

**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 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Отделение школы (НОЦ) Автоматизации и робототехники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Модернизация автоматизированной системы телеметрии кустов скважин на Мыльджинском ГКМ</b>

УДК 681.51.01:621.398:622.279.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Скрипников Олег Валентинович		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		
Руководитель ООП	Суходоев Михаил Сергеевич	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.ЭКОН.Н.		

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	К.Т.Н.		

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

<i>Универсальные</i>		
P7	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

**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 (специальность) 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Отделение школы (НОЦ) Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ61	Скрипникову Олегу Валентиновичу

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы телеметрии кустов скважин на Мыльджинском ГКМ
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.04.2018, №2584с
---	--------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2018
--	------------

**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>Объект исследования: кусты газовых скважин Режим работы – круглосуточный, круглогодичный. Вид сырья: газ и газоконденсат. Объекты процесса: технологический трубопровод, сепарационная установка. Повышенные требования к пожаробезопасности и безопасности воздушной среды. Требования к диагностике технологического процесса.</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>	<p>Проектирование автоматизированной системы телеметрии кустов скважин.          Разработка схем автоматизации.          Выбор комплекса аппаратно-технических средств.          Разработка схем соединений внешних проводов.          Разработка шкафа управления.          Разработка автоматической системы пожарной сигнализации.          Разработка системы управления техническим осмотром, ремонтом и калибровкой.          Разработка алгоритмов управления.          Разработка экранных форм.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структурные схемы автоматизированной системы КГС (трёхуровневая, общего вида);</li> <li>2. Функциональные схемы автоматизации объекат (площадки сепарации, площадки дренажной ёмкости, площадки фонтанной арматуры);</li> <li>3. Схемы общего вида шкафа автоматизации;</li> <li>4. Схемы принципиальные шкафа автоматизации (резервирование ПЛК, распределительного модуля);</li> <li>5. Структурная схема АСПС;</li> <li>6. Чартовые диаграммы разработанных алгоритмов (ПАСиЗ, учёта производительности);</li> <li>7. Чертежи видеокадров АРМ оператора;</li> <li>8. Пример работы системы СУТОиК.</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Верховская Марина Витальевна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Невский Егор Сергеевич</p>
<p>Раздел на иностранном языке</p>	<p>Шепетовский Денис Владимирович</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>11. Проектирование программно-алгоритмических средств АСТ КГС</p>	
<p>12. Создание НМІ проекта КГС в WinCC</p>	

13. Разработка системы управления техническим обслуживанием и ремонтом и калибровкой средств автоматизации

Дата выдачи задания на выполнение выпускной  
квалификационной работы по линейному графику

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Скрипников Олег Валентинович		

**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 (специальность) 15.04.04 Автоматизация технологических  
Уровень образования магистратура  
Отделение школы (НОЦ) Автоматизации и робототехники Уровень образования  
Период выполнения - весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.2018	Социальная ответственность	20
28.05.2018	Основная часть	60

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения информационных технологий ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа в форме магистерской диссертации, содержащая:

- 166 страниц;
- 45 рисунков;
- 21 таблиц;
- 34 источника;
- 10 приложений.

Ключевые слова: КУСТ ГАЗОВОЙ СКВАЖИНЫ, СЕПАРАТОР, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕТРИИ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, КАЛИБРОВКА, SCADA-СИСТЕМА, РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ.

Объектом исследования являются кусты газовых скважин.

Цель работы – проектирование автоматизированной распределённой системы телеметрии кустов скважин с применением ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы.

В данном проекте была разработана система телеметрии и контроля технологическим процессом на основе промышленного контроллера SIMATIC S7- S7-400F/H, с применением SCADA–системы WinCC и программного обеспечения PCS 7.

Спроектированная система предназначена для реального объекта требуемого проведения над ним управления, контроля и сбора данных. Данная система даст возможность повысить производительность, повысить надежность и точность измерений, уменьшить количество аварий.

## Глоссарий

Термин	Определение
АСТ ТП КГС	Автоматизированная система телеметрии технологическим процессом кустов газовых скважин
КГС	Куст газовых скважин
УКПГ	Установка комплексной подготовки газа
ОПС	Охранно-пожарная сигнализация
ПО	Программное обеспечение
СЦВ-Г	Сепаратор центробежный вертикальный газовый
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы
Технологический процесс (ТП)	Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов)
СЭП	Схема электрическая принципиальная
Архитектура АС	Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых комплектуется АС
SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных
ОРС-сервер	ОРС-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС
ФЮРА. 425280	ФЮРА это – код организации разработчика проекта (ТПУ); 425280 это – код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (в соответствии с шестизначный классификационной характеристикой ОКП этот код означает проектирование распределенного автоматизированного управления технологическим объектом)
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	Программируемый логический контроллер или программируемый контроллер – специализированное компьютеризированное устройство,

	используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьёзного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды.
Объект управления	Объект управления – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Автоматизированное рабочее место – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы
Диспетчерский пункт (ДП)	Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредотачивается информация о состоянии производства
СУБД	Система управления базами данных это – совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным
ПАСиЗ	Предупредительная аварийная сигнализация и защита

<b>Оглавление</b>	
<b>Введение</b> .....	15
<b>Часть 1. Теоретическая часть</b> .....	16
<b>1.Описание объекта исследования</b> .....	16
1.1.Общие сведения.....	16
1.2.Состав технологического оборудования КГС.....	17
1.3.Описание технологического процесса на КГС .....	17
<b>2.Сведения о проекте АСТ ТП КГС «Мыльджинского ГКМ»</b> .....	20
2.1.Концепция АСТ ТП КГС.....	20
2.2.Назначение АСТ ТП КГС.....	22
2.3.Цели и задачи АСТ ТП КГС .....	23
<b>3.Соблюдение требований к АСТ ТП КГС</b> .....	24
3.1.Требования к техническому обеспечению .....	25
3.2.Требования к метрологическому обеспечению .....	26
3.3.Требования к программному обеспечению.....	26
3.4.Требования к типовым функциям .....	27
3.5.Требования к лингвистическому обеспечению .....	28
3.6.Требования к самодиагностике системы .....	28
3.7.Требования к надежности .....	28
3.8.Требования к операторскому интерфейсу.....	29
3.9.Требования к технике безопасности, эргономике и технической эстетике	29
3.10.Требования к информационной безопасности.....	29
<b>Часть 2. Основная часть</b> .....	31
<b>4.Выбор архитектуры и разработка структуры АСТ КГС</b> .....	31
<b>5.Разработка функциональной схемы автоматизации</b> .....	35
<b>6.Технические средства реализации АСТ ТП КГС</b> .....	35
6.1.Выбор контроллерного оборудования КГС .....	35
6.1.1.Модуль блока питания PS 307 .....	38
6.1.2.Интерфейсный модуль IM 153-2HF .....	39
6.1.3.Модуль аналогового ввода (AI) SM 331 .....	40
6.1.4.Модули дискретного ввода (DI) SM 321 .....	42

6.1.5.Модули дискретного вывода (DO) SM 322 .....	42
6.1.6.Модули аналогового вывода (AO) SM322 .....	43
6.1.7.Коммуникационный процессор CP 341 .....	44
6.2.Средства построения топологий.....	45
6.3.Средства удалённой коммуникации.....	46
6.4.Комплектация АРМ оператора .....	48
6.5.Выбор измерительных устройств.....	50
6.5.1.Датчик давления.....	50
6.5.2.Сигнализатор уровня .....	52
6.5.3.Уровнемер.....	53
6.5.4.Преобразователь температуры .....	54
6.5.5.Расходомер.....	56
6.6.Исполнительный механизм.....	57
6.7.Оборудование ПАСиЗ.....	58
6.7.1.Средства контроля загазованности .....	58
6.7.2.Оборудование ОПС.....	59
<b>7.Разработка таблицы сигналов.....</b>	<b>62</b>
<b>8.Проектирование шкафа контроллерной системы АСТ ТП КГС.....</b>	<b>71</b>
<b>9.Принципиальные электрические схемы ТС АСТ ТП.....</b>	<b>72</b>
9.1.СЭП питания шкафа АСУ ТП.....	72
9.2.СЭП заземления шкафа АСТ ТП.....	73
9.3.СЭП подключения ПЛК и станций ET200M.....	75
<b>10.Разработка автоматической системы пожарной сигнализации.....</b>	<b>75</b>
10.1.Оценка рисков пожарной опасности.....	75
10.2.Анализ возможных сценариев развития пожара .....	76
10.3.Разработка структурной схемы АСПС .....	78
<b>11.Проектирование программно-алгоритмических средств АСТ КГС.....</b>	<b>78</b>
11.1.Общая информация о среде разработки Simatic PCS.....	78
11.2.Конфигурирование Hardware контроллерной станции.....	81
11.3.Написание алгоритмов проекта АСТ ТП КГС.....	85
11.3.1.Подготовка проекта к описанию алгоритмов .....	85

