

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

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка автоматизированной системы управления разделителя жидкости на установке комплексной подготовки газа</b>

УДК 681.586:66.066.4/.5:622.279.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8Т32	Толстикова Дмитрий Александрович		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Семенов Николай Михайлович			
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	доцент, к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший Преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	доцент, к.т.н.		

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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



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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Воронин А.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Толстикова Дмитрий Александрович

Тема работы:

<b>Разработка автоматизированной системы управления разделителя жидкости на установке комплексной подготовки газа</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.05.2018 №3151/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018
--	------------

**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>	<p>Объектом исследования является разделитель жидкости на установке комплексной подготовки газа. Режим работы непрерывный.</p>
---	--

<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	Старший преподаватель ШИП Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Ассистент ИШХБМТ Невский Егор Сергеевич

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	26.02.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР	Семенов Н. М.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Толстикова Дмитрий Александрович		

**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  
 Уровень образования-бакалавр  
 Отделение автоматизации и робототехники  
 Уровень образования – бакалавр  
 Период выполнения – весенний семестр 2018 учебного года

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018 г.	Основная часть	60
04.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
04.05.2018 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР	Семенов Н. М.			

СОГЛАСОВАНО:

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

## Реферат

Пояснительная записка содержит 80 страниц машинописного текста, 23 таблицы, 16 рисунков, 1 список использованных источников из 18 наименований, 9 приложений.

Объектом исследования является разделитель жидкостей.

Цель работы – разработка автоматизированной системы «Блока подготовки газа (разделитель жидкостей) установки комплексной подготовки газа (УКПГ)».

В данной выпускной квалификационной работе была разработана система контроля и управления технологическим процессом разделителя жидкостей на УКПГ на базе программируемого логического контроллера ОМС 8000 фирмы «ОРБИТ МЕРПЕТ» с применением SCADA-системы MasterSCADA 3.x.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить качество измерений и свести к минимуму число аварийных ситуаций.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

РАЗДЕЛИТЕЛЬ ЖИДКОСТИ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, АСУ ТП, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ПЛК, ПИД-РЕГУЛЯТОР, ЗАДВИЖКА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ, SCADA-СИСТЕМА.

## Содержание

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	9
Введение.....	11
1 Техническое задание .....	12
1.1 Задачи и цели создания АСУ ТП .....	12
1.2 Назначение системы.....	12
1.3 Требования к техническому обеспечению.....	13
1.4 Требования к метрологическому обеспечению.....	13
1.5 Требования к программному обеспечению .....	14
1.6 Требования к информационному обеспечению .....	14
2. Основная часть.....	16
2.1. Описание технологического процесса .....	16
2.2 Разработка структурной схемы АС .....	18
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	20
2.4 Разработка схемы информационных потоков .....	20
2.5 Выбор программно-технических средств АС.....	22
2.5.1 Выбор датчиков .....	23
2.5.1.1 Выбор расходомера .....	23
2.5.1.2 Выбор датчиков давления.....	24
2.5.1.3 Выбор датчика температуры .....	26
2.5.1.4 Выбор уровнемера.....	28
2.5.1.5. Выбор влагомера .....	29
2.5.2 Выбор исполнительных механизмов.....	30
2.5.2.1 Выбор регулирующего клапана .....	30
2.5.2.2 Выбор регулятор асинхронного двигателя .....	33
2.5.3 Выбор контроллерного оборудования.....	34
2.5.4 Разработка схемы внешних проводок .....	39

2.5.5	Выбор алгоритмов управления АС.....	39
2.5.5.1	Алгоритм пуска/остановка и сбора данных измерений.....	39
2.5.5.2	Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром .....	40
2.5.6	Экранные формы АС разделителя жидкостей УКПП .....	42
2.5.6.1	Разработка дерева экранных форм.....	43
2.5.6.2	Разработка экранных форм АС .....	44
2.5.6.3	Главное меню .....	44
2.5.6.4	Область видеокadra.....	45
3.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....	47
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	47
3.1	Анализ конкурентных технических решений.....	47
3.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	50
3.3	Бюджет научно-технического исследования .....	53
3.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	57
4.	Социальная ответственность.....	62
4.1.	Датчики.....	63
4.2.	Связь контроллера и оператора.....	67
4.3.	Интерфейс .....	67
	Заключение.....	69
	Список используемых источников .....	70



## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной выпускной квалификационной работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

**измерительные каналы (ИК)** – это совокупность технических средств отдельной измерительной системы, которая предназначена для выполнения функции, зависящей от восприятия измеряемой величины до полученного результата многочисленных измерений, что выражается численно или соответствующим числом кодом;

**нормальные условия (НУ)** – физические условия, определяемые давлением  $p = 101325$  Па (нормальная атмосфера) и температурой  $273,15$  К ( $0$  °С), при которых объем 1 моля идеального газа  $V_0 = 2,24136 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>;

**обводненность газа** – содержание воды в газожидкостной смеси, определяемое как отношение дебита воды к сумме дебитов газа и воды;

**байпас** – резервный путь, запасной маршрут для непрерывного обеспечения функционирования системы при возникновении аварийной ситуации;

**адаптируемость** – совокупность свойств программного средства, характеризующая возможности его адаптации для функционирования в различных заданных средах без приложения действий или средств, дополнительных по отношению к тем, которыми для этой цели обеспечено само рассматриваемое программное средство;

**термопара** – устройство, содержащее спай двух разнородных металлов (полупроводников), на свободных несспаянных концах которых возникает термо-ЭДС, зависящая от разности температур спаиваемых и свободных концов;

**воспроизводимость** – это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в разное время, в различных местах) по данной методике. Воспроизводимость характеризуется относительным средним квадратическим отклонением.

**SCADA** – аббревиатура от английского Supervisory Control and Data Acquisition, что переводится как «сбор данных и диспетчерское управление».

**УКПГ:** установка комплексной подготовки газа;

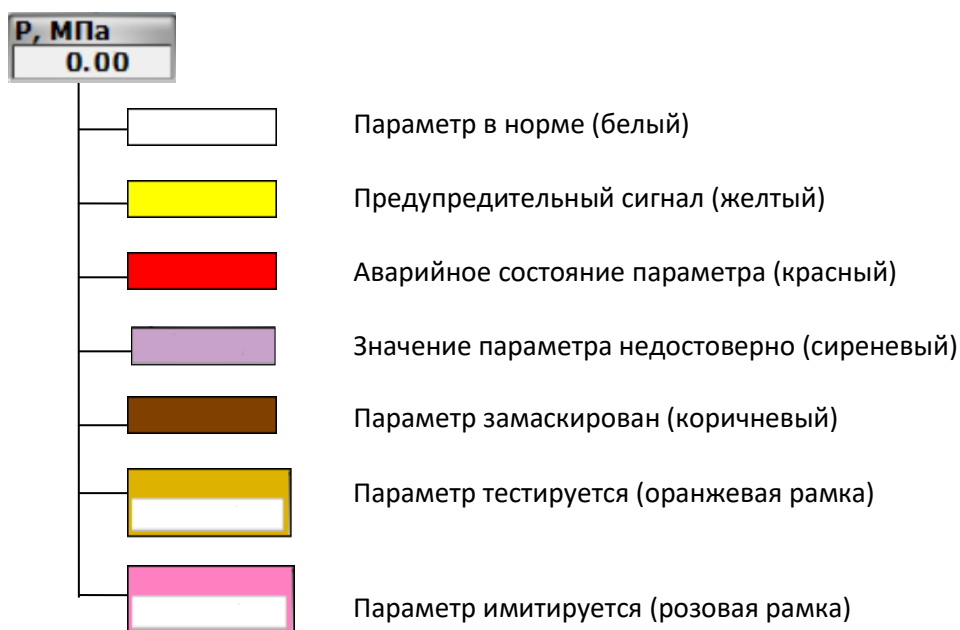
**ЗПА:** запорно-переключающая арматура;

**ГЖС:** газожидкостная смесь;



**ОУ:** объект управления;

**ТП:** технологический процесс;





**АСУ:** автоматизированная система управления.





Индикатор аварии:

-  – Отсутствие аварии (ярко-зелёный);
-  – Наличие аварии (красный).

Режимы управления регулирующим клапаном:

-  – Режим управления **Автоматический** (белый);
-  – Режим управления **Ручной** (желтый);
-  – Режим управления **Местный** (синий);
-  – Режим управления **Ремонт** (коричневый).

Состояние концевого выключателя открытия/закрытия:

-  – Сработал (ярко-зеленый);
-  – Не сработал (желтый).

## Введение

В настоящее время в мире существует большая потребность в энергоресурсах, в том числе и экологически чистых видах энергии и топлива. При эксплуатации действующих установок промышленной подготовки газа и газового конденсата (УКПГ) постоянно возникают технологические проблемы, обусловленные в первую очередь выработкой газоконденсатного месторождения, изменением компонентного состава пластовой смеси, требованиями к качеству товарной продукции и т.п. Наиболее эффективным решением этих проблем является применение автоматизированных систем управления технологическими процессами.

В настоящей ВКР необходимо осуществить модернизацию автоматизированной системы «Блока подготовки газа (разделитель жидкостей) установки комплексной подготовки газа (УКПГ)», а именно системы автоматического управления горизонтальным разделителем жидкостей, который представляет собой горизонтальную цилиндрическую емкость.

Выполнение данной выпускной квалификационной работы позволит достичь увеличения качества подготавливаемого газа, повышения компетенции инженерно-технического персонала, повышения безопасности технологического процесса, а также снижения технико-экономических затрат на производстве.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Задачи и цели создания АСУ ТП**

АСУ ТП реализуются следующие задачи:

- осуществление централизованного контроля и управления технологическим процессом разделителя жидкостей;
- предупреждение и предотвращение аварийных ситуаций на производстве;
- повышение эффективности технологических процессов разделителя жидкостей.

Целями создания АСУ ТП являются:

- стабилизация параметров технологического процесса;
- увеличение объёма производимой продукции;
- снижение технико-экономических затрат;
- увеличение качества подготавливаемого газа;
- повышения компетенции инженерно-технического персонала;
- повышение безопасности технологического процесса.

### **1.2 Назначение системы**

АСУ ТП предназначена для:

- осуществления стабилизации заданных режимов технологического процесса посредством сбора информации о состоянии технологического процесса, её обработки, визуализации, и выдачи необходимых управляющих воздействий на исполнительную арматуру в режиме реального времени;
- анализа хода технологического процесса, предупреждения аварийных ситуаций и предотвращение аварий посредством переключения технологических узлов в безопасное состояние;

- предоставления административно-техническому производственному персоналу необходимой информации о ходе технологического процесса.

### 1.3 Требования к техническому обеспечению

Комплекс технических средств АС должен быть достаточным для выполнения всех автоматизированных функций АС.

Технические средства, устанавливаемые на открытых площадках, должны быть устойчивыми к воздействию температур от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом их степень защиты от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

В программно-техническом комплексе АС должна существовать возможность развития системы, а именно должен обеспечиваться резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Измерительное и исполнительное оборудование, используемое в системе, должно отвечать требованиям взрывобезопасности. При выборе датчиков следует отдавать предпочтение приборам с искробезопасными цепями.

Контроллерное оборудование должно иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода.

### 1.4 Требования к метрологическому обеспечению

Измерительные каналы (ИК) системы должны обеспечивать передачу информации с нормируемой точностью. В качестве метрологической характеристики, которая подлежит нормированию, принимается предел допускаемой погрешности канала измерения в нормальных условиях (НУ).

Требуемые нормы погрешности измерения основных параметров технологического процесса приведены в таблице 1.

Таблица 1– Требования к погрешности каналов измерения

Измеряемый параметр	Значение погрешности
Температура (разность температур)	$\pm 1,0\%$
Давление (разность давлений)	$\pm 1,0\%$

Уровень	$\pm 10$ мм
Расход	$\pm 2,0$ %
Обводненность	$\pm 1,0$ %

### 1.5 Требования к программному обеспечению

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

Программное обеспечение АС должно обладать следующими свойствами:

- функциональная достаточность (полнота);
- надежность (в том числе восстанавливаемость, наличие средств выявления ошибок);
- адаптируемость;
- модифицируемость;
- модульность построения;
- удобство эксплуатации.

### 1.6 Требования к информационному обеспечению

В состав информационного обеспечения должны входить следующие категории данных:

- текущие значения технологических параметров, поступающих в систему в результате опроса датчиков и первичной переработки информации;
- усреднённые или сглаженные за определенные периоды времени значения переменных;

- границы переменных различных уровней, настройки алгоритмов управления, информация привязки программного обеспечения к конкретному объекту;

- тексты программ и загрузочные модули.

Для обмена информацией в рамках распределённой Системы должна быть создана база данных, обеспечивающая доступ к данным с локальных элементов сети, которыми являются:

- периферийные микропроцессорные устройства – подсистемы управления или контроллеры;

- многофункциональные операторские станции, автоматизированные рабочие места (АРМ);

- инженерная станция.

Для удобства работы технологов-операторов с большими объемами разнообразной информации, и для выработки соответствующих стереотипов взаимодействия с системой, информационное обеспечение Система должна быть структурирована и иметь иерархическую организацию.

## 2. Основная часть

### 2.1. Описание технологического процесса

Функциональная схема разделителя жидкостей приведена в приложении

А.

