 3.2 Расчет затрат на выполнение проекта

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 3.2.1 Расчёт затрат на материалы

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов.

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	SvetoCopy	110	0,90	99
Печать на листе А4	–	110	1,5	165
Ручка	Pilot BPS-GP	1	50	50
Доступ в интернет	–	4 месяца	350	1400
Всего за материалы				1714

### 3.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной

платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчет заработной платы приведен в таблице 19. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{\text{доп.ЗП}}$  применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{\text{и}} = 1,62$ .

Таблица 19 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	21 760	867,52	9	1,699	13265,25
И	15 470	616,75	27	1,62	26976,65
<b>Итого:</b>					<b>40241,90</b>

### 3.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 30% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3. \text{ Итак, в нашем случае } C_{\text{соц.}} = 40241,90 * 0,3 = 12072,57 \text{ руб}$$

### 3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}}$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $Ц_{\text{Э}} = 5,748$  руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 12 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t,$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты Э <sub>об</sub> , руб.
Персональный компьютер	216*0,6	0,3	223,48
Струйный принтер	30	0,1	17,24
<b>Итого:</b>			<b>240,72</b>

### 3.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_D},$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Стоимость ПК 45000 руб, время использования 216 часов, тогда для него  $C_{AM}(ПК) = (0,4*45000*216*1)/2408 = 1614,62$  руб. Стоимость принтера 12000 руб., его  $F_D = 500$  час.;  $N_A = 0,5$ ;  $t_{рф} = 30$  час., тогда его  $C_{AM}(Пр) = (0,5*12000*30*1)/500 = 360$  руб. Итого начислено амортизации 1974,62 руб.

### 3.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Время пребывания в командировке составило 50 календарных дней (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии 50 руб./день\*45 дней = 2250 руб. (основные расходы за счет принимающей стороны); оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 4720 руб.; аренда специальных приборов – 4200 руб.; почтовые расходы – 240 руб.; консалтинговые услуги – 1500 руб. Итого по данному пункту  $C_{\text{нр}} = (50 - 1) \cdot 100 + 2250 + 4720 + 4200 + 240 + 1500 = 17\,810$  руб.

### 3.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч.}} = (1714 + 40241,9 + 12072,57 + 240,72 + 1974,62 + 17\,810) \cdot 0,1 = 7405,38 \text{ руб.}$$

### 3.2.7 Расчет общей себестоимости

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Определение бюджета затрат на

научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1714,0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	40241,90
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	12072,57
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	240,72
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1974,62
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	17 810
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	7405,38
<b>Итого:</b>		<b>81459,19</b>

Таким образом затраты на разработку составили 81459,19 руб.

### 3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль проекта составляет 20% от расходов на разработку проекта.

$$П = 81459,19 * 0,2 = 16291,84 \text{ руб.}$$

### 3.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(16291,84 + 81459,19) * 0,2 = 19550,21$  руб.

### 3.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$Ц_{\text{НИР(КР)}} = 81459,19 + 16291,84 + 19550,21 = 117301,24 \text{ руб.}$$

### 3.3 Оценка экономической эффективности проекта

#### 3.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций

Данный показатель определяет продолжительность того периода, через который инвестиции будут возвращены полученной благодаря им прибылью. Чем меньше **РР**, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций. Используется формула

$$PP = \frac{I_0}{PP_{ч}}$$

где  $I_0$  – величина инвестиций;

$PP_{ч}$  – годовая чистая прибыль.

(5.11) применяется в тех случаях, когда величины  $PP_{ч}$  примерно равны по годам эксплуатационной стадии проекта. Если это не так, то применяется следующая модификация

$$PP = n_{цj} + \frac{\Delta PP_{чj}}{PP_{чj+1}}$$

где  $n_{цj}$  – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций  $I_0$ , но не превосходит ее;

$\Delta PP_{чj}$  – непокрытая часть инвестиций по истечении  $n_{цj}$  лет реализации проекта;

$PP_{чj+1}$  – прибыль за период, следующий за  $n_{цj}$ -м.

Пример подобного расчета приведен в таблице

Таблица 21 – Накопленные денежные поступления по проекту

Год	Инвестиции	Прибыль	Накопленный денежный поток
0	-117301,24	16000	-101301,24
1		20000	-81301,24
2		25000	-56301,24
3		35000	-21301,24
4		45000	23698,76

Здесь 4-й год эксплуатационного периода дает минимум непокрытого остатка (-21301,24) инвестированной суммы 117301,24 руб., следовательно,  $n_{ц} = 4$ .

Тогда  $\frac{\Delta PR_{чj}}{PR_{чj+1}} = 21301,24/23698,76 = 0,89$ ; следовательно,  $PP = 4,89$  лет.

С учетом ставки дисконтирования:

Год	Инвестиции	Номинальная прибыль	Коэффициент дисконтирования $1/(1+0,1)^j$	Дисконтированная прибыль	Накопленный денежный поток
0	-117301,24	16000	1	0	-101301,24
1		20000	0.9091	18182	-83119,24
2		25000	0.8264	20660	-62459,24
3		35000	0.7513	26295,5	-36163,74
4		45000	0.683	30735	-5428,74
5		45000	0.6209	27940,5	22511,76

## **4. Социальная ответственность**

### **4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **4.1.1. Правовые вопросы обеспечения безопасности**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [12] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежедневно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [12] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).

• Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

#### 4.1.2. Организационные мероприятия обеспечения безопасности

##### 4.1.2.1. Эргономические требования к рабочему месту

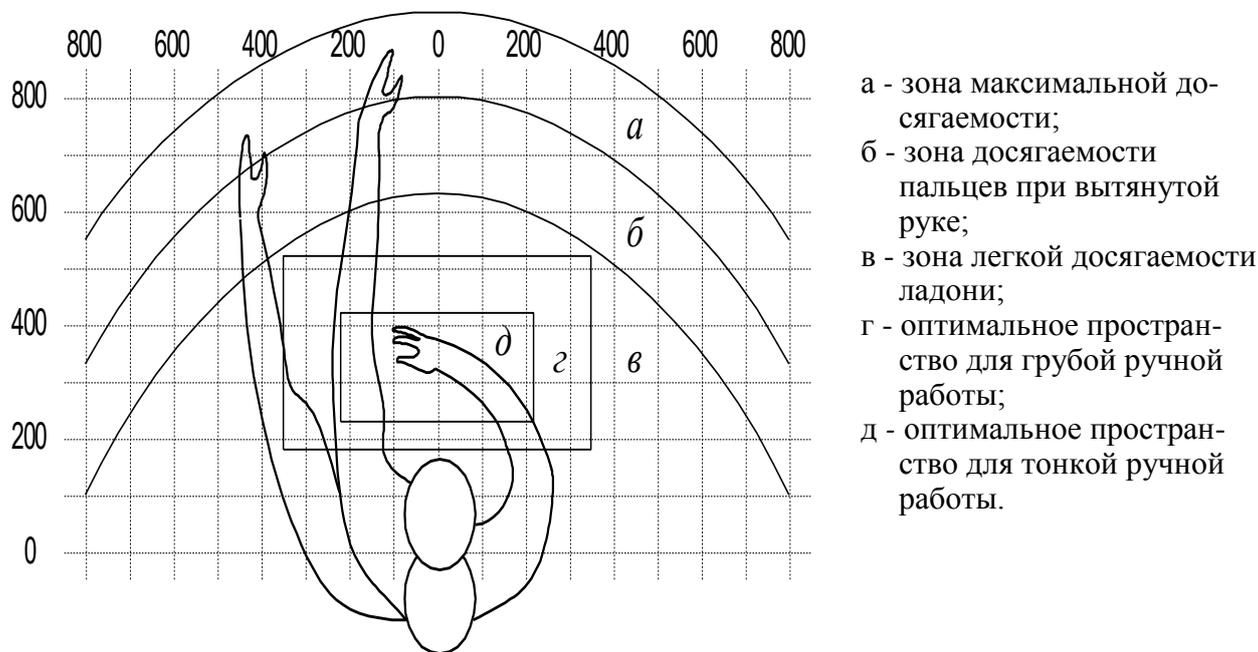


Рисунок 31 – эргономические требования

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [17]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

##### 4.1.2.2. Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета, пол – зеленый;

– окна ориентированы на север – стены светло–оранжевого или оранжево–желтого цвета, пол – красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на восток – стены желто–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на запад – стены желто–зеленого или голубовато–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60–70, для стен 40–50, для пола около 30.

## **4.2. Производственная безопасность**

### **Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Производственная безопасность включает в себя вопросы, связанные с организацией рабочего места разработчика системы стабилизации в соответствии с нормами промышленной санитарии, техники безопасности, эргономики и пожарной безопасности.

Выпускная квалификационная работа имеет физико-техническую тематику, поэтому будут проанализированы электромагнитное излучение, микроклимат помещения, освещённость рабочей зоны, шум и вибрации.

Так как работа ведётся в закрытом помещении с использованием персонального компьютера, требуется изучение и создание оптимальных условий труда, а также следует учесть организацию пожарной безопасности на предприятии. Так же необходимо учесть то, что никакого контакта с какими-либо вредными веществами (радиоактивные препараты) нет, следовательно, данный производственный фактор не будет рассматриваться.

#### **4.2.1. Отклонения показателей микроклимата**

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, состояние микроклимата в помещении,

используемом для разработки, оказывает существенное влияние на качество работы и производительность труда, а также на здоровье работников.

Влияние микроклимата на самочувствие человека значимо и существенно, а переносимость температуры во многом зависит от скорости движения и влажности окружающего воздуха – чем выше показатель относительной влажности, тем быстрее наступает перегрев организма.

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами.

Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ [8].

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных значениях наблюдается высокий уровень работоспособности и обеспечивается нормальное состояние организма работника.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [8] и приведены в таблице 2, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 23.

Таблица 22 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	23-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	40-60	0,1

Таблица 23 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха		Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [8] и приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20...40 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20

#### **4.2.2. Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света**

По санитарно-гигиеническим нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо

виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Отсутствие хорошего освещения может привести к профессиональным заболеваниям, а также ухудшению концентрации работников. Работа инженера-программиста в основном проводится за дисплеем персонального компьютера, что вынуждает его работать с контрастным фоном, в случае недостаточной освещённости рабочего места. В результате у работника может ухудшиться зрение, а также возникнуть переутомление. То же самое происходит и при избыточном освещении помещения.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Работа оператора АСУ относится к IV разряду зрительной работы (средней точности). В таблице 25 приведены нормы освещённости помещения для данного разряда [9].

Таблица 25 – Нормирование освещённости для работы за ПК

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК [9], представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа	300-500 лк
Освещенность на поверхности экрана ПК	не более 300 лк
Яркость бликов на экране ПК	не более 40 кд/м <sup>2</sup>
Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения	не более 200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях	не более 20

Показатель дискомфорта в дошкольных и учебных помещениях	не более 15
Соотношения яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

### 4.2.3. Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [10].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [10]. Согласно данному документу при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине(ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 60 дБА.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 27 (Допустимые уровни звукового давления).

Таблица 27 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

Для снижения уровня шума применяют: подавление шума в источниках; звукоизоляция и звукопоглощение; увеличение расстояния от источника шума; рациональный режим труда и отдыха.

### 4.3. Электробезопасность

Различные электрические установки, к которым относятся персональные компьютеры и измерительная аппаратура, несут для человека высокую потенциальную опасность электропоражения. Во время использования или при проведении профилактических работ возможно поражение током, при соприкосновении с нетоковедущими частями, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПК), либо при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением. Также имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках ПК (блоке питания и блоке дисплейной развертки).

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Согласно классификации помещений по электробезопасности выпускная квалификационная работа проводилась в помещении без повышенной опасности, характеризующемся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия [14].

#### **4.4. Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации установки низкотемпературного сепаратора на УКПГ, а именно хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу». Испарение нефти и нефтепродуктов с поверхностей происходит достаточно легко при любой температуре. При этом выделяются низкомолекулярные углеводороды с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому разложению.

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны резервуаров, сепараторов, отстойниках.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

#### **4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

##### **4.5.1. Пожарная безопасность**

Пожарную безопасность можно обеспечить мерами пожарной профилактики, а также активной пожарной защиты. Пожарная профилактика

включает в себя комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита включает меры, обеспечивающие успешное противодействие пожарам или взрывоопасной ситуации.

Возникновение пожара в помещении, где установлено дорогостоящее оборудование, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Возникновение чрезвычайной ситуации может привести к частичной потере информации, связанной с большими трудностями восстановления всей информации в полном объёме, либо к необратимой утрате важной информации.

Согласно нормам технологического проектирования [15], помещение в котором осуществлялась разработка автоматизированной системы управления низкотемпературным сепаратором установки комплексной подготовки газа, относится к категории В (пожароопасные).