11.3.2.Реализация алгоритма тарировки сепарационных емкостей.....	87
11.3.2.1.Постановка задачи тарировки.....	87
11.3.2.2.Построение математической модели алгоритма .....	87
11.3.2.3.Реализация алгоритма в Simatic PCS .....	88
11.3.3.Реализация алгоритмов ПАСиЗ оборудования КГС .....	89
11.3.3.1.Постановка задачи реализации ПАЗ .....	89
11.3.3.2.Построение алгоритма реализации ПАСиЗ.....	91
11.3.3.3.Реализация алгоритма в Simatic PCS .....	91
11.3.4.Реализация алгоритмов автоматизации учета производительности установки по газу .....	92
11.3.4.1.Постановка задачи реализации автоматического учета.....	92
11.3.4.2.Математическое описание алгоритма.....	92
11.3.4.3.Реализация алгоритма в Simatic PCS .....	92
<b>12.Создание НМІ проекта КГС в WinCC .....</b>	<b>93</b>
12.1.Подготовка проекта WinCC .....	93
12.2.Разработка экранных форм SCADA проекта .....	96
12.2.1.Описание графических элементов SCADA.....	96
12.2.2.Чертежи видеокладов .....	98
<b>13.Разработка системы управления техническим обслуживанием и ремонтom и калибровкой средств автоматизации .....</b>	<b>98</b>
<b>14.Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....</b>	<b>102</b>
14.1.Потенциальные потребители результатов исследования .....	102
14.2.Анализ конкурентных технических решений .....	102
14.3.Планирование научно-исследовательских работ.....	104
14.3.1.Структура работ в рамках научного исследования .....	104
14.3.2.Разработка графика проведения научного исследования .....	105
14.3.3.Бюджет научно-технического исследования .....	108
14.3.3.1.Расчёт материальных затрат .....	108
14.3.3.2.Расчет затрат на специальное оборудование .....	109
14.3.3.3.Основная заработная плата исполнителей темы .....	109

14.3.3.4.Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	110
14.3.3.5.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	110
14.3.3.6.Накладные расходы .....	111
14.3.3.7.Формирование бюджета затрат нип.....	111
14.3.4.Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	112
15.1.Оператор АРМ.....	118
15.2.Персонал обслуживающий АСТ ТП .....	119
15.3.Меры по предотвращению отказа эксплуатационного оборудования....	121
15.4.Меры предотвращения поражения персонала электрическим током .....	121
15.5.Меры по предотвращению превышения ПДК метана в воздухе .....	122
15.6.Обеспечение норм пожарной и взрывной безопасности .....	124
<b>Заключение</b> .....	<b>126</b>
<b>Список использованных источников</b> .....	<b>127</b>
<b>Приложение А</b> .....	<b>131</b>
<b>Приложение Б</b> .....	<b>133</b>
<b>Приложение В</b> .....	<b>136</b>
<b>Приложение Г</b> .....	<b>137</b>
<b>Приложение Д</b> .....	<b>138</b>
<b>Приложение Е</b> .....	<b>139</b>
<b>Приложение Ж</b> .....	<b>142</b>
<b>Приложение З</b> .....	<b>143</b>
<b>Приложение И</b> .....	<b>145</b>
<b>Приложение К</b> .....	<b>148</b>

## **Введение**

Автоматизированная система телеметрии предназначена для обеспечения дистанционного контроля технологических параметров объекта автоматизации, эксплуатации его в безопасном режиме и поддержание его в требуемом техническом состоянии.

Выпускная квалификационная работа выполнена для реального технологического объекта кустов газовых скважин «Мыльджинского ГКМ». Данная работа в последующем может являться основой для реализации на исследуемом объекте и включает в себя:

- описание концепции и требований к автоматизированной системе;
- разработку структуры АСТ ТП КГС;
- разработку функциональной схемы автоматизации объектов находящихся на территории куста газовой скважины;
- выбор средств реализации автоматизированной системы;
- разработку структурной схемы автоматической системы пожарной сигнализации;
- разработку алгоритмов предупредительной аварийной сигнализации и защиты сепарационного блока КГС;
- организации начальной стадии проектирования программного обеспечения, которая включает в себя конфигурирование оборудования шкафов АСТ ТП, а также разработку таблицы сигналов проекта;
- разработку системы управления техническим обслуживанием, ремонтом и калибровкой.

## Часть 1. Теоретическая часть

### 1. Описание объекта исследования

#### 1.1. Общие сведения

Объектом исследования является куст газовых скважин Мыльджинского газоконденсатного месторождения. Полное название объекта: «Кусты газовых скважин «Мыльджинского ГКМ» (КГС МГКМ)». Условное обозначение системы: АСТ ТП КГС «Мыльджинского ГКМ», далее по тексту АСТ ТП КГС.

Расчётная производительность КГС «Мыльджинского ГКМ» составляет 18 тыс.м<sup>3</sup>/ч. Количество эксплуатируемых скважин – 6 (№211, №212, №213, №214, №215, №216). Основные характеристики продукции скважин приведены ниже в таблице 1. Компонентный состав газа и конденсата представлен в таблице 2.