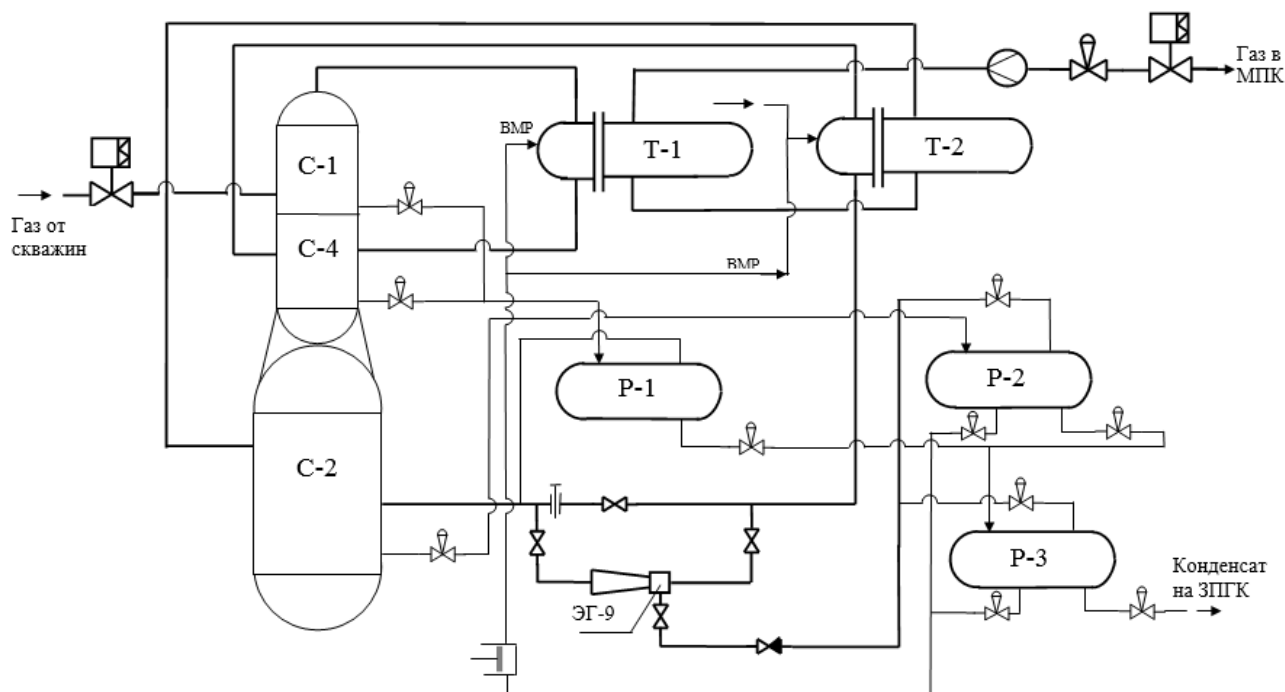


Рис. 1 – Принципиальная технологическая схема УКПГ

Газ из коллектора запорно-переключающей арматуры (ЗПА) поступает в первичный сепаратор С-1, где происходит отделение капельной жидкости и механических примесей. Жидкая фаза (нестабильный конденсат и водометанольный раствор) поступает в трехфазный разделитель Р-1.

Очищенный от капельной влаги и механических примесей газ из первичного сепаратора С-1 направляется в теплообменник Т-1, где охлаждается за счет холода обратного потока газа, идущего по межтрубному пространству. В теплообменнике Т-1 предусматривается возможность подачи метанола. Из теплообменника Т-1 газ поступает в промежуточный сепаратор С-4, где от газа отделяется выделившийся при охлаждении конденсат и водометанольный раствор (ВМР). Жидкость из С-4 выводится в разделитель Р-1.



Далее газ из С-4 проходит трубное пространство теплообменника Т-2, где охлаждается за счет холода обратного потока газа из низкотемпературного сепаратора С-2.

Перед теплообменником Т-2 (и непосредственно в него) предусматривается подача метанола. Для регулирования тепловых режимов работы технологической линии используются байпасы (по сухому газу) теплообменников Т-1 и Т-2. Из теплообменника Т-2 охлажденный газ дросселируется на регулируемом штуцере (или на эжекторе) и охлаждается за счет дроссель-эффекта.

Далее газ поступает в низкотемпературный сепаратор С-2, где от него отделяется жидкая фаза (углеводородный конденсат и водный раствор метанола). Жидкость из сепаратора С-2 через фильтр, клапан-отсекатель и клапан-регулятор уровня поступает в разделитель Р-2.

Осушенный газ из низкотемпературного сепаратора С-2 проходит по межтрубному пространству теплообменников Т-2 и Т-1, где нагревается и поступает в блок хозрасчетного замера. Далее, в холодное время года, газ может направляться в аппарат воздушного охлаждения (АВО), а в летний период осушенный газ, минуя АВО, выводится непосредственно во внутрипромысловый газовый коллектор.

Давление газа в технологической нитке установки низкотемпературной сепарации (НТС) поддерживается регулятором давления, установленном в узле хозрасчетного замера газа (УЗГ).

Согласно технологическому проекту, углеводородный конденсат в смеси с ВМР из сепараторов С-1 и С-4 объединяется и подается в два параллельно работающих разделителя Р-1, в которых происходит разделение конденсата и газа от насыщенного метанола и выветривание растворенного в жидкости газа. Насыщенный метанол выводится из каждого разделителя Р-1. Углеводородный конденсат, в смеси с метанолом из низкотемпературного сепаратора С-2, поступает в разделитель Р-2, где происходит отделение конденсата от насыщенного метанола и выветривание растворенного в жидкости газа.

Насыщенный метанол из Р-1 и Р-2 объединяется и общим потоком подается на установку стабилизации конденсата.

## 2.2 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является разделитель жидкостей. В емкости осуществляется замер уровня газожидкостной смеси (ГЖС), температуры, давления и уровня раздела фаз, а также давления, обводненности и расхода (в трубопроводах). Исполнительными устройствами являются задвижки с электроприводом.

Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой.

Трехуровневая структура АС приведена в приложении Б.

Нижний уровень системы составляют датчики, устройства измерения технологических параметров, приводы и исполнительные устройства, установленные на технологическом оборудовании и предназначенные для сбора первичной информации и реализации исполнительных воздействий. Этот уровень называют уровнем ввода-вывода (I/O) или полевым (Field) уровнем. Устройства полевого уровня могут быть интеллектуальными, в этом случае обмен информацией с ними может осуществляться непосредственно по сети передачи данных.

Следующий уровень системы – программируемые контроллеры. Они выполняют функцию непосредственного автоматического управления технологическими процессами. Управление исполнительными механизмами осуществляется по определенным алгоритмам путем обработки данных о состоянии технологических параметров, полученных посредством измерительных приборов. Этот уровень получил наименование уровня непосредственного управления (Control).

Серверы технологических данных и автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов технологического оборудования образуют так называемую SCADA-систему, верхний уровень АСУ ТП.

Серверы обеспечивают работу SCADA-системы, поддерживая протокол обмена данными с технологическими устройствами (контроллерами, интеллектуальными датчиками и исполнительными механизмами) и протокол работы с сетью персональных компьютеров. Основными функциями SCADA-систем являются:

- сбор, первичная обработка и накопление информации о параметрах технологического процесса и состоянии оборудования от промышленных контроллеров и других цифровых устройств, непосредственно связанных с технологической аппаратурой;
- отображение информации о текущих параметрах технологического процесса на экранах АРМ операторов и технического персонала в виде графических мнемосхем;
- отображение графиков текущих значений технологических параметров в реальном времени за заданный интервал;
- операторское управление технологическим процессом;
- обнаружение критических (аварийных) ситуаций;
- вывод на экраны АРМ операторов технологических и аварийных сообщений;
- архивирование истории изменения параметров технологического процесса;
- предоставление данных о параметрах технологического процесса для их использования в системах управления предприятием.

В соответствии с современной идеологией основные задачи управления решаются на нижних уровнях системы, что позволяет повысить быстродействие системы и разгрузить вычислительную сеть от передачи излишней информации. На верхние уровни управления возлагаются только те задачи, для выполнения которых вычислительные средства нижних уровней не приспособлены, например, отображение текущего состояния автоматизируемого производства, работа с большими базами данных (БД), документальное сопровождение деятельности предприятия и т.д.

### **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации — это технический документ, в котором определена функционально-блочная структура оснащения объекта управления (ОУ) аппаратно-техническими средствами автоматизации.

Все элементы систем управления на функциональной схеме автоматизации изображаются в виде условных изображений и объединяются линиями функциональной связи.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса были решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и аппаратно-технических средств;
- задача управления технологическим процессом и стабилизации технологических параметров;
- задача регистрации технологических параметров процессов.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям, ГОСТ 21.408–13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» и приведена в приложении В. На схеме выделены каналы измерения (1,2,4,6-10,12) и каналы управления (3,11). Контур 2-3 реализует автоматическое поддержание давления на выходе насоса.

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

Схема информационных потоков, приведена в приложении Г. Она включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне представляются данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов устройств ввода/вывода, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является одновременно приемником и источником данных от внешних систем. На этом уровне ПЛК формирует пакетные потоки информации из данных собранных на нижнем уровне.

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

- уровень в разделителе жидкостей P-1, мм;
- уровень раздела фаз, мм;
- давление газа на входе разделителя жидкостей P-1, МПа;
- обводнённость входящего газа, %;
- качество сливаемой промывочной воды, %;
- температура газа в разделителе жидкостей P-1, °С;
- давление в разделителе жидкостей P-1, МПа;
- давление газа на выходе из разделителя жидкостей P-1, МПа
- обводнённость готового газа, %;
- расход готового газа, м<sup>3</sup>/ч.

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

AAA\_BBB\_CCCC,

где:

1. AAA – параметр, состоящий из 3-х символов, который принимает следующие значения:

- URV – уровень;
- DAV – давление;
- TRM – температура;
- FLO – расход;
- OBV – обводнённость;

2. ВВВ – код технологического аппарата (или объекта), содержащий 3 символа:

- RZD – разделитель;
- INP – трубная обвязка, подходящая к разделителю P-1;
- OUT – трубная обвязка, отходящая от разделителя P-1.

3. СССС – уточнение, включающее не более 4 символов:

- DIAP – в рамках рабочего диапазона;
- HIGH – верхнее предельное значение;
- LOW – нижнее предельное значение.

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

Перечень всех вход/выходных сигналов, приведён в приложении Д.

Верхний уровень представляет собой базы данных КИС и АСУ ТП. Информация для операторов АРМ структурируется наборами экранных форм. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML.

## **2.5 Выбор программно-технических средств АС**

Выбор программно-технических средств реализации проекта АС включает в себя: проведение анализа вариантов, непосредственный выбор компонентов АС и проведение анализа их совместимости.

В состав программно-технических средств АС разделителя жидкостей входят:

- измерительные устройства – осуществляющие сбор информации о ходе ТП;
- исполнительные устройства – преобразующие электрическую энергию в иные виды физических величин для осуществления воздействия на ОУ;

- контроллерное оборудование – выполняющее задачи вычисления и логические операции.

## 2.5.1 Выбор датчиков

### 2.5.1.1 Выбор расходомера

Для измерения расхода были рассмотрены OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE, Endress Hauser Prowirl 72 F и SITRANS FX300. В итоге выбран вихревой расходомер OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE (Рис. 2).

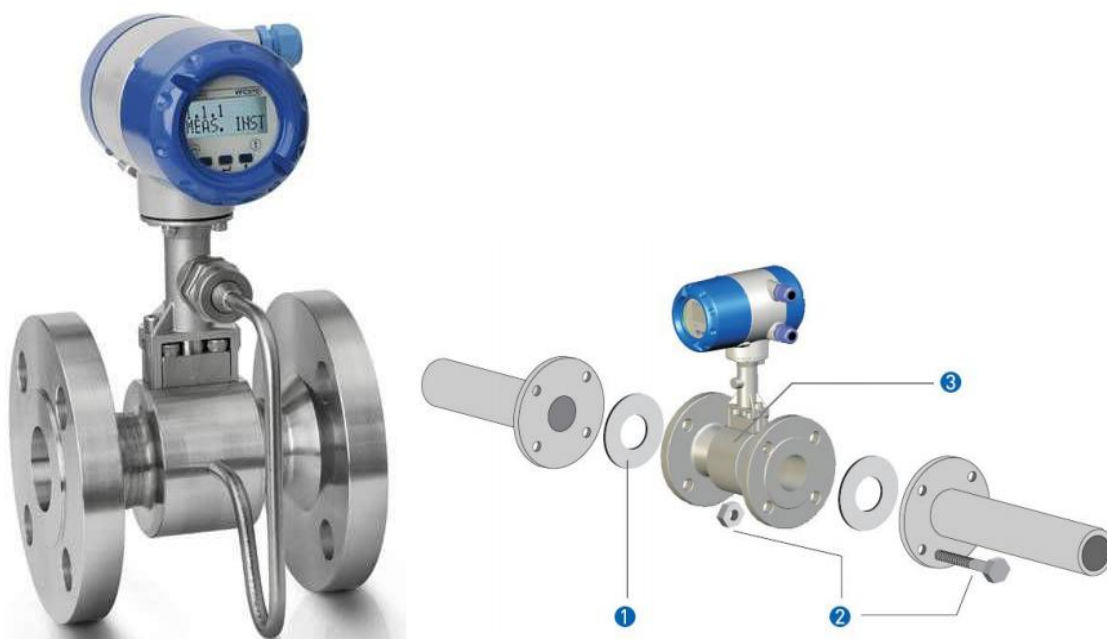


Рис. 2 – Расходомер OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE

Вихревые расходомеры предназначены для измерения объемного расхода газов, пара и жидкостей в заполненных продуктом трубопроводах. Принцип действия вихревых расходомеров основан на вихревой дорожке Кармана [10]. В измерительной трубке такого расходомера предусмотрено тело обтекания, создающее вихри. Частота вихреобразования ( $f$ ) пропорциональна скорости потока ( $v$ ). Безразмерное число Струхала описывает отношения между частотой вихреобразования ( $f$ ), шириной тела обтекания ( $b$ ) и средней скоростью потока ( $v$ ). Принципы измерения: частота вихреобразования записывается в первичном преобразователе и далее анализируется электронным конвертером прибора.