Основные причины возникновения возгораний:

- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- перегрузка электрических сетей;
- применение неисправных электроприборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;
- курение в неустановленных местах.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

При возникновении пожара необходимо отключить сеть питания, вызвать пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара первичными средствами пожаротушения.

Для тушения пожаров в помещении необходимо установить углекислотный огнетушитель типа ОУ-5.

Покидать помещение согласно плану эвакуации.

#### **4.5.2. Взрывобезопасность**

В связи с тем, что установка комплексной подготовки газа, является взрывоопасной, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются сепараторы, отстойники и трубопроводы, перекачивающие газ, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс УКПГ.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [16].

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

#### **Вывод**

В данном разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены воздействия опасных и вредных факторов при работе в диспетчерской на оператора АСУ ТП. Рассмотрены нормирования показателей микроклимата, шума, освещенности. Дополнительных средств индивидуальной защиты не требуется. Была рассмотрена электробезопасность, указаны потенциальные источники поражения электрическим током. Были описаны эргономические требования к рабочему

месту оператора АСУ ТП. Подробно рассмотрели ЧС – пожаробезопасность и взрывобезопасность. Описаны потенциальные источники возгорания и взрыва, а также меры безопасности.

## Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы была спроектирована автоматизированная система низкотемпературным сепаратором высокого давления. В первую очередь было составлено техническое задание. Далее был изучен технологические процесс очистки от капельной жидкости низкотемпературным сепаратором высокого давления. На основе технического задания была разработана структурная схема, функциональная схема автоматизации согласно ГОСТ 21.208-2013 и ГОСТ 21.408-2013.

Был произведен сравнительный анализ при подборе средств измерений и контроллерного оборудования. Выбор происходил на основании технического задания с учетом требований к метрологическому, техническому обеспечению, требованиям к надежности, а также к стоимости ввода.

Был выбран контроллер Siemens S7-300 модульного типа. Было уделено особое внимание на показатели надежности. Так как одной из целей создания системы является экономический эффект от снижения вероятности простоев производства. Возможность ввода/замены на горячую и показатели средней наработки на отказ, а также возможность наращивания сыграли ключевую роль в подборе оборудования.

Были разработаны алгоритмы сбора данных, детально изучен алгоритм автоматического управления давлением на выходе газа. Построили переходные характеристики, система показала устойчивые характеристики, с низким процентом перерегулирования и возможностью справляться с возмущающими воздействиями.

Также была разработана схема внешних проводок. Разработаны экранные формы на базе WinCC.

Таким образом, спроектированная АС низкотемпературным сепаратором высокого давления удовлетворяет всем параметрам технического задания. Гибкая и функциональная система позволяет наращивать, модернизировать систему.



## **Conclusion**

During the final qualifying work, an automated system for a low-temperature high-pressure separator was designed. The first was a technical task. Further, the technological process of cleaning from a droplet liquid by a low-temperature high-pressure separator was studied. Functional diagram of automation in accordance with GOST 21.208-2013 and GOST 21.408-2013.

A comparative analysis was conducted in the selection of measuring instruments and equipment controller. Technical support, reliability requirements, and input costs.

The Siemens S7-300 modular controller was selected. Special attention was paid to reliability indicators. The economic effect of reducing the likelihood of production downtime. Possibilities of commissioning and replacement of equipment.

Algorithm of data collection, a detailed study of the algorithm for automatic control of gas pressure. Built transient characteristics, the system showed stable performance.

An external posting scheme was also available. Developed screen forms based on WinCC.

Thus, the designed AU low-temperature high-pressure separator satisfies all parameters of the specification. A flexible and functional system allows you to scale up, upgrade the system.

## Список использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-13 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 2014.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицшк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

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

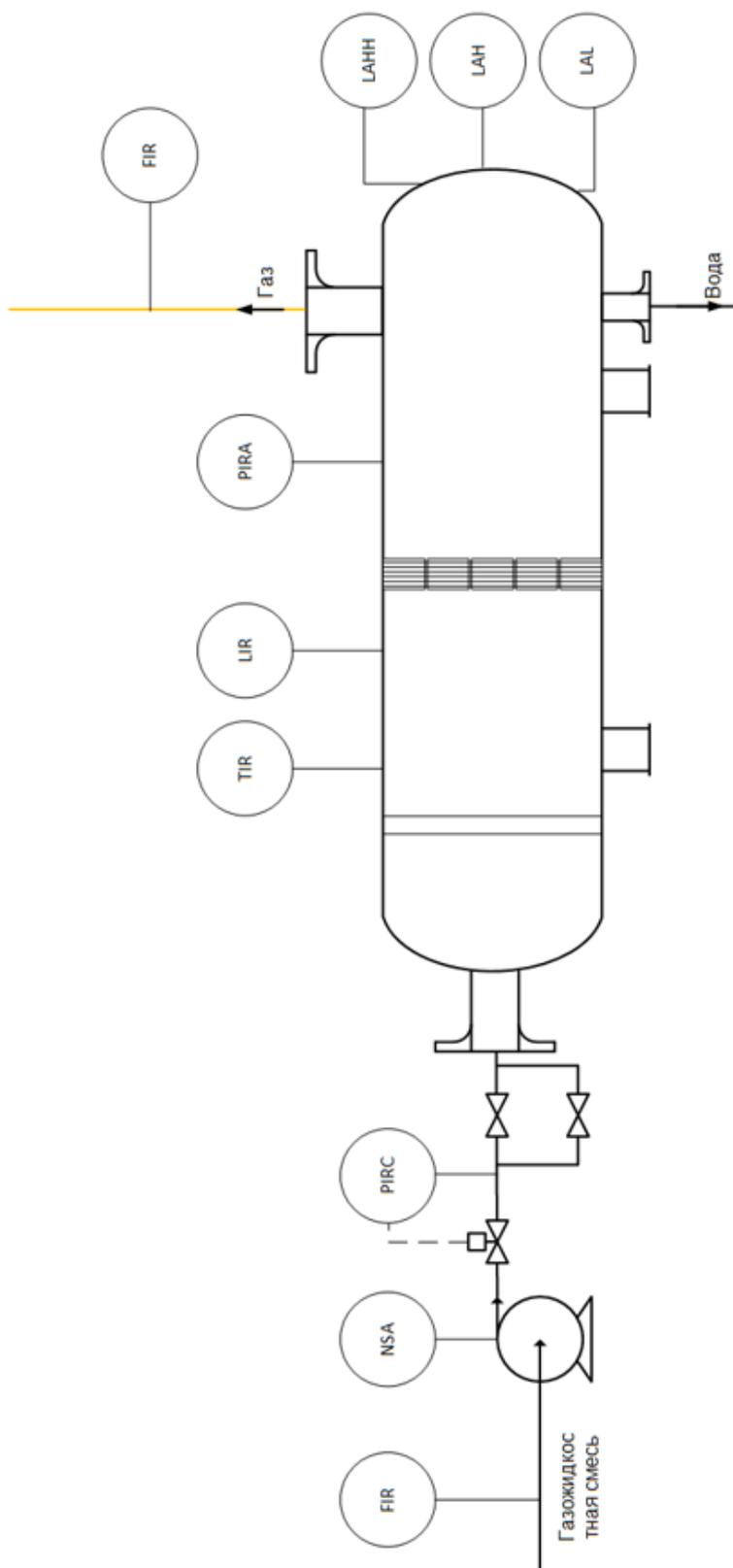
14. ГОСТ Р 12.1.019-2009 (изм. №1) ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

15. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

16. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Настоящий стандарт распространяется на производственные процессы (включая транспортирование и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду, и устанавливает общие требования по обеспечению их взрывобезопасности.

## Приложение А

### Схема автоматизации упрощенного типа



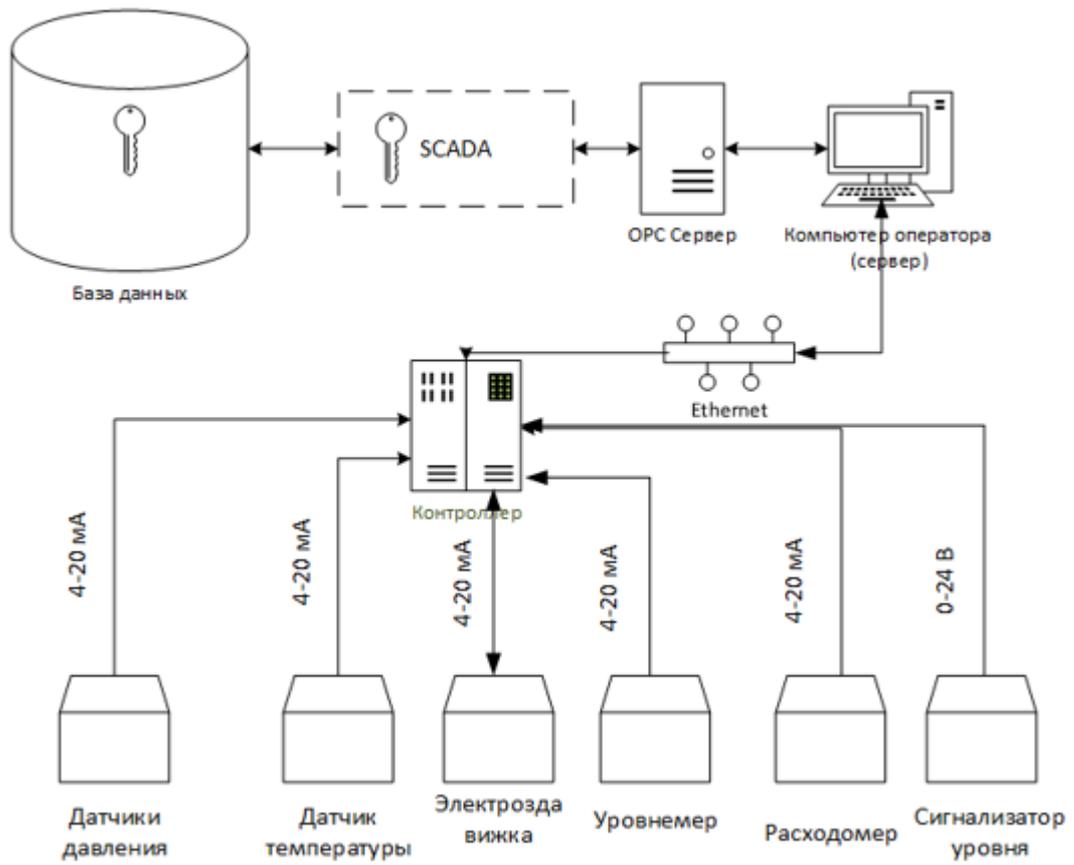
## Приложение Б

### Перечень вход/выходных сигналов

Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала	Технологические		Аварийные	
					Предупреждение	max	min	max
Расход поступающей газожидкостной смеси	RAS_TRB_VHOD	0...480	м <sup>3</sup> /ч	4-20mA	+	-	-	-
Расход выходящей газожидкостной смеси	RAS_TRB_VYHD	0...480	м <sup>3</sup> /ч	4-20mA	+	-	-	-
Давление в нагнетательном коллекторе	DAV_N11_NGNT	0,0105...25	МПа	4-20mA	-	-	-	+
Управление задвижкой, точка 4	UPR_K1_VHOD_REG	0..100	%	4-20mA	-	-	-	-
Уровень газожидкостной смеси в факельном сепараторе	URV_FSP_GJSM	0...11920	мм	4-20mA	-	-	-	-
Нижний уровень газожидкостной в факельном сепараторе	URV_FSP_GJSM_PREDL	-	-	DI	+	-	-	-
Верхний уровень газожидкостной в факельном сепараторе	URV_FSP_GJSM_PREDH	-	-	DI	-	+	-	-
Верхний аварийный уровень газожидкостной смеси в факельном сепараторе	URV_FSP_GJSM_AVARH	-	-	DI	-	-	-	+
Температура газожидкостной смеси в факельном сепараторе	TEM_FSP_GJSM	-30...+50	°C	4-20mA	-	-	-	-
Давление в газожидкостной смеси в факельном сепараторе	DAV_FSP_GJSM	0,0105...25	МПа	4-20mA	-	-	-	+
Управление электродвигателем насоса	UPR_N12_VYHD_REG	-	-	DI	-	-	-	-