Таблица 1 - Основные характеристики продукции скважин

Характеристика	Значение	Размерность
Плотность газа, поступающего от скважин	0,569	кг/м <sup>3</sup>
Содержание влаги в продукции скважин	100	%
Температура продукции со скважины	30	°С
Удельная теплоёмкость при постоянном давлении (С <sub>р</sub> )	2,21	кДж/(кг·К)
Температура точки росы по углеводородам (ТТРув) при абсолютном давлении от 2,5 до 7,5 МПа, °С, не выше:	20	°С
Показатель сжимаемости газа (Z)	0,879	-
Дебит скважины № 115	3000,0	м <sup>3</sup> /ч
Дебит скважины № 116	2500	м <sup>3</sup> /ч
Дебит скважины № 117	3500	м <sup>3</sup> /ч
Дебит скважины № 118	4000	м <sup>3</sup> /ч
Дебит скважины № 119	3000	м <sup>3</sup> /ч
Дебит скважины № 120	2000	м <sup>3</sup> /ч

Таблица 2 – компонентный состав газов и конденсата на МГКМ

Компоненты	Газ сепарации	Газ дегазации	Стаб. конденсат	Пластовый газ
СН <sub>4</sub>	90,73	59,10	-	89,20
С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	3,44	9,23	-	3,43
С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	2,12	18,71	0,92	2,22

изо-С <sup>4</sup> Н <sup>10</sup>	0,40	4,74	2,42	0,46
н-С <sup>4</sup> Н <sup>10</sup>	0,44	5,24	5,89	0,56
С <sup>5</sup> Н <sup>12</sup>	0,23	2,27	90,77	1,59
Н <sub>2</sub>	2,32	0,29	-	2,28
Не	0,02	-	-	0,02
СО <sub>2</sub>	0,30	0,42	-	0,29

Скважины находятся на глубине порядка двух тысяч четырёхсот метров.

Добываемая продукция от скважин на УКПГ подаётся шлейфами, давление в которых порядка 15 МПа.

### **1.2. Состав технологического оборудования КГС**

В состав технологического и эксплуатационного оборудования КГС входят:

- эксплуатационная колонна;
- технологический трубопровод;
- фонтанная арматура;
- гребёнка;
- сепаратор;
- дренажная ёмкость;
- ёмкость подземная;
- щитовая КИПиА;
- электрощитовая;
- оборудование контроля параметров;
- исполнительные механизмы.

### **1.3. Описание технологического процесса на КГС**

Сбор продукции с кустов скважин производится по коллекторно-лучевой схеме, которая включает в себя 7 самостоятельных коллекторов диаметром 200-300 мм, по которым газожидкостная смесь от кустов скважин поступает на установку комплексной подготовки газа и конденсата (УКПГиК).

Куст скважин – это горизонтальная площадка, с размещёнными на ней: газовые скважины, эстакада технологических трубопроводов, оборудование фонтанной арматуры, узел сепарации, узел для газоконденсатных исследований и работ по замеру дебитов скважин, средства автоматизации и контроля, связи.

Продукция производящих скважин по насосно-компрессорным трубам переходит в боковой верхний отвод фонтанной арматуры, далее переходит через регулируемый дроссель и по теплоизолированным трубопроводам от горизонтальных скважин и наклонных и от вертикальных скважин попадает на распределительную гребенку, которая позволяет:

- 1) направить газ на освоение скважины после ее капитального ремонта;
- 2) направить поток выбранной скважины куста на газоконденсатные исследования и узел замера дебита;
- 3) осуществлять продувку выбранной скважины куста на факел;
- 4) объединить потоки всех скважин куста.

Технологическое рабочее давление газа после дросселя для разных кустов скважин не превышает 8,3 МПа, температура +5 - +39 °С.

От кустов скважин природный газ по индивидуальным газопроводам-шлейфам поступает на узел входа шлейфа где распределяется на 3 модуля подготовки газа.

Для устранения гидратообразования в скважинах на регулирующем дросселе фонтанной арматуры и в газопроводах предусмотрен дозированный ввод метанола. Точки ввода:

- 1) затрубное пространство скважин - давлением до 16 МПа;
- 2) в рабочую линию скважины – до дросселя фонтанной арматуры – давлением до 16 МПа;
- 3) в газопровод-шлейф на выходе от куста – давлением до 14,9 МПа.

Подача метанола выполняется централизованно – по трубопроводной системе от блока дозирования ингибитора.

Продувка скважин при освоении производится по технологическим трубопроводам высокого давления на факельный амбар, представляющий собой

обвалованный участок земли. Размеры и конструкция амбара позволяет локализовать пламена. На технологическом трубопроводе монтируется диафрагменный измеритель критического течения для распыления жидкой фазы.