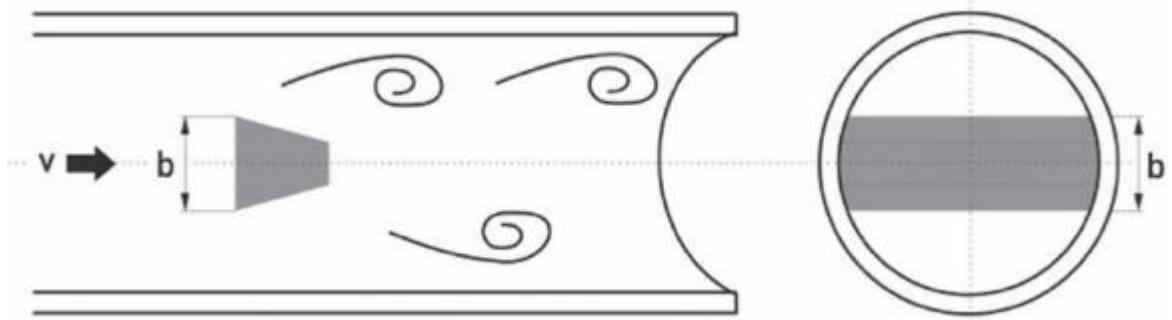


Рис. 3 – Принцип действия расходомера

### Основные технические характеристики расходомера OPTISWIRL

4070:

- Принцип действия: вихревая дорожка Кармана,
- Температура окружающей среды:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$   $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$  (для взрывозащищенных версий),
- Погрешность:  $\pm 1,0\%$  при  $Re \geq 20\ 000$  для газов и пара;  $\pm 2,0\%$  при  $10\ 000 \leq Re \leq 20\ 000$  для жидкостей, газов и пара,
- Температура продукта:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$   $+240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- Измеряемые продукты: жидкости, газы и пар,
- Рабочее давление:  $\leq 10$  МПа,
- Сенсор: нержавеющая сталь 1.4404 / 316L; 1.4539,
- Фланцевое исполнение: от DN15 до DN300; от 12,7 мм до 304,8 мм,
- Напряжение питания: 14...30 В постоянного тока,
- Выходной сигнал: 4...20 мА/HART®,
- Взрывозащищённое исполнение: есть.

#### 2.5.1.2 Выбор датчиков давления

Выбор датчика давления проходил из следующих вариантов приборов: датчик давления GHM серии S10, датчик давления EGE-Elektronik серии DN 752 и преобразователь давления JUMO dTRANS p20. В результате был выбран преобразователь давления JUMO dTRANS p20 (Рис. 4). Выбор основан на показателях надежности, стоимости датчика, а также типу выходного сигнала и типу защиты.



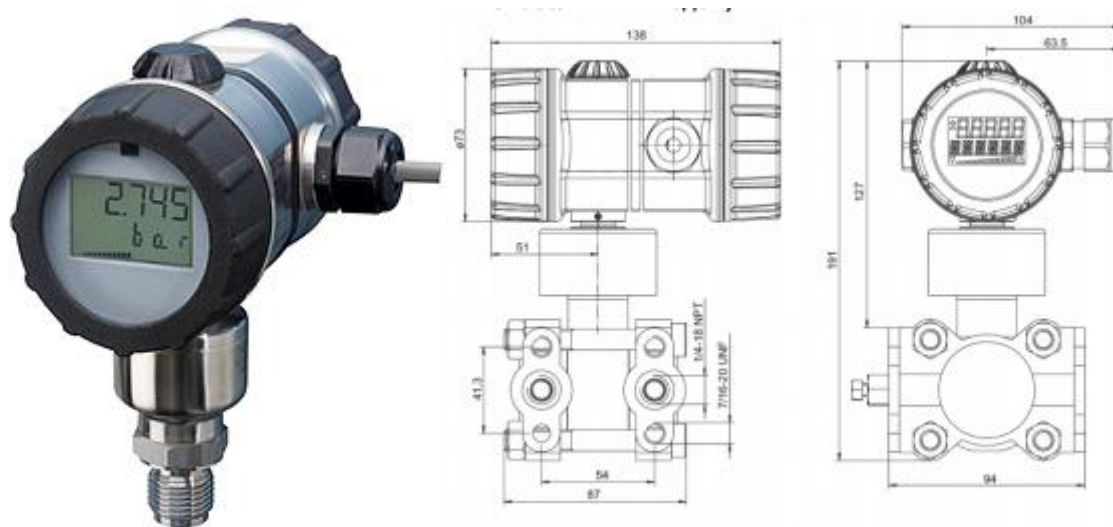


Рис. 4 – Преобразователь давления JUMO dTRANS p20

Преобразователь давления JUMO dTRANS p20 с интерфейсом HART объединяет в себе высочайшую точность и простоту управления. Он служит для измерения относительного и абсолютного давлений газов, паров и жидкостей. Встроенный ЖК-дисплей отображает измеряемую величину и данные прибора. В искробезопасном исполнении «Ex ia» прибор может монтироваться до зоны 0.

Корпус и сенсоры изготовлены из высококачественной нержавеющей стали. Для применений с повышенными гигиеническими требованиями в распоряжении имеются различные подключения заподлицо, в том числе и сертифицированная EHEDG система подключения РЕКА.

Для измерения давления сред с повышенной температурой существуют специальные высокотемпературные исполнения до 200°C.

Для специальных применений имеется возможность подключения к различным мембранным разделителям.

Измерительный преобразователь является программируемым, это позволяет оптимально настраивать его для решения различных измерительных задач. Для настройки через интерфейсы имеется удобная setup-программа (опция). Ручное управление по месту легко и быстро осуществляется с помощью поворотной кнопки.

## Основные технические характеристики датчика давления JUMO dTRANS p2:

- Сенсор: мембрана из нержавеющей стали, пьезорезистивный принцип измерения;
- Диапазоны измерения:
  - -0,06...0,06; -0,1...0,4 / 2,5 / 10 / 60 МПа (отн. давления);
  - 0... 0,06 / 0,4 / 2,5 / 10 МПа (абс. давления);
- Перенастройка диапазона измерений: до 100:1,
- Выходной сигнал: 4-20 мА или 4-20 мА + HART,
- Погрешность: 0,5%; 0,2%; 0,1%; 0,07% (спец. калибровка),
- Межповерочный интервал: до 4 лет,
- Температура измеряемой среды: -40...+120°C или -40...+200°C,
- Температура окружающей среды: -50...+85°C,
- Конструктивное исполнение:
  - стандартное, IP 67;
  - искробезопасное (Ex ia), IP 66;
- Корпус: из нерж. стали, модульная конструкция, стандартное или компактное исполнение, с поворотной кнопкой управления и с ЖК-дисплеем (или без них),
- Подключение к процессу: штуцер с резьбой M20x1,5 / G ½" / ½" NPT мембранный разделитель по DIN/ANSI.

### 2.5.1.3 Выбор датчика температуры

Выбор датчика температуры проходил из следующих вариантов приборов: ДТСхх5 ОВЕН, JUMO 90.1820 и WIKA типа Pt100. В результате в качестве датчиков температуры был выбран термоэлемент JUMO 90.1820 (Рис. 5). Выбор основан на стоимости датчика, при этом он обладает необходимым выходным сигналом 4-20 мА с протоколом HART, при этом имеются искробезопасное и взрывобезопасное исполнение.

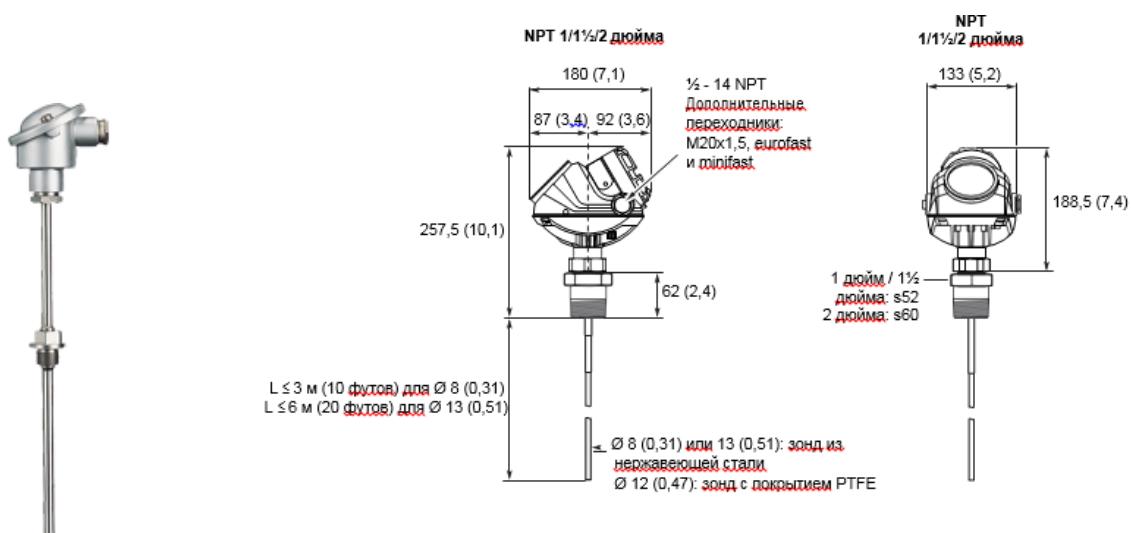


Рис. 5 – Датчик температуры JUMO 90.1820

Термоэлемент для технологических процессов (химическое оборудование, нефтехимия, сосуды под давлением и т.д.) используется для измерения температуры в жидких и газообразных средах.

Термоэлемент состоит из защитной арматуры с различными присоединениями к процессу, присоединительной головки и сменной измерительной вставки. Защитная арматура изготовлена с учетом требований к сосудам, работающим под давлением. В измерительной вставке используются термопары типов «J», «L» и «K» согласно DIN EN 60 584 класс 2 (по запросу возможен класс 1) и DIN 43710, а также ХК (хромель-копель) по ГОСТ 1790-77.

Для передачи измеренных значений с помощью унифицированного сигнала 4...20 мА или через HART ® возможна установка программируемого измерительного преобразователя в искробезопасном исполнении Ex ia ПС.

Для измерения температуры во взрывоопасных зонах поставляются исполнения с искробезопасной цепью Ex ia ПС и /или во взрывонепроницаемой оболочке EExd ПС.

### Основные технические характеристики датчика температуры JUMO 90.1820:

- Диапазон измеряемых температур:  $-200 \dots +600^{\circ}\text{C}$ ,
- Температура окружающей среды:  $-50 \dots +60^{\circ}\text{C}$ ,

- Присоединительные головки формы А, В, ВUZ, ВUZH, ВEGF и XD-AD,
- Выходной сигнал: 4...20мА/HART ®,
- Защитная трубка: нержавеющая сталь 1.4571, сталь 1.4749 и 1.4841, титан, тантал, инконель, хастеллой Ø 9, 11, 15, 22 и 24 мм,
- Исполнения со встроенным ЖК индикатором в головке формы ВUZH, XD-A., XD-S,
- Виды взрывозащиты: Ex ia IIC T1...T6 или Exd [ia] IIC T1...T6, или EEx d ia IIC T1...T6.

#### 2.5.1.4 Выбор уровнемера

Выбор уровнемера проходил из следующих вариантов приборов: OPTIFLEX 4300 С Marine, Rosemount 5600 и TORRIX. В результате был выбран радарный уровнемер (TDR) OPTIFLEX 4300 С Marine компании KROHNE (Рис. б). Выбор основан на показателях стоимости, принципу действия, выходному сигналу.

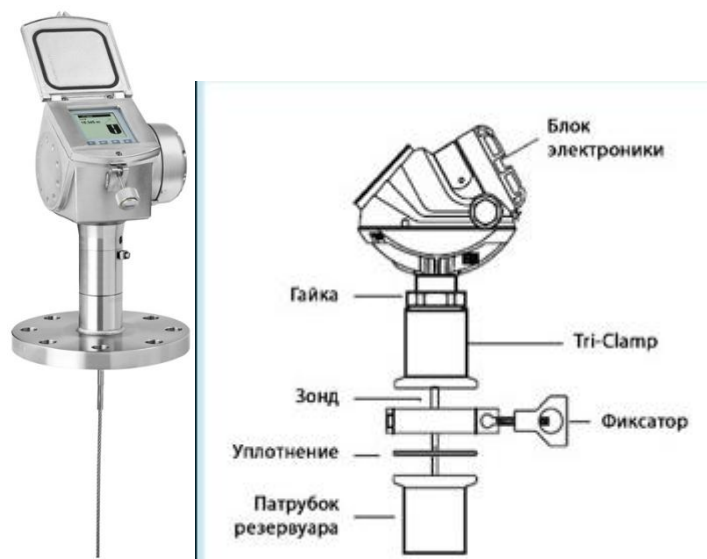


Рис. 6 – Радарный уровнемер OPTIFLEX 4300 С Marine

Уровнемеры OPTIFLEX предназначены для контактного измерения уровня раздела фаз жидкостей, паст, шламов, пульпы и различных сыпучих материалов.

Принцип работы уровнемеров OPTIFLEX основан на методе импульсной рефлектометрии (TDR, Time-Domain Reflectometer): по волноводу посылают зондирующий импульс и измеряют интервал времени двойного пробега этого импульса до места неоднородности волнового сопротивления (границы раздела веществ с разной диэлектрической проницаемостью).

### **Основные технические характеристики уровнемера OPTIFLEX 4300 C Marine:**

- Диапазон измерений уровня: 10...20000 мм,
- Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня до 10 м:  $\pm 3$  мм
- Разрешающая способность: 1 мм,
- Воспроизводимость:  $\pm 1$  мм,
- Температура окружающей среды: - 40 до + 80 °С,
- Давление измеряемой среды: от - 0,1 до + 10,0 МПа,
- Температура на фланце прибора: от - 40 до +200 °С
- Номинальное напряжение питания постоянного тока: 24 В,
- Аналоговый выход: 4 ÷ 20 мА/ HART,
- Взрывозащищённое исполнение: есть.

#### **2.5.1.5. Выбор влагомера**

Выбор влагомера проходил из следующих вариантов датчиков: FIZEPR-SW100.20, JUMO 907025/64 и BOECH. В результате был выбран влагомер JUMO 907025/64 (Рис. 7). Данный выбор основан согласно техническому заданию по виду выходного сигнала, виду защиты, погрешности, а также стоимости.



Рис. 7 – Искробезопасный измерительный преобразователь относительной влажности JUMO 907025/64

Новые промышленные измерительные преобразователи в искробезопасном исполнении были разработаны специально для точного и безопасного определения относительной влажности в потенциально взрывоопасных зонах. Данная серия является принципиально новым стандартом, сочетающим в себе простоту монтажа и удобную эксплуатацию.

Модульная конструкция, состоящая из четырех отдельных частей (настенный кронштейн, нижняя часть корпуса, электронный модуль и датчики), существенно упрощает монтаж, эксплуатацию и техническое обслуживание. Универсальное использование практически для всех применений возможно с использованием до 5 сменных датчиков.

Все калибровочные коэффициенты хранятся в памяти датчика и считываются центральным процессором в момент присоединения, что исключает необходимость производить повторную калибровку датчика при его замене.