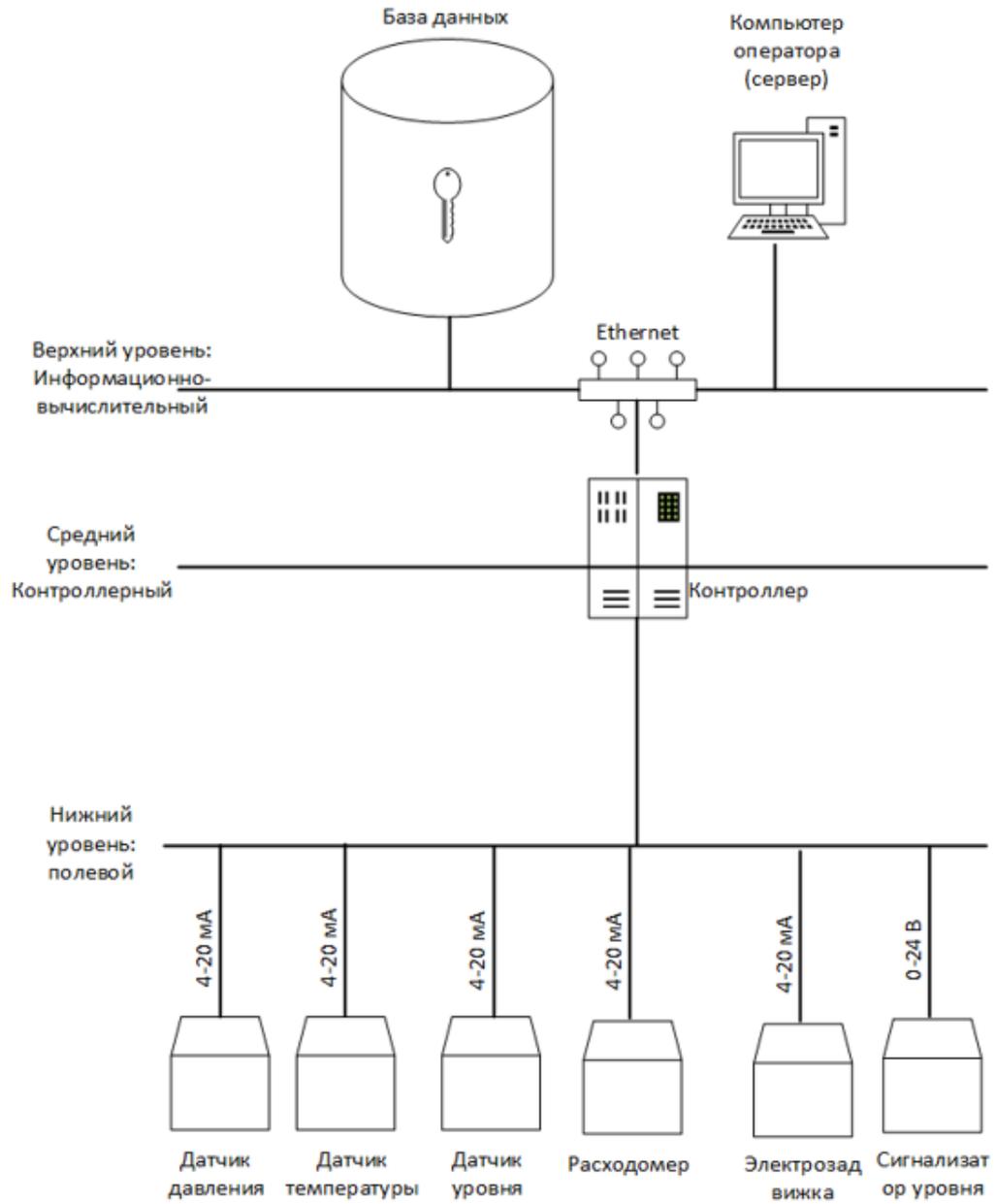
## Приложение В

### Обобщенная структурная схема



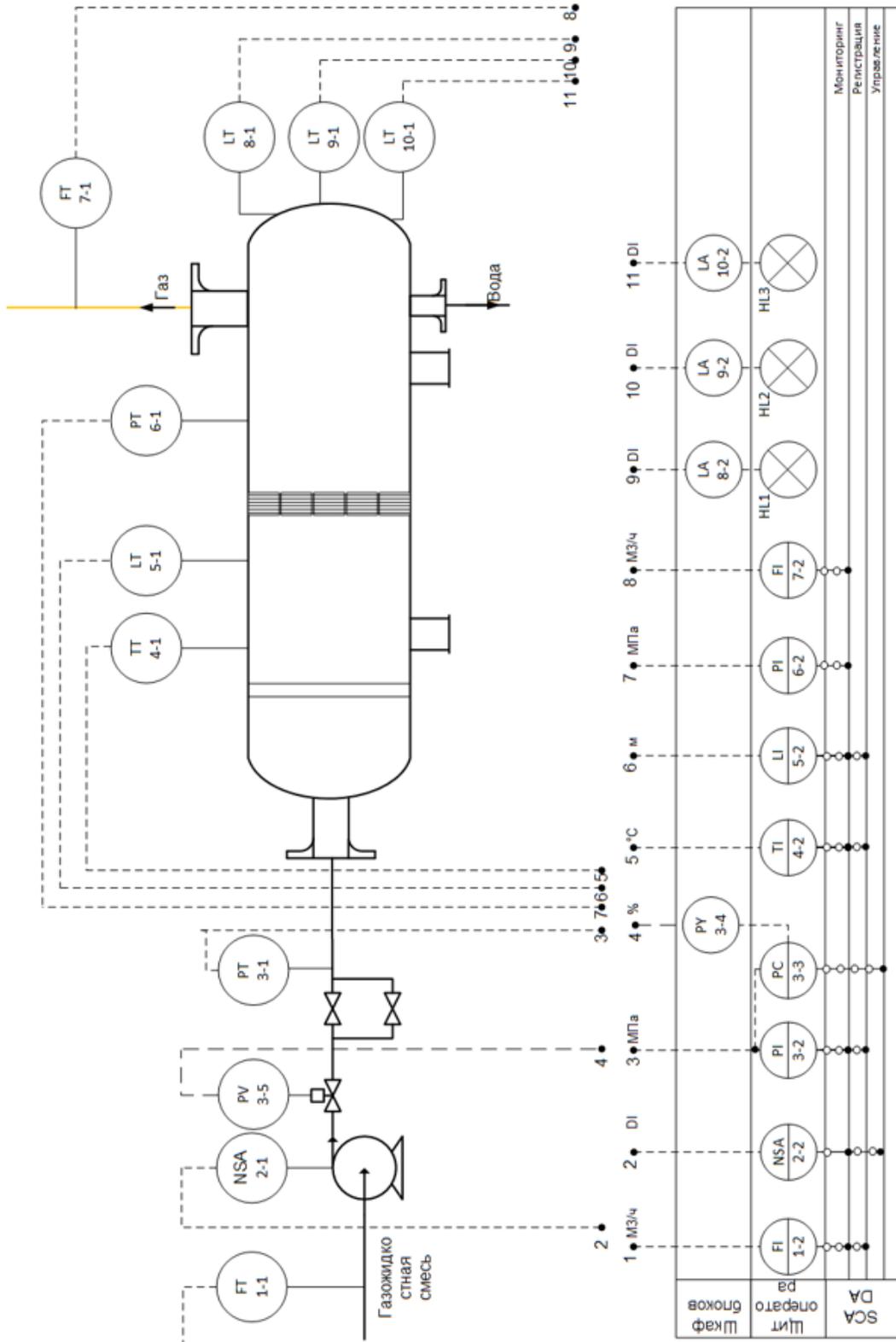
# Приложение Г

## Трехуровневая структурная