Технологической схемой обустройства кустов скважин реализована система блокировок клапанами-отсекателями и предохранительными устройствами, срабатывающими при возникновении аварийных ситуаций, а также при повышении и снижении давления в газопроводе-шлейфе.

Основываясь на требованиях к качеству подготавливаемого газа, на установке комплексной подготовки газа производится осуществляется наиболее приемлемый способ подготовки товарной продукции – низкотемпературная сепарация. Планируемые на длительный период режимы работы газовых скважин (поддержание достаточно высоких устьевых давлений) обуславливают целесообразность применения низкотемпературная сепарация для подготовки газа. Подключение скважин к УКПГ – коллекторно-лучевое и выполнено с учётом баланса расходов газа по модулю подготовки газа.

В скважинах кустов также имеется наличие нефтяной жидкости. Следствие этого на кустах расположен сепаратор, для первичной сепарации. Процесс сепарации осуществляется в одну ступень. Внутри сепаратора присутствуют отбойники, успокоители и каплеотбойники. Сепаратор обеспечивает отделение от газа нефтяной и капельной жидкости. Газ отводится из сепараторов через штуцер, который установлен на верхней крышке. Количество выходящего газа из сепаратора замеряется расходомером. На линии выхода газа из сепараторов устанавливается регулятор давления «до себя», который обеспечивает поддержание требуемого давления в сепараторе. На сепараторе предусмотрен контроль уровня накопленной жидкости, контроль давления в сепараторе. Отделённая жидкость через дроссель отводят в дренажную ёмкость.

Для исключения гидравлического удара в трубопроводах, необходимо, чтобы клапаны сброса жидкости из фильтр-сепаратора и сепаратора

производили плавное (постепенное) открытие, которое, в свою очередь, определяется при пуско-наладочных работах совместно с АСТ ТП.

Для возможности определения характеристик каждой скважины отдельно, предусмотрено периодическое проведение замерных операций. С этой целью гребёнка, оборудуется замерным коллектором. Данная операция по замеру продукции отдельной скважины производится при помощи резервного сепаратора, который имеет узел учёта на линии выхода газа. Контрольный замер дебита скважин производится один раз в месяц.

Для контроля внутреннего давления в сепараторе он оборудован датчиком давления, который дублируется манометром.

Всё технологическое оборудование имеет защитные предохранительные клапаны от превышения давления в аппаратах. Сброс от клапанов централизованно направляется на свечи рассеивания.

Предусмотрены линии сброса давления газа с аппаратов и со струн гребёнки, которые заводятся в линии сброса на свечу от предохранительных клапанов.

Регулирующая и отсечная трубопроводная арматура, подключённая к АСТ ТП, имеет ручные дублёры.

## **2. Сведения о проекте АСТ ТП КГС «Мыльджинского ГКМ»**

### **2.1. Концепция АСТ ТП КГС**

АСТ ТП КГС является автономной системой. В АСТ ТП КГС используются коммуникационные и программно-технические средства, которые позволяют реализовать управление оборудованием и контроль параметров КГС. Функции управления и контроля в АСТ ТП выполняются в реальном масштабе времени, круглосуточно. АСТ ТП КГС функционирует круглосуточно и круглогодично и позволяет обеспечить следующие режимы:

- автоматизированный с дистанционным централизованным контролем и управлением;
- автоматический;

– ручной.

В автоматизированном режиме управление технологическими процессами осуществляется дежурным оператором с АРМ оператора АСТ ТП КГС, которого в свою очередь контролирует дежурный инженер технолог. Автоматизированный режим работы АСТ ТП КГС осуществляется при пуске и выводе дополнительно устанавливаемого оборудования и оборудования на режимы работы, соответствующие регламентам.

В автоматическом режиме система обеспечивает оптимальный режим работы технологического оборудования КГС, соответствующий регламенту, с учетом текущего состояния оборудования и с заданной производительностью.

В автоматическом режиме осуществляется управление операторами АСТ ТП КГС с АРМ оператора, установленных в операторной.

В ручном режиме управление оборудованием и технологическими процессами производится эксплуатационным персоналом с помощью непосредственного воздействия вручную на исполнительные механизмы, переведённые с дистанционного управления на ручное, либо отключенные от дистанционного применения. При этом производится автоматизированный контроль состояния режимных параметров и исполнительных механизмов. Ручной режим используется при ограничениях выполнения функций системы вследствие отключения части программно-технических средств АСТ ТП КГС и при проведении ремонтных работ.

Основным режимом работы АСТ ТП КГС является автоматизированный режим, при котором необходимо постоянное присутствие оперативного дежурного персонала.