### **Основные технические характеристики искробезопасного измерительного преобразователя относительной влажности JUMO 907025/64:**

- Измерительный диапазон относительной влажности: 0 до 100 %,
- Погрешность измерения (включая нелинейность и воспроизводимость):  $\pm 1$  % (0 до 90 %) и  $\pm 2$  % (90 до 100 %),
- Диапазон рабочего давления: 0 ... 10 МПа,
- Диапазон измеряемых температур: -40 ... +180 °С,
- Выходной сигнал: 4...20 мА (2-проводная цепь),
- Длина кабеля: 2 м,
- Пылевлагозащита: IP65,
- Взрывозащищенное исполнение: есть.

#### **2.5.2 Выбор исполнительных механизмов**

##### **2.5.2.1 Выбор регулирующего клапана**

Пропускную способность клапана  $K_v$  (м<sup>3</sup>/час) рассчитывают по формуле:

$$Kv = Q_{\max} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}},$$

где  $\Delta p_0$  – потеря давления на клапане (ее принимают равной  $1 \text{ кгс/см}^2$ );

$\Delta p$  – изменение давления в трубопроводе до и после клапана;

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

$\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды (в соответствии с определением значения  $Kv$ ).

Пропускная способность клапана должна быть не менее  $304 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В соответствии зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер клапана к трубопроводу –  $D_y = 150 \text{ мм}$ .

В качестве регулирующего механизма будем использовать задвижку стальную клиновую фланцевую под электропривод 30с941нж фирмы «Нефтехимавтоматика» (Рис. 8).



Рис. 8 –Задвижка 30с941нж под электропривод

**Основные технические характеристики задвижки 30с941нж:**

- Рабочее давление в трубопроводе: 16 МПа,
- Тип соединения: фланцевое по ГОСТ 12815-80,

- Рабочая среда: вода, пар, водогазонефтяные смеси, газы, нефтепродукты, углеводороды,
- Присоединительный диаметр ( $D_y$ ): 150 мм,
- Температура рабочей среды: от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+425^{\circ}\text{C}$ ,
- Материал корпуса: углеродистая сталь,
- Способ управления: электропривод,
- Климатическое исполнение: У1.

Для управления клапана выбран электропривод промышленный Н-В 03 фирмы «Нефтехимавтоматика» (Рис. 9).



Рис. 9 – Электропривод промышленный Н-В 03

Электропривод линейного перемещения (механизм электрический прямоходный, МЭП) имеет механизмы на основе червячного редуктора и трапецеидальной передачи.

Усилие сжимающее или растягивающее. Червячное колесо и винтовая гайка изготовлены из особого пластика, позволяющего бесшумную эксплуатацию. Корпус из алюминиевого сплава; защитная труба из анодированного алюминия; шток из нержавеющей стали AISI 304 или из анодированного алюминия. Механизмы снабжены длительной смазкой и не требуют дополнительного обслуживания. Широкая сфера применения, в том числе в шиберных и дисковых задвижках.

**Основные технические характеристики привода Н-В 03:**

- Тип: многооборотный,
- Крутящий момент на выходном валу: 25...63 кгс·м/Нм,



- Частота вращения выходного вала: 24 об/мин,
- Мощность электродвигателя: 3,2 кВт,
- Напряжение питания: 380 В трёхфазного переменного тока (50 Гц),
- Взрывозащита: есть.

### 2.5.2.2 Выбор регулятор асинхронного двигателя

Выбор преобразователя исходил из danfoss VLT, Lenze 8200, Innovert.

Для управления электроприводом будем использовать преобразователь частоты Lenze 8200 TMD/TML (Рис. 10). Так как удовлетворяют техническим характеристикам по мощности, диапазона частоты, а также имеет функцию ПИД-регулирования, при этом стоимость ниже рассмотренных.



Рис. 10 – Преобразователь частоты Lenze 8200 TMD/TML

Частотные преобразователи серии TMD/TML от компании Lenze AC Tech простые и несложные в настройке частотники в классе векторных преобразователей.

Lenze 8200 TMD/TML предназначены для выполнения стандартных функций частотного привода:

- регулирование частоты;
- регулирование крутящего момента;
- регулирование числа оборотов;
- ПИД – регулирование.

Преобразователи частоты Lenze 8200 TMD/TML работают в диапазоне мощностей и напряжений:

- 1 фаза 180...265 В – от 0,25 до 2,2 кВт.
- 3 фазы 320...528 В – от 0,37 до 7,5 кВт.

Конструкция частотников TMD/TML обеспечивает степень защиты IP20, серия предназначена для установки внутри шкафов.

Виды управления TMD/TML электродвигателем:

- скалярное управление;
- скалярное квадратичное управление;
- векторное управление без датчика;
- частота от 1 до 16 кГц.

Задание скорости Lenze 8200 TMD/TML:

- 4 фиксированные скорости;
- пульт управления;
- потенциометр;
- аналоговое управление 0...10 В или 4...20 мА.

Задание крутящего момента Lenze 8200 TMD/TML:

- пульт управления;
- аналоговое управление 0...10 В или 4...20 мА.

### **2.5.3 Выбор контроллерного оборудования**

Для реализации среднего уровня рассмотрим несколько семейств ПЛК различных производителей.

Micro850 – семейство программируемых логических контроллеров фирмы Allen Bradley.

Micro850 спроектирован для вариантов применения, требующих дополнительные цифровые и аналоговые входы-выходы или аналоговые входы-выходы повышенной производительности.

Идеально пригоден для применения в условиях, где в максимальной степени будут использованы преимущества обмена данными через встроенные

коммуникационные порты EtherNet/IP (только для передачи сообщений), которые применяются в сопряжении с ПК, компонентными человеко-машинными интерфейсами PanelView, а также приводами Kinetix и PowerFlex.

Используется 24-точечный и 48-точечный форм-фактор, аналогичный Micro830, и отличающийся применением расширительного модуля ввода-вывода 2085 с возможностью подключения до 4 дополнительных модулей ввода-вывода, и встроенный коммуникационный порт EtherNet/IP.

ОМС 8000 – семейство программируемых логических контроллеров фирмы «ОРБИТ МЕРРЕТ».

ПЛК ОМС 8000 имеет модульную архитектуру. Базовым устройством контроллера является основной модуль (рис. 11), к которому можно подключать различные модули расширения – до тридцати одного. Модули можно разместить вместе с основным модулем ПЛК или на расстоянии до 40 метров от него. Связь между модулями осуществляется по интерфейсу CAN. Питание основного модуля 100...250 В либо 24 В постоянного или переменного тока – в зависимости от заказа.

Основной модуль имеет три цифровых входа, входное напряжение которых идентично напряжению питания прибора (до 30 В). Также имеется шесть универсальных входов с общим проводом, гальванически развязанных с выходами и источником питания. Универсальные входы обеспечивают подключение и обработку:

- импульсного сигнала до 30 В;
- сухого контакта, или NPN-транзистора с открытым коллектором;
- напряжения до 30 В;
- тока до 20 мА;
- термосопротивления Pt 1000, Ni 1000, Pt 100;
- термисторов с положительным температурным коэффициентом типа КТУ81-2хх;
- термопар типов В, Е, J, К, L, N, R, S, Т;
- сопротивления до 3,9 кОм.

SIMATIC S7-1200 – семейство программируемых логических контроллеров фирмы Siemens.

PLC SIMATIC S7-1200 – это новое семейство микроконтроллеров Сименс для решения самых разных задач автоматизации малого уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение. Они способны работать в реальном масштабе времени, могут использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения.

Программируемые контроллеры S7-1200 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работают в диапазоне температур от 0 до +50 °С. Они способны обслуживать от 10 до 284 дискретных и от 2 до 51 аналогового канала ввода-вывода. При одинаковых с S7-200 конфигурациях ввода-вывода контроллер S7-1200 занимает на 35% меньший монтажный объем. К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-1200 могут быть подключены коммуникационные модули (CM); сигнальные модули (SM) и сигнальные платы (SB) ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Совместно с ними используются 4-канальный коммутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) и модуль блока питания (PM 1207).

В основе автоматизированной системы управления будем использовать ПЛК OMC 8000 (Рис. 11). Так как по функционалу и необходимому объему автоматизации удовлетворяет в полной мере. При этом его цена в разы ниже, чем рассмотренных других.



Рис. 11 – ПЛК ОМС 8000

ПЛК ОМС 8000 – модульный программируемый логический контроллер. Главный модуль объединяет в себе расширенные возможности связи и обработки аналоговых сигналов, что позволяет самостоятельно решать широкий круг задач автоматизации процессов.

К главному модулю может быть подключено до 31 модуля расширения ввода/вывода через интерфейс CAN (Controller Area NetDIAP).

Главный модуль представлен в двух вариантах по напряжению питания: 80-250В AC/DC и 12-30В AC/DC. Главный модуль имеет 3 дискретных входа, которые активируются напряжением, равным напряжению питания, и 6 универсальных входов.

Шесть универсальных входов могут быть сконфигурированы для обработки следующих типов сигналов:

- Импульсный PNP до 30В DC,
- Импульсный, контактный NPN «открытый коллектор»,
- Аналоговый вольтовый до 20В DC,
- Аналоговый токовый до 20мА,
- Аналоговый Pt 1000, Ni 1000, Pt 100 (только два входа).

Одна пара может быть сконфигурирована под сигналы последовательного интерфейса RS-485 для связи с внешними устройствами. Универсальные сигналы могут быть использованы в качестве двух полных квадратурных каналов для соединения с квадратурными энкодерами.

Модули имеют 5 дискретных выходов и варьируются по типу выходов: реле или «открытый коллектор».

ПЛК OMC 8000 оборудован сетевым интерфейсом Ethernet 100 Base. Канал Ethernet используется для программирования контроллера, с его помощью контроллер может быть связан с другими ПЛК, устройствами человеко-машинного интерфейса и др.

Для отображения информации главный модуль оборудован цветным дисплеем TFT с разрешением 160x128 пиксел. В главном модуле предусмотрен разъем для установки съемной карты памяти MicroSD.

ПЛК OMC 8000 выполнен на основе 32-разрядного микропроцессора ARM Cortex M3 с архитектурой ARMv7. Управление осуществляется встроенной операционной системой ProConOS eCLR v.3.0.0.

Для программирования ПЛК OMC 8000 используется программа Multiprog 5.35 (KW-Software), снабжаемая библиотеками, включающими специализированные функции от ORBIT MERRET.

Основные технические характеристики главного модуля контроллера OMC 8000:

- Напряжение питания: 24 В DC,
- Входы дискретные: 3 входа: 12...30В DC,
- Входы универсальные: 6 аналоговых/универсальных дискретных,
- Вычислительная мощность: 0.1 мкс, 12 мкс (СЛОВО), 18 мкс (плавающая десятичная точка),
- Визуализация: цветной дисплей TFT,
- Связь: Ethernet 100Base, RS-485,
- Внутренняя шина: CanBUS,
- Часы реального времени: электрическая цепь управления временем и записью данных,
- Карта microSD: 35 ГБ,
- Потребляемая мощность: макс. 5 ВА,
- Рабочая температура: -20...+60 °С,
- Степень защиты: IP40.

## **2.5.4 Разработка схемы внешних проводок**

Схема внешних проводок, приведена в приложении Е. Первичные и внештотные приборы включают в себя расходомеры OPTISWIRL 4070, датчики давления JUMO dTRANS p20, датчик температуры JUMO 90.1820, уровнемер OPTIFLEX 4300 C Marine, влагомер JUMO 907025/64.

Для передачи сигналов от расходомеров, датчиков давления, датчика температуры, уровнемера и влагомера на щит КИПиА используются по три провода. В качестве кабеля выбран КВВГЭнг.

КВВГЭнг – это кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом. Он служит для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В, при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены.

## **2.5.5 Выбор алгоритмов управления АС**

В настоящей выпускной квалификационной работе были разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений;
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

Для представления алгоритма сбора данных были использованы правила ГОСТ 19.002.

### **2.5.5.1 Алгоритм пуска/остановка и сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня газожидкостной смеси в разделителе жидкостей. Алгоритм пуска/остановка и сбора данных канала измерения уровня в разделителе жидкостей Р-1 представлен в приложении Ж.

### 2.5.5.2 Алгоритм автоматического регулирования технологического параметра

В процессе работы УКПГ необходимо поддерживать давление в трубопроводе нагнетательного коллектора. В качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление газожидкостной смеси во входном коллекторе. Оно не должно превышать заданного уровня, в соответствии с условиями прочности трубопровода, и не должно опускаться ниже заданного уровня, в соответствии с условиями кавитации в трубопроводах.

В основе алгоритма регулирования будет лежать алгоритм ПИД-регулирования, который позволяет обеспечивать достаточное качество регулирования, с малым временем переходного процесса и высокую нечувствительность к внешним возмущениям.

Структурная схема автоматического регулирования давления в трубопроводе входного коллектора состоит из следующих компонентов: задающее воздействие, ПЛК с ПИД-регулятором, исполнительный (регулирующий) механизм, объект управления (трубопровод).

Функциональная схема системы стабилизации давления в трубопроводе, приведена на рисунке 12.

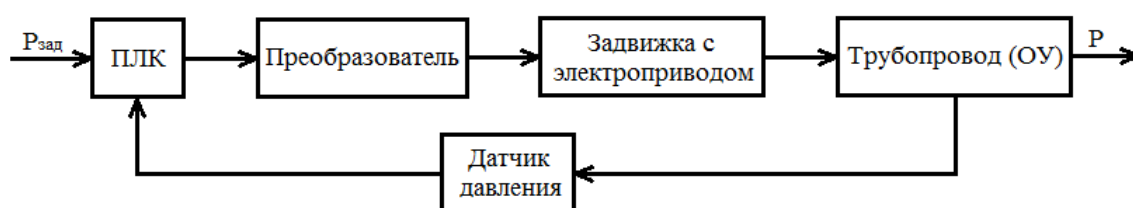


Рис. 12 – Функциональная схема системы стабилизации давления

Объект управления – участок трубопровода после насосного агрегата.

С панели оператора задается величина требуемого давления, которую необходимо поддерживать в трубопроводе. После чего эта величина приводится к унифицированному токовому сигналу 4-20 мА и передаётся на ПЛК. На входы ПЛК также приходит значение с датчика давления. Данные параметры сравниваются, в результате чего формируется выходной токовый



сигнал. Этот сигнал подается на частотный преобразователь, на выходе которого в соответствии с принятым сигналом изменяется частота напряжения питания электропривода задвижки. Задвижка с электроприводом преобразует электрическую энергию в поступательное движение штока задвижки, в результате чего происходит изменение давления в трубопроводе.