схема



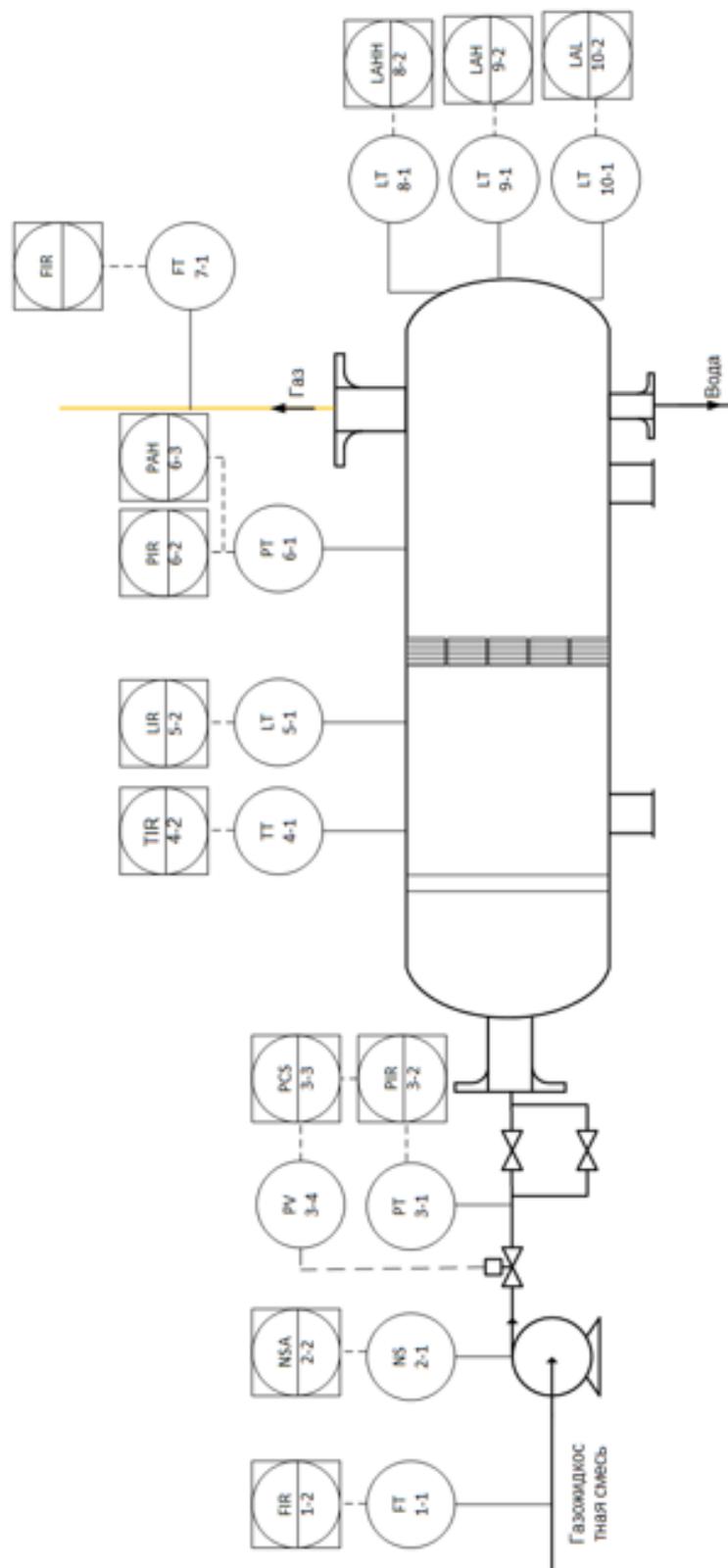
## Приложение Д

### Схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013



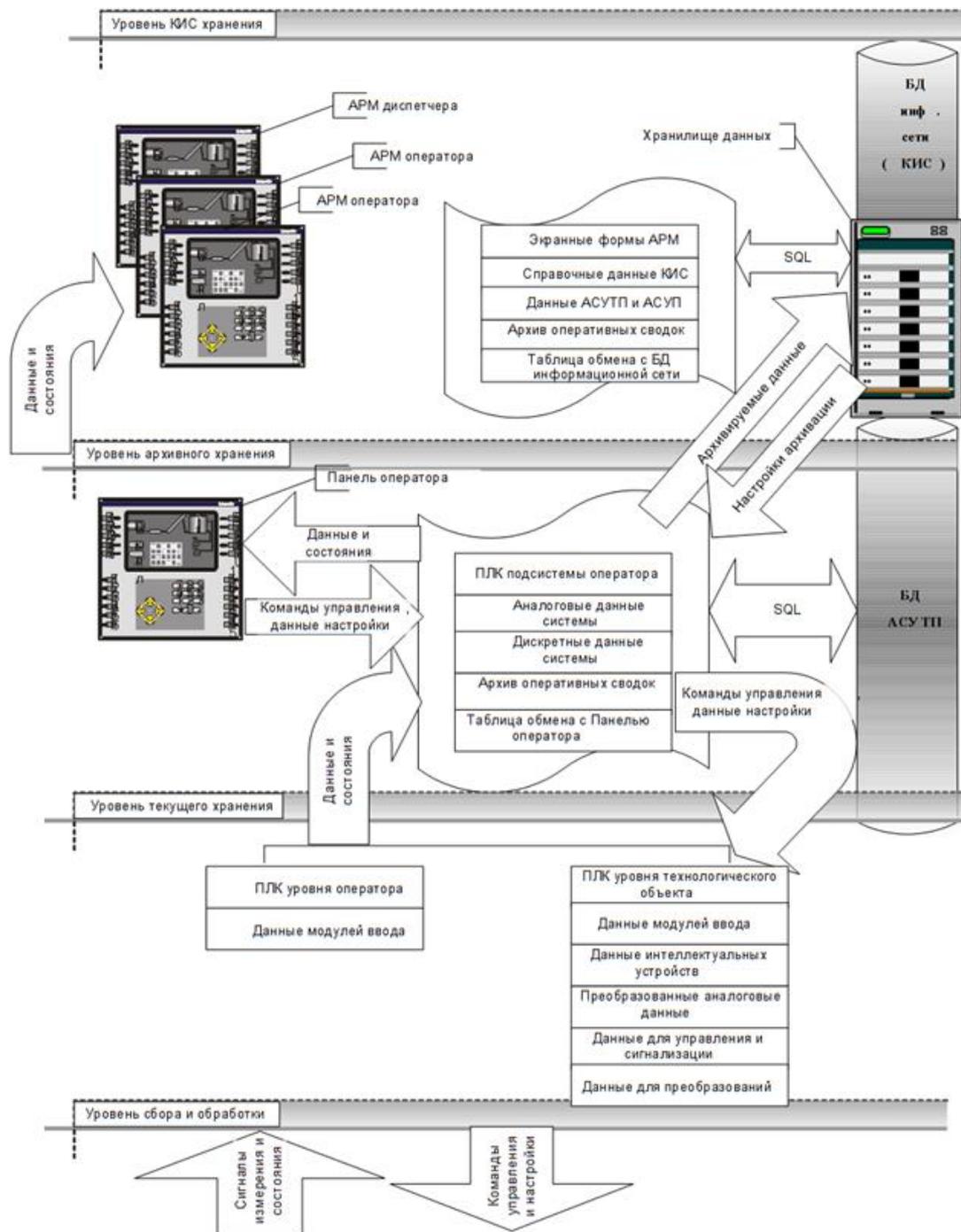