Разрабатываемым проектом предусмотрен контроль наличия предельно допустимых концентраций горючих газов в воздухе КГС «Мыльджинского ГКМ». Оповещение о наличии загазованности выполняется на технологической площадке, в виде звуковой и световой сигнализации, и на АРМ оператора. Разрабатываемая система контроля загазованности является автономной

функциональной подсистемой, которая в свою очередь является частью АСТ ТП КГС.

Также в рамках проекта предусмотрена система охранно-пожарной сигнализации (ОПС). Оповещение о возникновении пожара выполняется с помощью световой и звуковой сигнализации по месту возникновения. Также оповещение в виде сигнализации приходит на АРМ оператора и в диспетчерскую службы пожаротушения. Также предусмотрена защита от ложного срабатывания систем ОПС.

При нарушении контролируемых параметров КГС и при выходе значений за предаварийные срабатывает ПАСиЗ, что приводит к срабатыванию соответствующих отсечных клапанов, и оповещению эксплуатационного персонала в операторной.

Для контроля правильной эксплуатации оборудования КИПиА и АСУ разработана база данных, которая реализует контроль проведения ТО и калибровки, а также реализует передачу информации о текущем состоянии оборудования и его перемещениях.

В следствие отдалённости технологического объекта коммуникации между АРМ оператора, контроллерным оборудованием и исполнительными механизмами производится по беспроводной связи, через сервер АСУ ТП, через специальные модемы.

## **2.2. Назначение АСТ ТП КГС**

Назначение площадки:

- производство сбора продукции скважин;
- выполнение первичной сепарации продукции скважин;
- снижение давления скважин;
- вывод газа и жидкости к точкам сбора и подготовки газа и газоконденсата.

АСТ ТП КГС обеспечивает:

- контроль параметров КГС;

- автоматическое и автоматизированное управление процессов КГС;
- осуществление контроля за техническим состоянием элементов системы АСТ ТП КГС;
- осуществление контроля воздушной среды и противопожарной безопасности;
- организация базы данных, формирование архива, суточной и сменной ведомости.

### **2.3. Цели и задачи АСТ ТП КГС**

Основной целью автоматизации является превращение КГС в автоматизированное производственное звено, которое работает в автоматическом режиме под управлением собственной системы автоматического управления следуя заданиями вышестоящего уровня управления с минимальным количеством обслуживающего персонала.

Прочими целями создания системы АСТ ТП КГС являются:

- обеспечение безопасного и эффективного технологического процесса добычи, первичной сепарации и продвижение газа к следующим технологическим линиям с возможностью непрерывного контроля технологических параметров и оперативного управления в штатных и нештатных ситуациях;
- снижение ущерба за счет предотвращения аварийных ситуаций и оперативной локализации аварийных участков.

Поставленные цели достигаются за счет:

- реализации дистанционного контроля и управления путем создания специального автоматизированного рабочего места оперативного персонала (панель оператора КГС);
- применения систем телеметрии на базе использования современных сертифицированных программно-технических средств с высокой эксплуатационной надежностью;

– использования унифицированных средств автоматизации и телеметрии, программно-технического комплекса и интерфейсов взаимодействия различных уровней управления.

Основными задачами автоматизации КГС являются:

– обеспечение надежной и эффективной работы КГС за счет оптимального управления режимами работы технологического оборудования, в соответствии с требованиями технологических регламентов, предупреждения аварийных ситуаций, прогнозирования, нахождения и устранения отклонений;

– снижение материально-технических ресурсов, непроизводительных потерь и сокращение эксплуатационных расходов, выполнение поставленных задач по объемам газа, подаваемого потребителям;

– повышение безопасности эксплуатации КГС;

– обеспечение автоматической защиты потребителя от превышения или снижения давления газа на выходе КГС;

– передача информации о работе КГС на локальный пункт контроля и управления, расположенный на УКПП;

– обеспечение противоаварийной и противопожарной защиты КГС, включая отключение КГС в аварийных ситуациях;

– контроль за действием персонала;

АСТ ТП КГС обеспечивает выполнение всех комплексов операций по защите оборудования, контролю и управлению КГС, включая обмен информацией с системой управления вышестоящего уровня.

### **3. Соблюдение требований к АСТ ТП КГС**

Требования к АСТ ТП КГС описываются в техническом задании (ТЗ) на объект автоматизации, согласно ГОСТ 34.602-89 [1]. Далее происходит реализация проекта и осуществление сверки систем на соответствие требованиям ТЗ согласно регламентам, которые изложены в ГОСТ 34.603-92 [2]. Результатом каждой проверки является оформление соответствующих протоколов.

### 3.1. Требования к техническому обеспечению

Аппаратура, устанавливаемая на открытых площадках должна быть устойчивой к воздействию влажности 85% и более при температуре 35 °С и температур от -50 °С до +50 °С.