В процессе управления объектом необходимо поддерживать давление на выходе, равное 6 МПа.

Модель структурной схемы автоматического регулирования в пакете программ Matlab в среде Simulink приведена на рисунке 13.

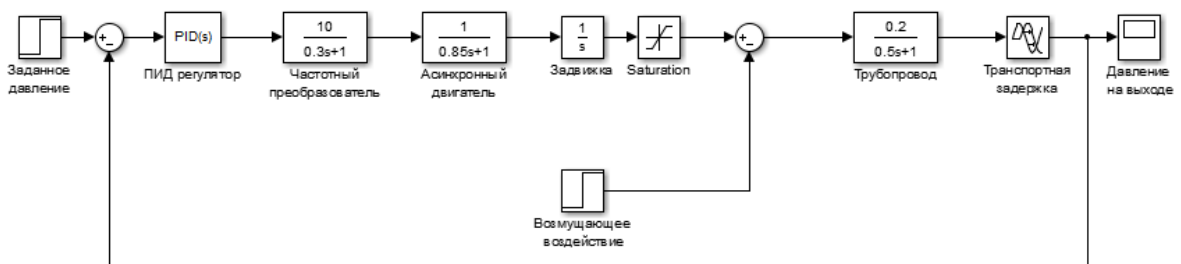


Рис. 13 – Модель процесса стабилизации давления в среде Simulink

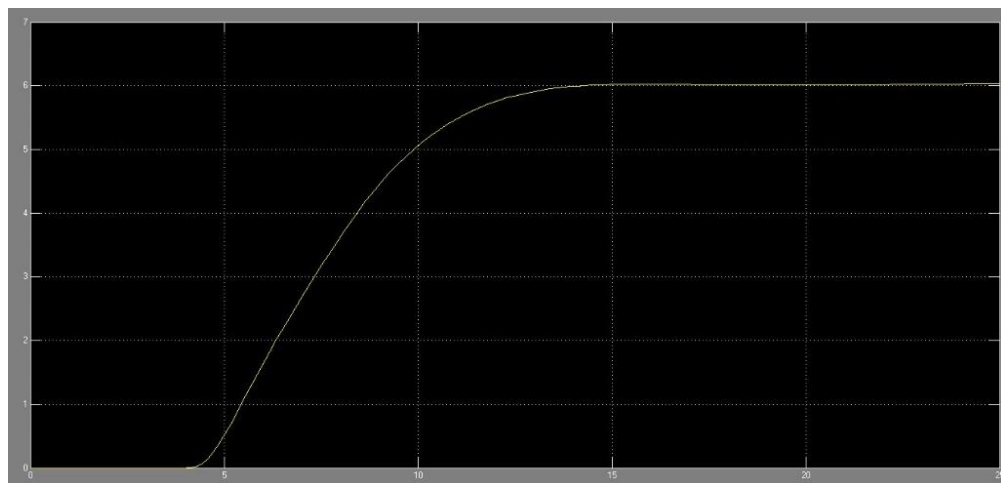


Рис. 14 – График переходного процесса (ПП) САР

Как видно из графика переходного процесса САР, представленного на рисунке 14, переходный процесс получился аperiodический, статическая ошибка стремится к нулю, а время ПП составило порядка 12 секунд. По оси абсцисс откладывается время в секундах, по оси ординат откладывается давление в МПа.

## **2.5.6 Экранные формы АС разделителя жидкостей УКПГ**

Управление в АС разделителя жидкостей УКПГ реализовано с использованием SCADA-системы MasterSCADA 3.x компании ИнСАТ.

MasterSCADA 3.x – это российская вертикально-интегрированная SCADA-система с многоуровневой клиент-серверной архитектурой. Система универсальна и используется для автоматизации и диспетчеризации объектов во всех отраслях промышленности.

Версия MasterSCADA 3 была выпущена в феврале 2009 года. С тех пор она постоянно развивалась, в нее внесено огромное количество улучшений и нового функционала.

### **Основные преимущества MasterSCADA 3.X**

#### *Открытость*

Открытость программной платформы позволяет взаимодействовать с любыми видами оборудования и сторонними продуктами с помощью современных технологий, таких как: OPC DA/HDA/UA, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB, ODBC и других. Кроме того, открытый API позволяет осуществлять интеграцию со сторонними системами, например, ГИС-системами, MES или ERP.

#### *Вертикальная интеграция*

MasterSCADA 3.x имеет мощные средства горячего резервирования как на уровне SoftLogic-системы для программируемых логических контроллеров, так и на уровне серверов опроса и обработки информации, и АРМ-операторов.

Разработка всех уровней системы ведётся в единой интуитивно понятной среде, что позволяет выполнить настройку и полную отладку распределённого проекта на одном компьютере. Все модули расширения встроены в общую оболочку. Пользователь всегда работает с единым внешним видом программы, состоящим из древовидного проекта, палитры библиотечных элементов и окна редактирования документов и свойств.

#### *Полный набор инструментов*

В стандартную комплектацию системы входят все необходимые проектировщику модули: среда разработки, среда исполнения, модули отчетов, трендов, журналов сообщений, разграничение прав доступа, архивирование, библиотеки объектов, изображений и алгоритмов.

#### *Мощные вычислительные возможности*

В MasterSCADA 3.x предусмотрена возможность реализации алгоритмов с помощью встроенных редакторов различных языков: FBD, ST (стандарт МЭК 61131-3) и C#. Язык C# за счет доступа к внутренним функциям (API) MasterSCADA можно также использовать для автоматизации проектирования или создания сценариев работы в режиме исполнения.

#### *Развитая система архивов*

Архивация данных в MasterSCADA 3.x может осуществляться в собственный файловый архив или в одну из распространенных СУБД (MS SQL, Oracle, Firebird, My SQL, Interbase, Sybase). Предоставление архивных данных оператору возможно в виде трендов, журналов и отчетов.

MasterSCADA 3.X обладает мощной системой сообщений: системные сообщения стандартные, а также пользовательские, формируемые по любым определенным в проекте событиям. Сообщения делятся на разные категории с разным уровнем приоритета, что позволяет наглядно выдавать оператору (диспетчеру) информацию через всплывающее окно сообщений, строку статуса, журнал сообщений, уведомления по SMS и E-Mail.

#### *Встроенный генератор отчетов*

Отчеты в MasterSCADA 3.X предоставляют возможность обработки полученных данных, как заданием формул с использованием больших библиотек функций, так и с использованием языка сценариев C#. Кроме того, благодаря возможности включения любой графической информации, включая графики, диаграммы, штрих-коды и прочее, отчеты предоставляют всю необходимую аналитическую информацию для оператора.

### **2.5.6.1 Разработка дерева экранных форм**

Дерево экранных форм, приведено в приложении 3.

Оператор АРМ может осуществлять навигацию экранных форм, используя кнопки прямого вызова. При старте проекта всплывает окно авторизации пользователя, в котором необходимо ввести логин и пароль. Если логин и пароль оказываются верными, появляется мнемосхема основных объектов разделителя жидкостей: разделитель, каналы регулирования. Помимо этого, на мнемосхеме основных объектов у пользователя имеется прямой доступ к карте нормативных параметров разделителя жидкостей.

### 2.5.6.2 Разработка экранных форм АС

Интерфейс оператора содержит рабочее окно, состоящее из следующих областей:

- главное меню;
- область видеокadra;
- окно оперативных сообщений.

### 2.5.6.3 Главное меню

Вид главного меню представлен на рисунке 15.

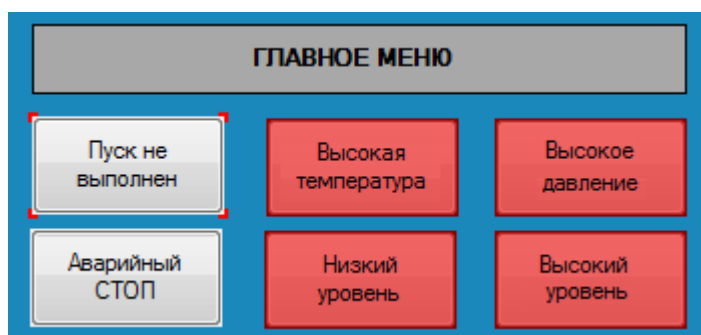


Рис. 15 – Главное меню

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

- кнопка-индикатор «Высокая температура» – сигнализирует о превышении температуры ГЖС в разделителе;
- кнопка-индикатор «Высокое давление» – сигнализирует о превышении давления ГЖС в разделителе;
- кнопка «Пуск не выполнен» – Пуск работы;

- кнопка «Аварийный СТОП» – Аварийное отключение работы разделителя жидкости Р-1;
- кнопки-индикаторы «Низкий уровень», «Высокий уровень» – отображение состояния уровня ГЖС в разделителе.

#### **2.5.6.4 Область видеокadra**

Видеокadры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием.

В области видеокadra АРМ оператора доступна мнемосхема разделителя жидкости Р-1.

На мнемосхеме «разделитель жидкости», которая приведена в приложении К, отображается работа следующих объектов и параметров:

- измеряемые и сигнализируемые параметры разделителя жидкости;
- измеряемые параметры трубопроводов.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т32	Толстикова Дмитрий Александрович

<b>Инженерная школа</b>	ИШИТР	<b>Отделение</b>	Автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Автоматизация технологических процессов и производств

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

<p>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</p> <p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p> <p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	<p>Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент</p>
--	---

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

<p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p> <p>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</p> <p>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</p>	<p>Определение назначения объекта и определение целевого рынка</p> <p>Планирование этапов работ, составление графика работ</p> <p>Оценка сравнительной эффективности проекта</p>
---	--

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. График проведения и бюджет НИ

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т32	Толстикова Дмитрий Александрович		

### 3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

#### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается модернизация АС блока подготовки газа (разделитель жидкостей), установки комплексной подготовки газа УКПГ.

В таблице 2 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 2 – Карта сегментирования

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	+	+	+	-
	Средняя	+	+	+	+
	Крупная	+	+	+	+

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

#### 3.1 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 3.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 3 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,2	5	2	4	1	0,4	0,8
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Помехоустойчивость	0,04	2	3	2	0,08	0,12	0,08
Энергоэкономичность	0,08	5	4	2	0,4	0,32	0,16
Надежность	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Безопасность	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Потребность в ресурсах памяти	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	1	3	0,06	0,03	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
Цена	0,06	3	5	1	0,18	0,3	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Послепродажное обслуживание	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Итого:	1	47	45	44	4,07	3,44	3,58

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая модернизация АС блока подготовки газа (разделителя жидкостей), установки УКПГ является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, более низкая устойчивость и надежность, высокая цена и низкий срок эксплуатации.



### 3.1.2 SWOT – анализ

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

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 3.

Таблица 3 – SWOT-анализ.

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Экономичность и энергоэффективность проекта.</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С3. Более низкая стоимость.</p> <p>С4. Актуальность разработки.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие работающего прототипа.</p> <p>Сл2. Большой срок поставок оборудования.</p> <p>Сл3. Медленный процесс вывод на рынка новой системы.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Большой потенциал применения данной системы.</p> <p>В2. Использование существующего ПО.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов.</p> <p>Использование существующего программного обеспечения позволяет не тратить время и деньги на создание уникального ПО.</p>	<p>Санкции, наложенные на РФ, и высокий курс евро/доллара будут ограничивать появление новых иностранных технологий на российском рынке.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии.</p> <p>У2. Развитая конкуренция.</p> <p>У3. Сложность перехода на новую систему.</p>	<p>Новая система управления и актуальность разработки не сказываются на спросе</p> <p>Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя.</p>	<p>Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Это позволяет строить тактические и стратегические решения в рамках реализации проекта.

## 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, инженер

Проектирование автоматизированной системы	5	Описание технологического процесса	Научный руководитель, инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	7	Выбор архитектуры АС	Научный руководитель, инженер
	8	Разработка структурной схемы АС	Научный руководитель, инженер
	9	Разработка схемы информационных потоков АС	Инженер
	10	Выбор средств реализации АС	Инженер
	11	Разработка схемы соединения внешних проводов	Инженер
	12	Выбор алгоритма управления АС	Научный руководитель, инженер
	13	Разработка экранных форм АС	Научный руководитель, инженер
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер

### 3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

В таблице 5 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

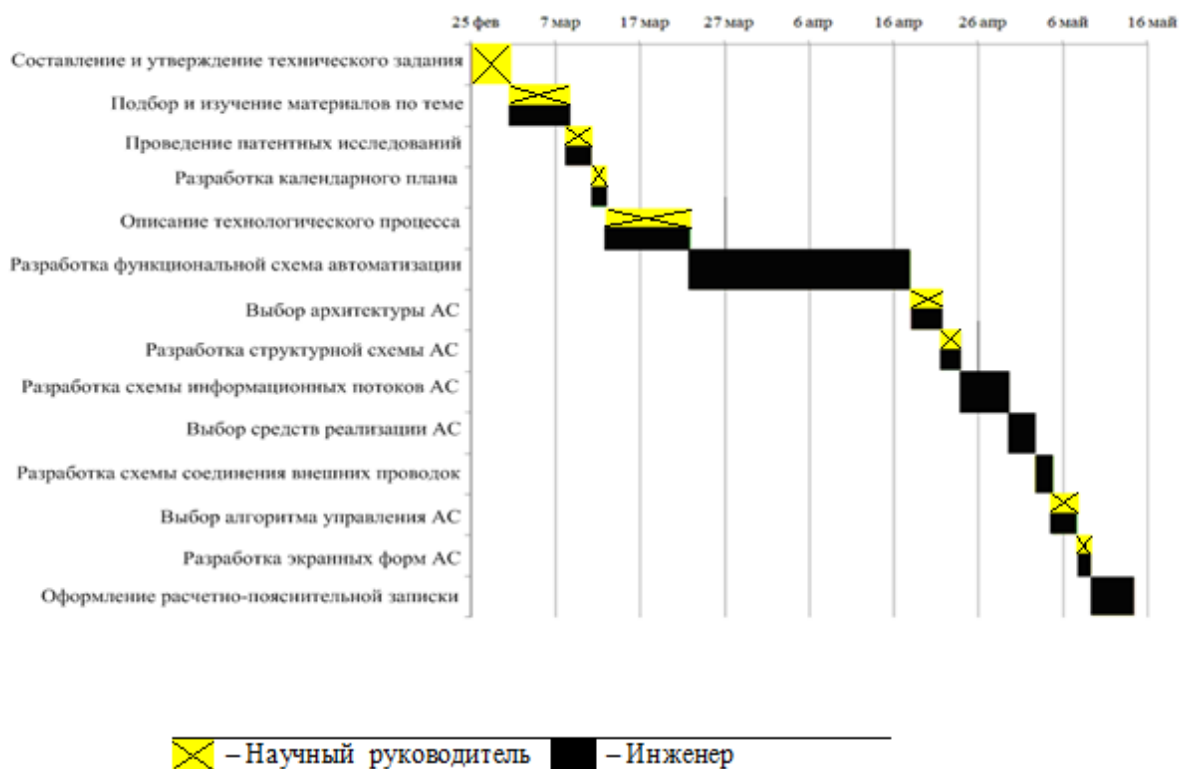
Таблица 5 – Временные показатели проведения работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					$T_{\text{Pi}}$		$T_{\text{K}}$	
		$t_{\text{min}}$	$t_{\text{max}}$	$t_{\text{ож}}$	НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	3	5	3,8	3,8	—	5	—
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	10	13	11,2	5,6	5,6	7	7
Проведение патентных исследований	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2
Описание технологического процесса	НР, И	15	18	16,2	8,1	8,1	10	10
Разработка функциональной схема автоматизации	И	20	24	21,6	—	21,6	—	26
Выбор архитектуры АС	НР, И	5	7	5,8	2,9	2,9	4	4
Разработка структурной схемы АС	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	3	3
Разработка схемы информационных потоков АС	И	4	6	4,8	—	4,8	—	3
Выбор средств реализации АС	И	2	3	2,4	—	2,4	—	3
Разработка схемы соединения внешних проводов	И	1	3	1,8	—	1,8	—	2
Выбор алгоритма управления АС	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка экранных форм АС	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2

Оформление расчетно-пояснительной записки	И	3	6	4,2	—	4,2	—	5
Итого					29,9	60,9	39	76

На основе таблицы 6 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 6 – План-график



### 3.3 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 8 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Контроллер "ПЛК OMC 8000"	шт.	1	215 000	268750
Электропривод "AUMA DN 50-400"	шт.	2	137 700	316710
Датчики давления "JUMO dTRANS p20"	шт.	5	84 100	483575
Датчик температуры "JUMO 90.1820"	шт.	2	56 000	128800
Уровнемер "OPTIFLEX 4300 C Marine KROHNE"	шт.	2	35 500	81650
Влагомер JUMO 907025/64	шт.	3	44 000	151800
Задвижка "30с941нж"	шт.	5	196 000	1176000
Электропривод "Нефтехимавтоматика Н-В 03"	шт.	5	125 000	781250
Итого:				3388535

### 3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК OMC 8000. В таблице 8 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц, шт	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость, руб.
Master Scada	1	12000	12000
Итого:			12000

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

Где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

В качестве окладов были приняты тарифные ставки ТПУ для руководителя (старший преподаватель ТПУ) и инженера (УВП при ТПУ).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 19.

Таблица 9 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Районный коэффициент, %	Месячный должностной оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата руб.	Продолжительность работ, дней	Заработная плата основная, руб.
Руководитель	24960	30	32448	1471,33	29,9	43992,66
Инженер	9489	30	12335,7	559,35	60,9	34064,51
Итого:						78057,17

### 3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляет 30%.

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб
Руководитель проекта	43992,66
Студент	34064,51
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	23417,15

### 3.4.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (3388535 + 12000 + 78057,17 + 23417,15) \cdot 0,15 = 525301,4 \text{ руб.}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	3388535
2. Затраты на специальное оборудование	12000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	78057,17
4. Отчисления во внебюджетные фонды	23417,15
5. Накладные расходы	525301,4
<b>6. Бюджет затрат НТИ</b>	<b>4027310,72</b>



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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{4027310,72}{4500000} = 0,89;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ООО «Нефтегазинжиринг». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Siemens и Метран;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «Энергогазпроект». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Yokogawa.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Смета бюджетов для рассмотренных аналогов

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат	4035543,55	4500000	4300000

Для аналогов соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{4500000}{4500000} = 1; I_{фина1}^{a2} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{4300000}{4500000} = 0,956;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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

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

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	5
3. Надёжность	0,25	4	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	4,15

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,6;$$

$$\text{Аналог 1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,4;$$

$$\text{Аналог 2} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,15.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финаi}}^{ai}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; I_{\text{финаi}}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{финаi}}^{ai}};$$

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{4,6}{0,89} = 5,17; I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{4,4}{1} = 4,4; I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{4,15}{0,956} = 4,15.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финаi}}^{ai}}$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 14.

Таблица 14– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	1	0,956
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,4	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	5,17	4,4	4,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	–	1,18	1,20

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 3-8Т32	ФИО Толстикова Дмитрий Александрович
------------------	---

Школа	ИШИТР	Отделение	АиР
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	АТПП

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

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

<i>Анализ оборудования автоматизированной системы</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание надежности и безопасности задвижек</li> <li>2. Описание датчиков и повышение надежности системы</li> </ol>
<i>Связь контроллера и оператора</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Защита данных от ошибок</li> </ol>
<i>Интерфейсы оператора</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Удобство и защита использования мнемосхемы</li> </ol>

**Перечень графического материала:**

<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	<i>Мнемосхема разделителя жидкости</i>
---	--

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Толстикова Дмитрий Александрович		

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

Одной из важнейших задач по сохранению производительности труда и экономической эффективности производства является организация и улучшение условий труда на рабочем месте. Необходимые показатели в этой области достигаются соблюдением законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Строгое выполнение норм техники безопасности обеспечивает защиту сотрудника от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на работе. Безопасность жизнедеятельности на производстве была создана, чтобы обеспечить правильную среду обитания на рабочем месте, и не навредить деятельности и здоровью человека.

В ВКР рассматривается проектирование автоматизированной системы управления разделителя жидкостей установки комплексной подготовки нефти. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций.

## **4.1. Датчики**

### **Датчик расхода**

Для измерения расхода был выбран вихревой расходомер OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE.

Вихревые расходомеры предназначены для измерения объемного расхода газов, пара и жидкостей в заполненных продуктом трубопроводах.

### **Основные технические характеристики расходомера OPTISWIRL 4070:**

- Принцип действия: вихревая дорожка Кармана,
- Температура окружающей среды:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$   $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$  (для взрывозащищенных версий),
- Погрешность:  $\pm 1,0\%$  при  $Re \geq 20\ 000$  для газов и пара;  $\pm 2,0\%$  при  $10\ 000 \leq Re \leq 20\ 000$  для жидкостей, газов и пара,
- Температура продукта:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$   $+240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- Измеряемые продукты: жидкости, газы и пар,
- Рабочее давление:  $\leq 10$  МПа,
- Сенсор: нержавеющая сталь 1.4404 / 316L; 1.4539,
- Фланцевое исполнение: от DN15 до DN300; от 12,7 мм до 304,8 мм,
- Напряжение питания: 14...30 В постоянного тока,
- Выходной сигнал: 4...20 мА/HART®,
- Взрывозащищённое исполнение: есть.

Среднее время наработки на отказ составляет 270 000 ч.

### **Датчик давления**

Был выбран преобразователь давления JUMO dTRANS p20. Преобразователь давления JUMO dTRANS p20 с интерфейсом HART объединяет в себе высочайшую точность и простоту управления. Он служит для измерения относительного и абсолютного давлений газов, паров и

жидкостей. В искробезопасном исполнении «Ex ia» прибор может монтироваться до зоны 0.

Корпус и сенсоры изготовлены из высококачественной нержавеющей стали. Для применений с повышенными гигиеническими требованиями в распоряжении имеются различные подключения заподлицо, в том числе и сертифицированная EHEDG система подключения РЕКА.

Для измерения давления сред с повышенной температурой существуют специальные высокотемпературные исполнения до 200°C.

Для специальных применений имеется возможность подключения к различным мембранным разделителям.

### **Основные технические характеристики датчика давления JUMO dTRANS p2:**

- Сенсор: мембрана из нерж. стали, пьезорезистивный принцип измерения;
- Диапазоны измерения:
  - -0,06...0,06; -0,1...0,4 / 2,5 / 10 / 60 МПа (отн. давления);
  - 0... 0,06 / 0,4 / 2,5 / 10 МПа (абс. давления);
- Перенастройка диапазона измерений: до 100:1,
- Выходной сигнал: 4-20 мА или 4-20 мА + HART,
- Погрешность: 0,5%; 0,2%; 0,1%; 0,07% (спец. калибровка),
- Межповерочный интервал: до 4 лет,
- Температура измеряемой среды: -40...+120°C или -40...+200°C,
- Температура окружающей среды: -50...+85°C,
- Конструктивное исполнение:
  - стандартное, IP 67;
  - искробезопасное (Ex ia), IP 66;
- Корпус: из нерж. стали, модульная конструкция, стандартное или компактное исполнение, с поворотной кнопкой управления и с ЖК-дисплеем (или без них),



- Подключение к процессу: штуцер с резьбой M20x1,5 / G 1/2" / 1/2"  
NPT мембранный разделитель по DIN/ANSI.

Среднее время наработки на отказ 120 000 часов.

### **Датчик температуры**

В качестве датчиков температуры были выбраны термоэлемент JUMO 90.1820

Термоэлемент состоит из защитной арматуры с различными присоединениями к процессу, присоединительной головки и сменной измерительной вставки. Защитная арматура изготовлена с учетом требований к сосудам, работающим под давлением. В измерительной вставке используются термопары типов «J», «L» и «K» согласно DIN EN 60 584 класс 2 (по запросу возможен класс 1) и DIN 43710, а также ХК (хромель-копель) по ГОСТ 1790-77.

Для передачи измеренных значений с помощью унифицированного сигнала 4...20 мА или через HART ® возможна установка программируемого измерительного преобразователя в искробезопасном исполнении Ex ia IIC.

Для измерения температуры во взрывоопасных зонах поставляются исполнения с искробезопасной цепью Ex ia IIC и /или во взрывонепроницаемой оболочке EExd IIC.

### **Основные технические характеристики датчика температуры JUMO 90.1820:**

- Диапазон измеряемых температур: -200 ... +600°C,
- Температура окружающей среды: -50... +60°C,
- Присоединительные головки формы A, B, BUZ, BUZH, BEGF и XD-AD,
- Выходной сигнал: 4...20мА/HART ®,
- Защитная трубка: нержавеющая сталь 1.4571, сталь 1.4749 и 1.4841, титан, тантал, инконель, хастеллой Ø 9, 11, 15, 22 и 24 мм,
- Исполнения со встроенным ЖК индикатором в головке формы BUZH, XD-A., XD-S,
- Виды взрывозащиты: Ex ia IIC T1...T6 или Exd [ia] IIC T1...T6, или EEx d ia IIC T1...T6.

## Уровнемер

В результате анализа был выбран радарный уровнемер (TDR) OPTIFLEX 4300 C Marine компании KROHNE.

### Основные технические характеристики уровнемера OPTIFLEX 4300 C Marine:

- Диапазон измерений уровня: 10...20000 мм,
- Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня до 10 м:  $\pm 3$  мм
- Разрешающая способность: 1 мм,
- Воспроизводимость:  $\pm 1$  мм,
- Температура окружающей среды: - 40 до + 80 °С,
- Давление измеряемой среды: от - 0,1 до + 10,0 МПа,
- Температура на фланце прибора: от - 40 до +200 °С
- Номинальное напряжение питания постоянного тока: 24 В,
- Аналоговый выход: 4 ÷ 20 мА/ HART,
- Взрывозащищённое исполнение: есть.

Средняя наработка на отказ составляет 100 000 ч.

Система автоматизации структурно представлена на рис. 16.

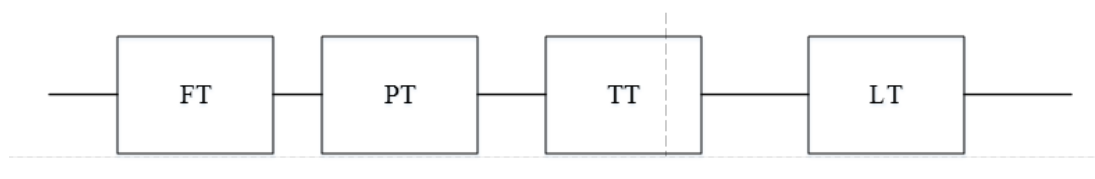


Рис. 16 – Приборы КИПиА

Для повышения надежности необходимо зарезервировать систему.

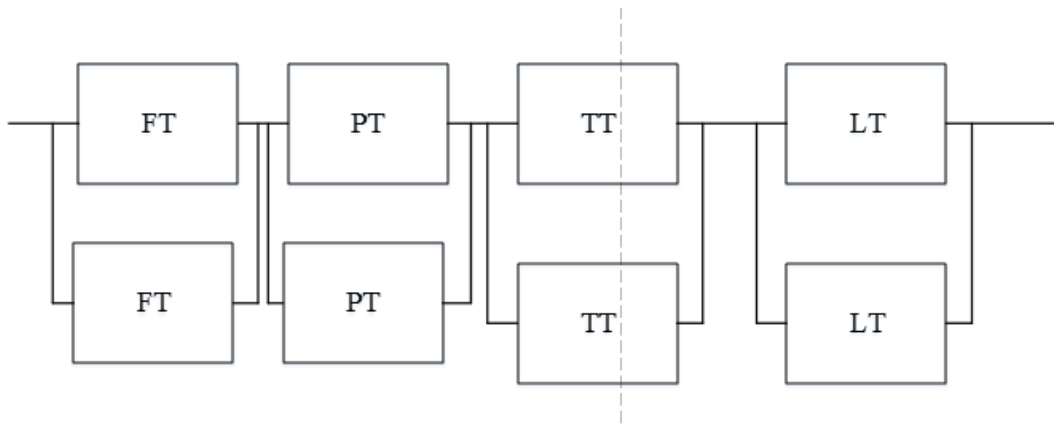


Рис. 17 – Резервирование приборов КИПиА

Таким образом резервирование позволяет повысить надежность системы.