## Приложение Е

### Схема автоматизации по ANSI/ISA

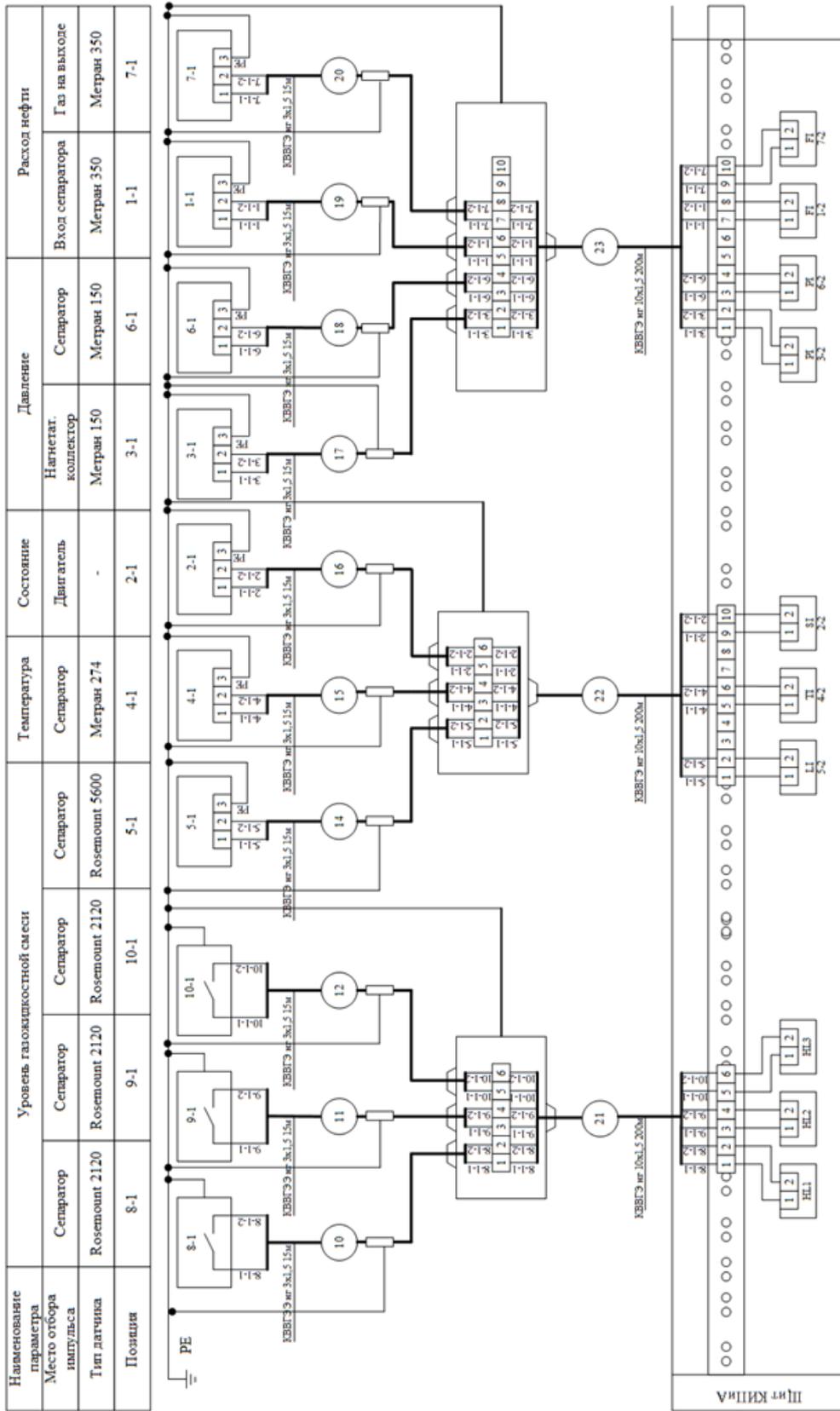


# Приложение Ж

## Схема информационных потоков

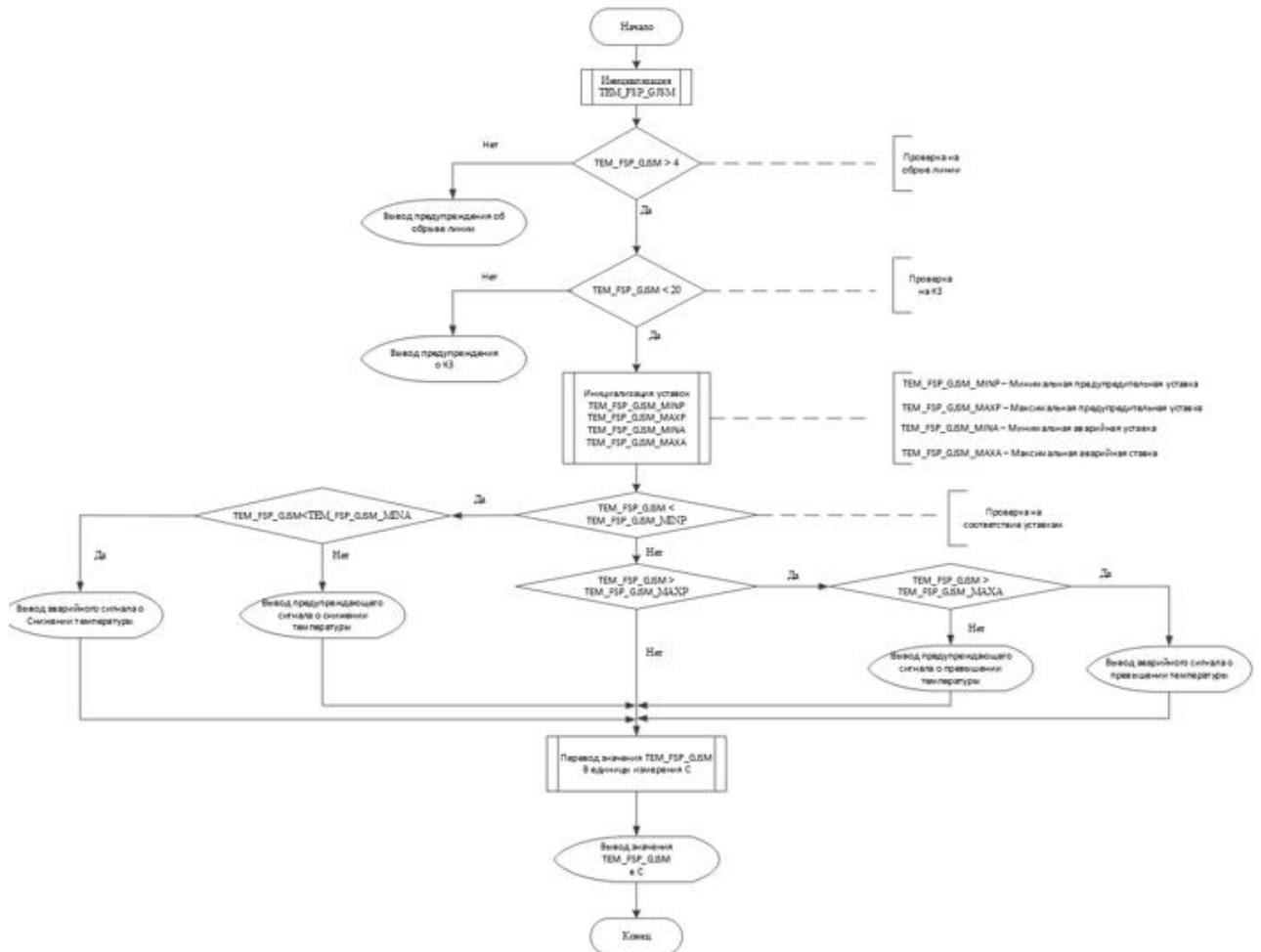