Программно-технический комплекс автоматизированной системы должен допускать возможность развития, наращивания и модернизации системы. Комплекс должен иметь возможность резервирования по каналам ввода/вывода от 20 % и более.

Датчики, которые используются в системе, необходимо подбирать в соответствии с требованиями взрывобезопасности. Чувствительные элементы датчиков, которые соприкасаются с агрессивной средой, должны быть произведены из коррозионностойких материалов, или должны быть применены разделители сред. Рекомендуется применять аппаратуру с искробезопасными цепями.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения необходимо подбирать, основываясь на лучших показателях мирового уровня и образцах отечественных изделий, а именно:

- время наработки на отказ должно составлять не менее ста тысяч часов;
- срок службы должен составлять не менее десяти лет.

Степень пылевлагозащиты технических средств должна быть не менее IP56. [3]

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, которая позволяет свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, помимо использования модулей с искробезопасными входными цепями, допускается использовать внешние барьеры искробезопасности, размещённых в отдельном конструктиве.

### **3.2. Требования к метрологическому обеспечению**

Сроки проведение калибровки и поверки необходимо составлять согласно нормативным документам и рекомендациям описанным в эксплуатационных документах на оборудование. Проведение данных операций производят лица имеющие соответствующую квалификацию и допуск к проведению данных работ.

Основная приведённая погрешность датчиков давления должна находиться в пределах 1%, а для фильтров не более 0,2%.

Основная относительная погрешность датчиков температуры и сигнализаторов уровня должна находиться в пределах 0,5%.

### **3.3. Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение терминала должно быть совместимым с существующими на объектах эксплуатации.

Программное обеспечение АС включает в себя:

- общее (базовое) прикладное программное обеспечение;
- системное программное обеспечение (операционные системы);
- специальное прикладное программное обеспечение;
- инструментальное программное обеспечение.

Оборудование обработки информации должно производить хранение архивов информации:

- протокол событий, тренды – 1 месяц;
- месячные отчеты – 1 год;
- отчеты за сутки, смену, два часа, – 3 месяца.

Программное обеспечение должно резервироваться с помощью архивов копий на компакт-диске.

Специальное прикладное программное обеспечение должно обеспечивать исполнения нестандартных функций соответствующего уровня АС, например алгоритмы управления, расчёты и другие. Базовое ПО должно

выполнять обеспечение выполнения стандартных функций (измерение, опрос, сигнализация, визуализация, фильтрация, регистрация и другие).

Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту IEC 61131-3.

Не должны искажаться первичные данные, которые поступают с измерительных систем и средств измерений, при работе в автоматическом режиме; при любых способах ввода данных должны быть предусмотрены соответствующие способы контроля, выявляющие или исключающие возможные ошибки.

Проверка производится на соответствие прикладного и общесистемного программного обеспечения требованиям по параметрированию (проверка правильности установки технологических границ, шкал датчиков и т.п.) и конфигурированию (проверка правильности привязки исполнительных механизмов и датчиков к видеокадрам, таблицам подключения и т.п.).

### **3.4. Требования к типовым функциям**

Проверке подходят следующие типовые функции:

- входной аналоговый сигнал 4–20 мА;
- входной дискретный сигнал;
- клапан;
- кран;
- насос;
- задвижка.

Типовые функции сигнализации и измерения проверяются с операторской станции по одной функции каждого вида выборочно по каждой подсистеме сбора информации. Типовые функции регулирования и управления исполнительными механизмами проверяются по каждому контуру отдельно. Если протоколы наладки подписаны полномочным представителем Заказчика, то их разрешено засчитывать в качестве проведенных испытаний контуров

регулирования и управления исполнительными механизмами протоколы наладки.

Имитация дискретных сигналов осуществляется при помощи замыкания соответствующих позиций выходных/входных клемм в шкафах управления. Имитация аналоговых сигналов осуществляется с помощью калибратора, подключая его к соответствующим позициям входных клемм в шкафах управления. Прохождение сигнала отслеживается по индикации на соответствующих реле, и при помощи индикаторов на выходных/входных модулях.

### **3.5. Требования к лингвистическому обеспечению**

Проверяется наличие инструкции оператора и инструкции программиста на русском языке.

Сверяются видеокadres на экранах оператора на предмет использования сокращенных наименований, которые применяются в общепринятых в русском языке аббревиатур, а также профессиональной лексике пользователей.

Интерфейс взаимодействия оперативно-технологического персонала с системами должен быть представлен на русском языке.

### **3.6. Требования к самодиагностике системы**

Проверка функций диагностики производится принудительным нарушением работы оборудования (оборвать цепь, удалить батарею, вынуть модуль и т.д.). По причине того, что проверка наличия связи с рабочим контроллером осуществляется при помощи отключения контроллера от сети или отключения питания контроллера. При этом на экране рабочей станции АРМ оператора, на соответствующем контроллере появляется аварийное сообщение и красная галочка, которые регистрируются в журналах сообщений.