#### 4.2. Связь контроллера и оператора

Связь контроллера с компьютером идет по протоколу Modbus RTU с интерфейсом RS-485. Для защиты информации используется опрос проверки контрольной суммы.

Контрольная сумма (хеш) — определенное значение рассчитанное для данных с помощью известных алгоритмов. Предназначается для проверки целостности данных при передаче.

В ВКР используется циклический избыточный код CR8. Применяется для проверки целостности передачи данных. Программы-архиваторы включают CRC исходных данных в созданный архив для того, чтобы получающий мог удостовериться в корректности полученных данных. Такая контрольная сумма проста в реализации и обеспечивает низкую вероятность возникновения коллизий.

#### 4.3.Интерфейс

В ВКР используется SCADA система TRACE Mode. У оператора выведена мнемосхема.

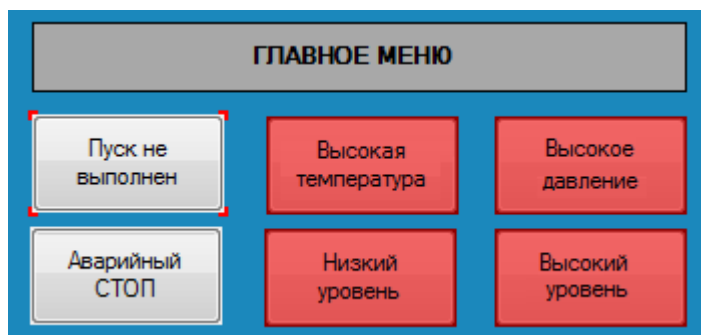


Рис. 18 – Мнемосхема. Главное меню

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

- кнопка-индикатор «Высокая температура» – сигнализирует о превышении температуры ГЖС в разделителе;
- кнопка-индикатор «Высокое давление» – сигнализирует о превышении давления ГЖС в разделителе;
- кнопка «Пуск не выполнен» – Пуск работы;
- кнопка «Аварийный СТОП» – Аварийное отключение работы разделителя жидкости Р-1;
- кнопки-индикаторы «Низкий уровень», «Высокий уровень» – отображение состояния уровня ГЖС в разделителе.

Для защиты данных при входе в систему необходимо ввести логин и пароль. У каждого пользователя разный уровень доступа к мнемосхеме.

## Заключение

В результате выполненной работы была модернизирована автоматизированная система «Блока подготовки газа (разделитель жидкостей) установки комплексной подготовки газа (УКПГ)», а именно система автоматического управления горизонтальным разделителем жидкостей.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены особенности технологического процесса работы УКПГ. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации разделителя жидкостей, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Был произведён выбор комплекса аппаратно-технических средств реализации АС, а именно были подобраны ПЛК (OMC 8000), расходомеры (OPTISWIRL 4070), датчики давления (JUMO dTRANS p20), датчик температуры (JUMO 90.1820), уровнемер (OPTIFLEX 4300 C Marine), влагомер (JUMO 907025/64), задвижки (30с941нж с электроприводом Н-В 03) и преобразователь частоты (Lenze 8200 TMD/TML).

Также была разработана схема внешних проводок, благодаря которой в случае отказа системы существует возможность оперативно найти неисправности и легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/остановка технологического оборудования и управления сбором данных.

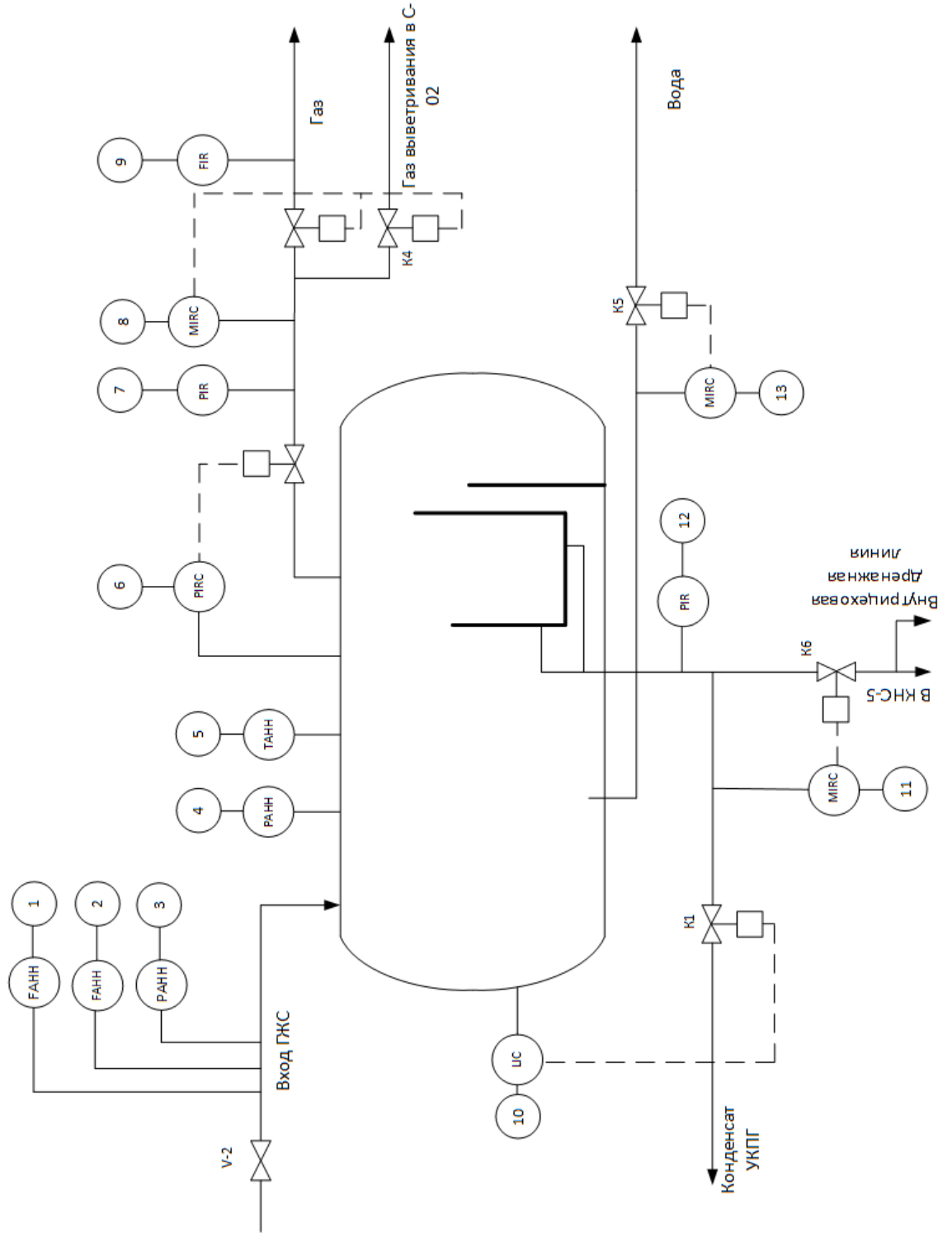
Таким образом, спроектированная АСУ разделителя УКПГ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную АС в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

## Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. 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 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.— 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.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. — 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 — 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
10. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562 — 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

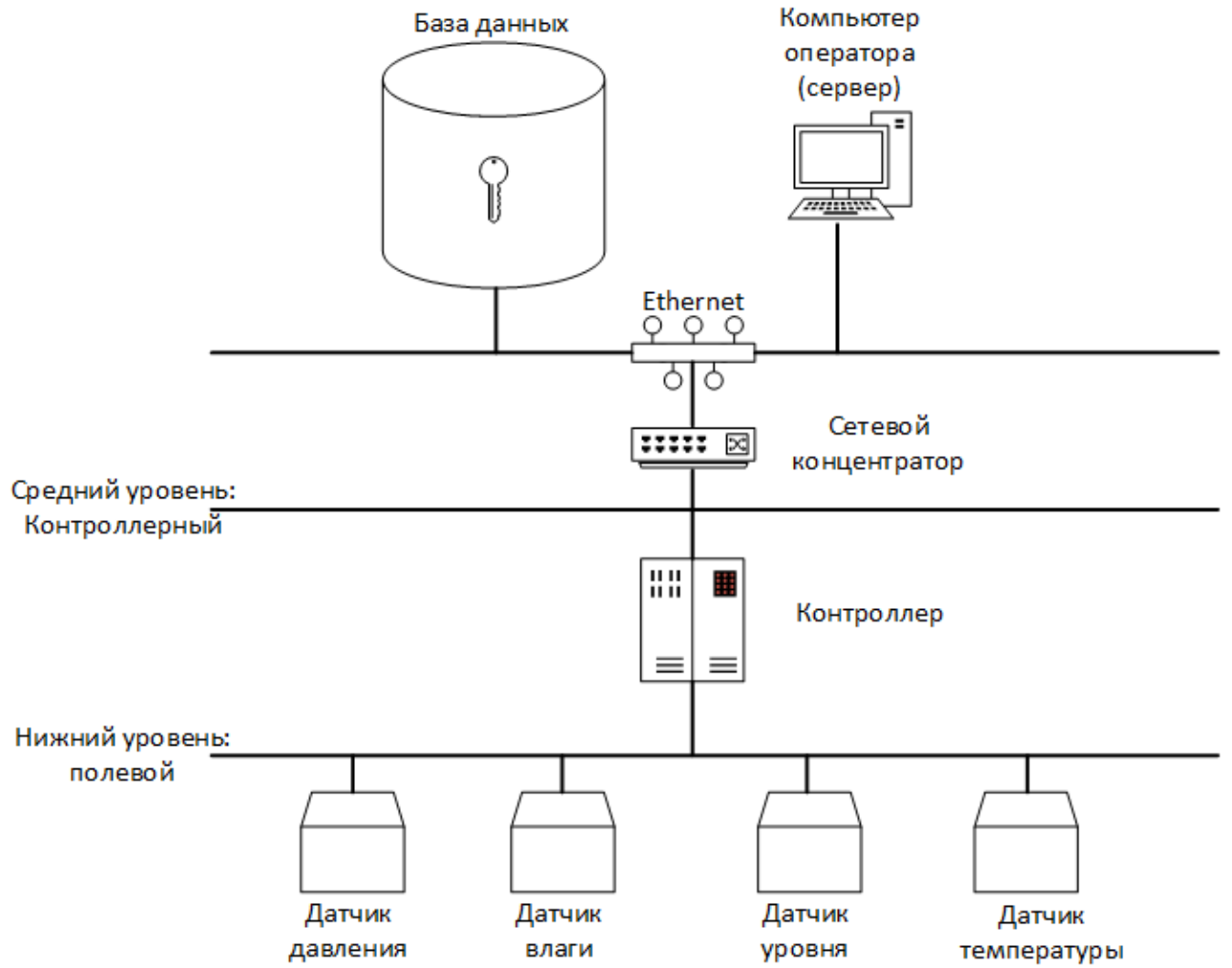
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
14. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
16. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.
17. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.