# Приложение 3



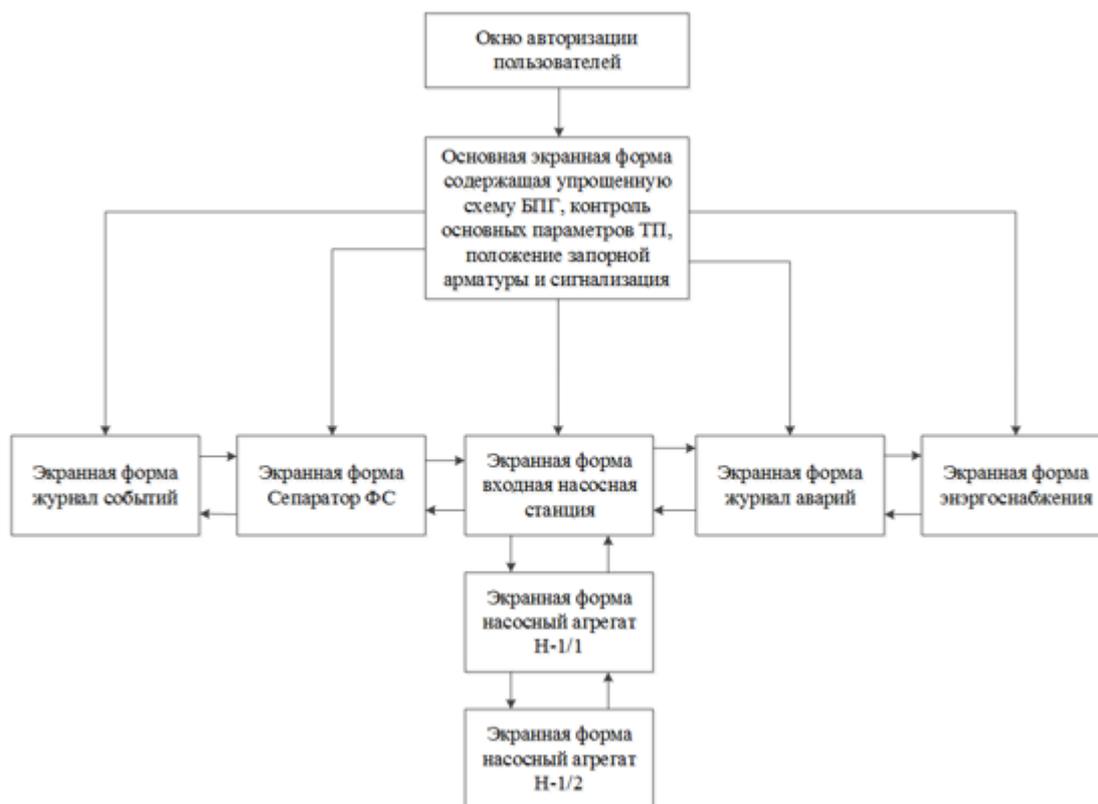
# Приложение И

## Алгоритм сбора данных



## Приложение К

### Дерево экранных форм



# Приложение Л

## Мнемосхема