# Приложение А

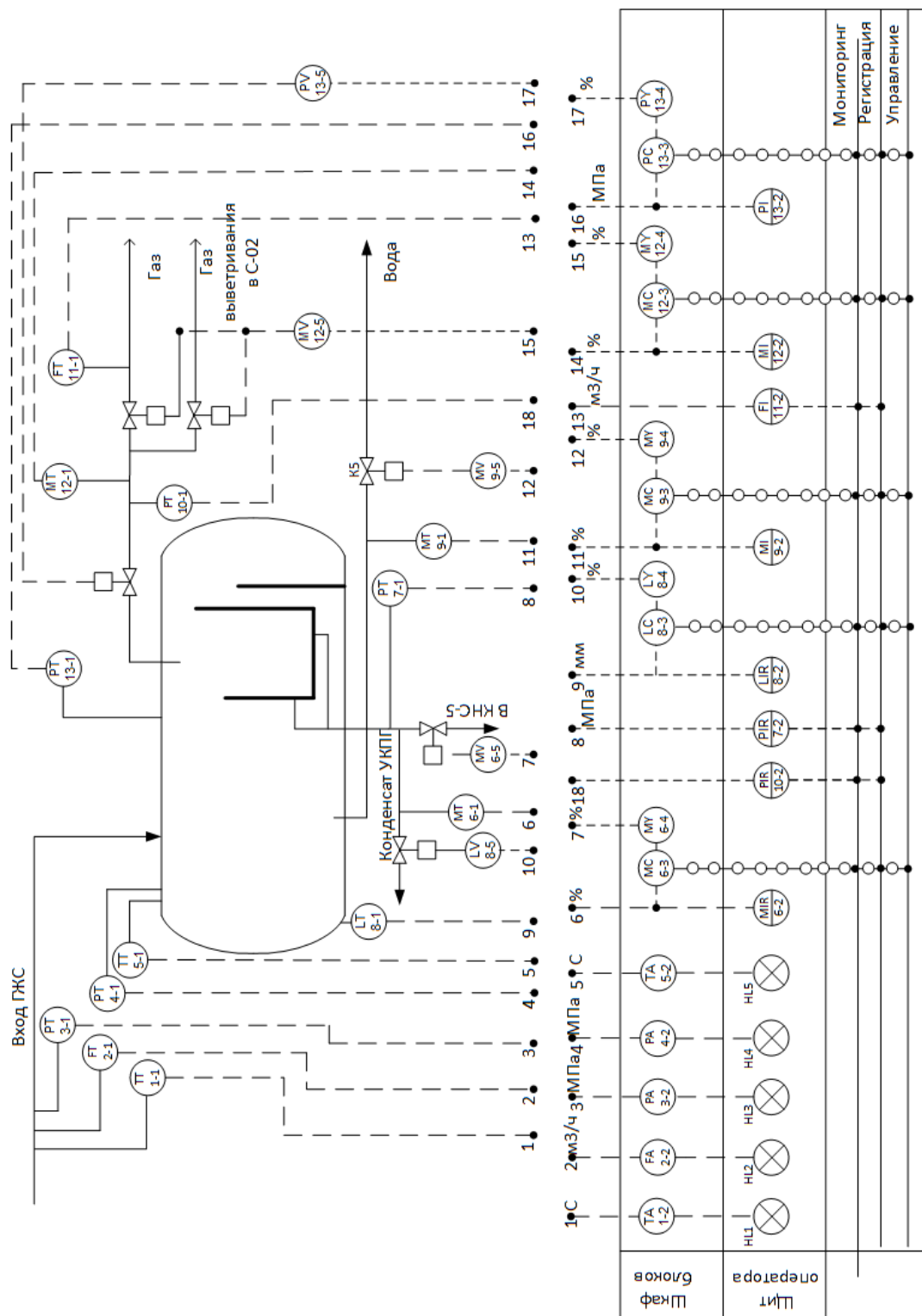




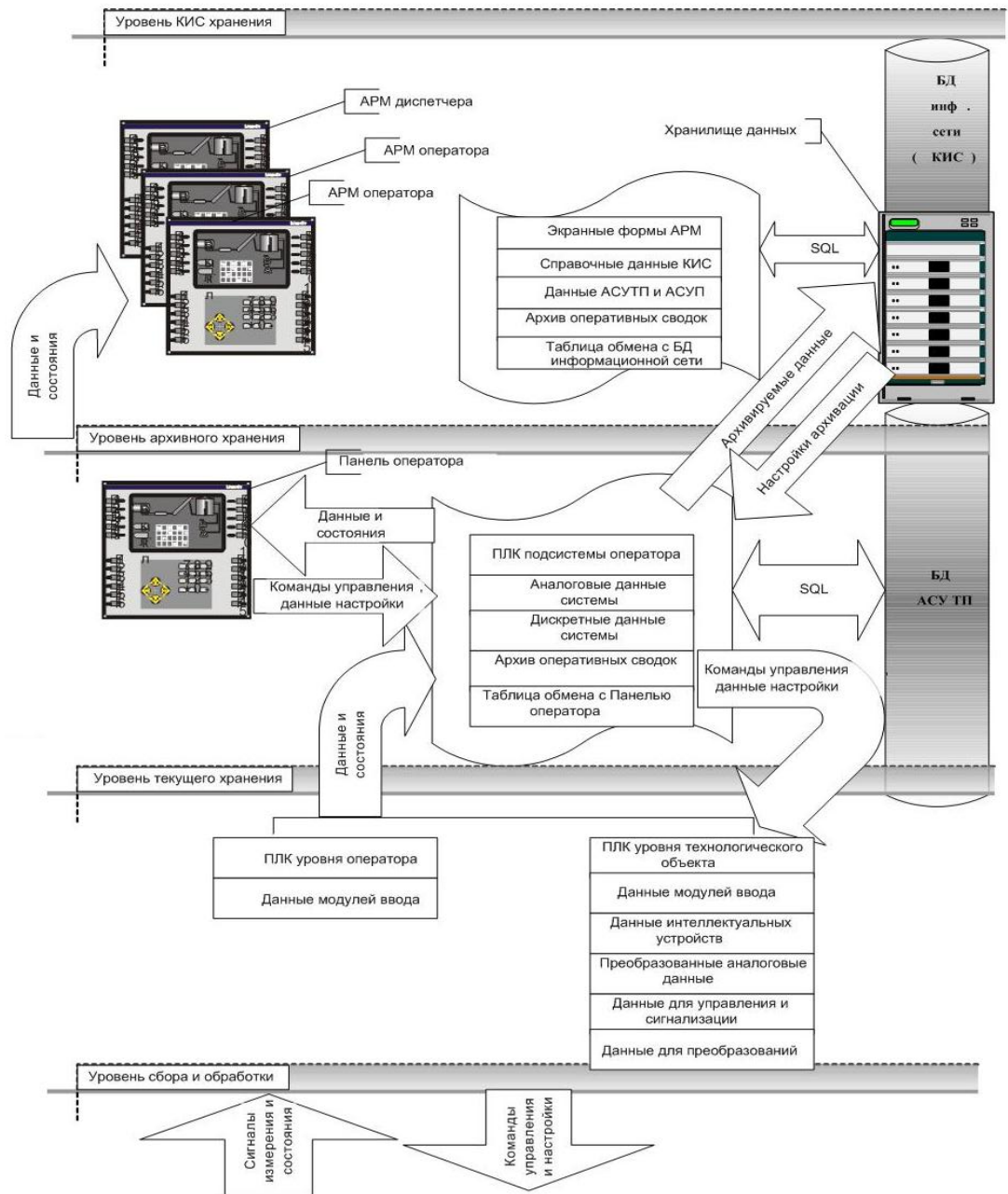
## Приложение Б



## Приложение В



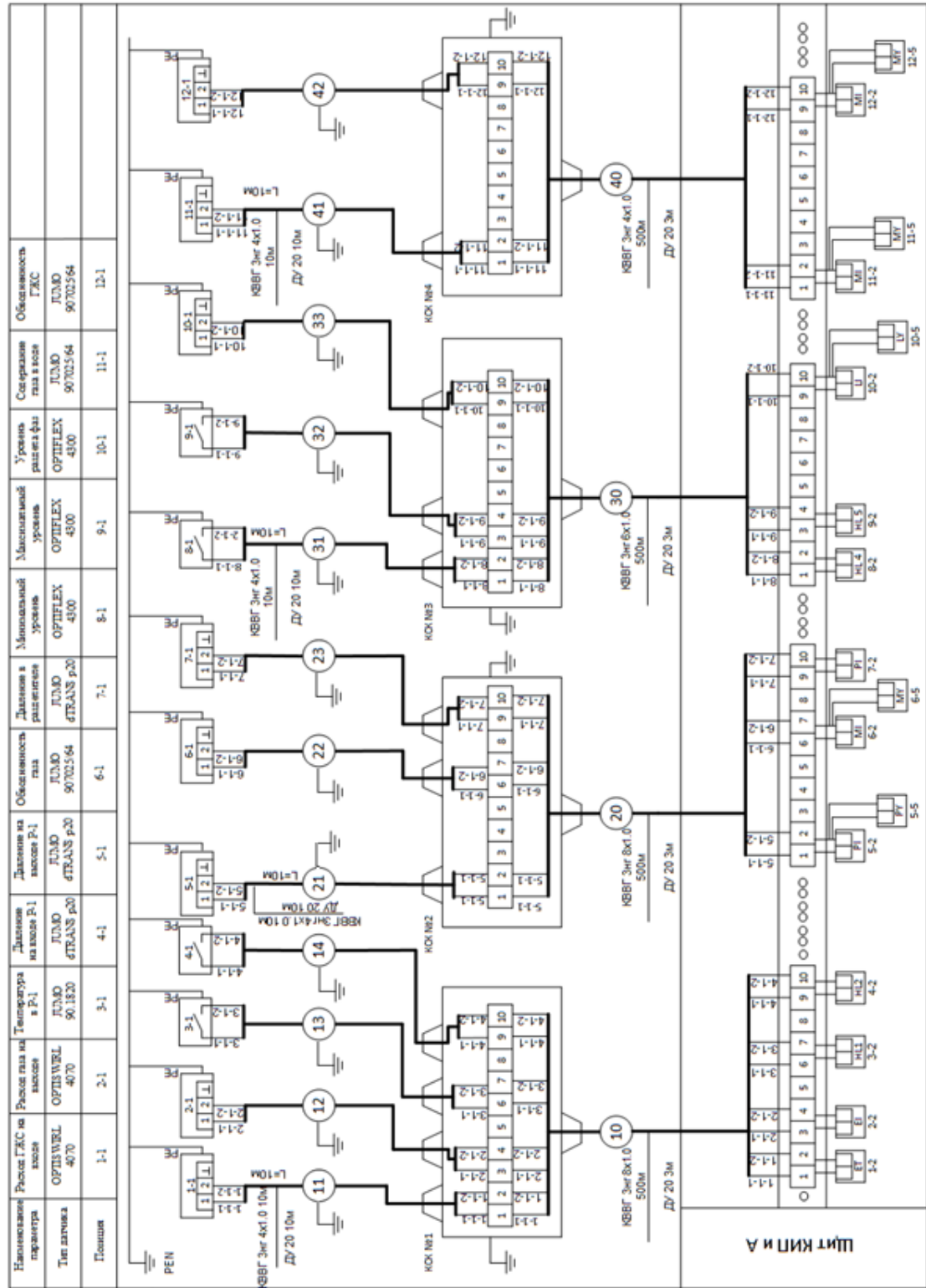
# Приложение Г



## Приложение Д

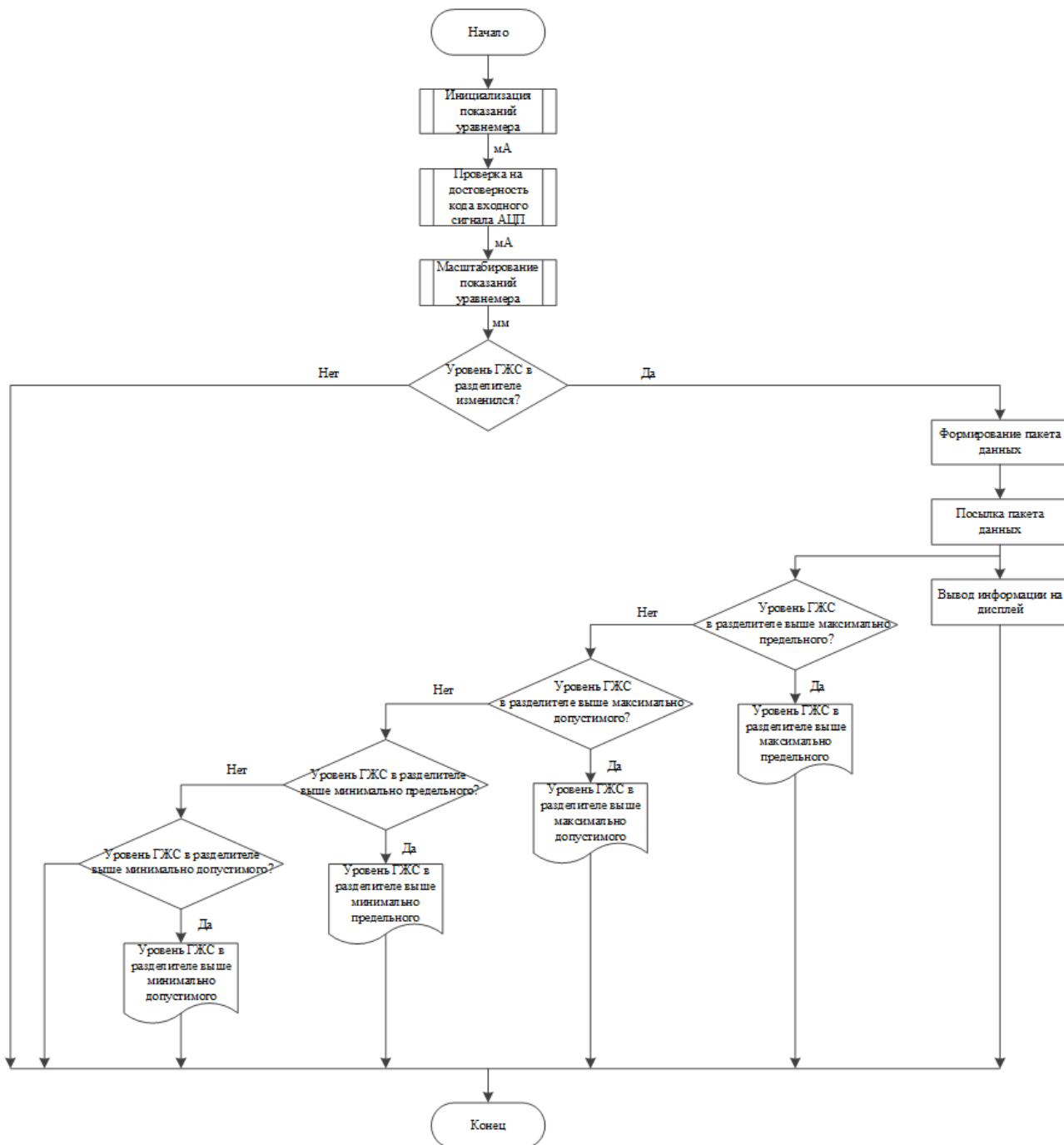
Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала	Технологические			
					Предупредительные	Аварийные	min	max
Уровень раздела фаз в разделителе P-1	URV_RZD_DIAP	10...2000	мм	4-20 мА	-	-	-	-
Верхний предельный уровень в разделителе P-1	URV_RZD_HIGH	-	-	DI	-	+	-	-
Нижний предельный уровень в разделителе P-1	URV_RZD_LOW	-	-	DI	+	-	-	-
Давление газожидкостной смеси на входе разделителя P-1	DAV_UNP_DIAP	0...6	МПа	4-20 мА	-	+	-	+
Обводненность газожидкостной смеси на входе разделителя P-1	OBV_INP_DIAP	0...100	%	4-20 мА	-	-	-	-
Обводненность стивающейся промывочной воды	OBV_OUT_DIAP	0...10	%	4-20 мА	-	-	-	-
Температура в разделителе P-1	TRM_RZD_DIAP	-100 200	°C	4-20 мА	-	-	-	-
Давление в разделителе P-1	DAV_RZD_DIAP	0...6	МПа	4-20 мА	-	+	-	+
Давление готового газа на выходе разделителя P-1	DAV_RZD_OUT	0...6	МПа	4-20 мА	-	+	-	+
Обводненность готового газа на выходе разделителя P-1	OBV_OUT_DIAP	0...100	%	4-20 мА	-	+	-	+
Расход готового газа на выходе разделителя P-1	FLO_OUT_DIAP	0...450	м3/ч	4-20 мА	-	-	-	-
Расход ГЖС на входе разделителя P-1	FLO_INP_DIAP	0...450	м3/ч	4-20 мА	-	-	-	-
Управляющий сигнал задвигки на КНС-5	UPR_KNS	0...100	%	4-20 мА	-	-	-	-
Управляющий сигнал задвигки по конденсату	UPR_KON	0...100	%	4-20 мА	-	-	-	-
Управляющий сигнал по сбросу воды	UPR_VOD	0...100	%	4-20 мА	-	-	-	-
Управляющий сигнал по газу	UPR_GAZ	0...100	%	4-20 мА	-	-	-	-
Управляющий сигнал по газу вьветривания в С-02	UPR_C02	0...100	%	4-20 мА	-	-	-	-

# Приложение Е



Щит КИП и А

## Приложение Ж



### Приложение 3



## Приложение К