### **3.7. Требования к надежности**

Сбои или отказы в выполнении функций не должны приводить объекты управления в аварийное, критическое или неопределённое состояние. Отказы в

частях верхнего уровня не должны приводить к нарушению работоспособности частей задач (функций), которые выполняются на нижних уровнях. ПТК не должен отключаться в течение всего периода проведения испытаний. При этом фиксируется наличие не плановых остановов или незапланированных сбоев. Среднее время ремонта АСТ ТП, который включает в себя доставку на место и получение необходимых запасных частей, диагностику неисправности и устранение отказа, не должно превышать двадцать четыре часа. Среднее время наработки на отказ АСТ ТП должно составлять не менее двадцати тысяч часов.

### **3.8. Требования к операторскому интерфейсу**

Проверяются функции регистрации оперативного персонала, сдачи – приема смены.

Проверяются функции недопущения действий оператора, которые приводят к «снятию» пользовательского приложения, перезагрузке компьютера, выходу в системные окна.

### **3.9. Требования к технике безопасности, эргономике и технической эстетике**

Проверяются техническая эстетика АРМ оператора и эргономические характеристики.

Проверяется наличие защиты от случайного прикосновения внешних элементов технических средств, находящиеся под напряжением, и наличие медных шин защитного заземления, в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и «Правилам устройств электроустановок». [4]

### **3.10. Требования к информационной безопасности**

Проверяется функция ведения администратором фамилий оперативного персонала и паролей с определением администрируемых возможностей пользователя.

Проверяется наличие системы защиты от несанкционированного доступа и ее работоспособность. Доступ должен быть разрешен только по личному для

каждого паролю и логину действующего персонала, который допущен к корректировке и управлению системы, и в границах полномочий, заложенных в личном коде доступа. Проверка производится попыткой изменить нормативно – справочную информацию или состояние каких-либо исполнительных механизмов с введением кода доступа, не позволяющим производить подобные действия.

## **Часть 2. Основная часть**

### **4. Выбор архитектуры и разработка структуры АСТ КГС**

Структура комплекса технических средств АСТ ТП КГС базируется на следующих основных принципах современной концепции построения АСТ [5]:

- распределенная структура подсистемы обработки и сбора информации;
- открытая архитектура информационного взаимодействия всевозможных компонентов системы;
- централизованное, иерархическое управление и контроль оборудованием и установками КГС;
- высокая степень готовности и простота обслуживания программно-технических средств;
- оптимизация распределения функций сбора информации и контроля;
- малое время ремонта;
- выборочное резервирование и самодиагностика компонентов КГС.

Открытая архитектура подразумевает дополнение системы новыми техническими средствами при минимальных затратах на стыковку с существующим комплексом технических средств, либо замену морально устаревших компонентов системы.

АСТ ТП КГС организована на специализированном программном обеспечении, которое обеспечивает автоматизированное выполнение функций АСТ ТП КГС.

Нижний уровень – уровень, выполняемый формированием управляющего воздействия на исполнительные механизмы по командам от АРМ, а также сбор, первичная обработка и передача информации по каналу связи на верхний уровень.

Средний уровень (контроллерный) имеет в своём составе локальный контроллер и производит выполнение операций внутри контроллера.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) включает в себя коммуникационный контроллер, который играет роль концентратора, а также компьютер и сервер базы данных, которые объединены в локальную сеть Ethernet.

Проектируемая АСТ ТП КГС выполнена в виде трёх уровневой системы:

- нулевой уровень – полевых контрольно-измерительных приборов и автоматики;
- первый уровень – контроллерный;
- второй уровень – АРМ оператора, диспетчерский уровень (SCADA-система), архивирование.

Для связи между элементами АСТ ТП КГС предусмотрено использование коммуникационных технологий, основанные на открытых международных стандартах.

На нижнем уровне АСТ ТП осуществляется выполнение следующих функций:

- автоматическое переключение отдельного технологического оборудования, при аварийных отклонениях параметров;
- получение и преобразование информации о параметрах работы технологического оборудования:
- возможность дистанционного перевода технологических сред на аварийную емкость и аварийной остановки всей технологической установки или технологического оборудования с разрабатываемого АРМ оператора;
- автоматическое регулирование уровня среды в технологическом оборудовании;
- автоматический контроль противопожарного состояния на объекте с выводом результатов контроля на АРМ;
- автоматический контроль состояния воздушной среды на технологическом объекте с выводом результатов контроля на АРМ.

На среднем уровне АСТ ТП производится выполнение следующих функции:

- выполнение заданных режимов работы технологического оборудования, включая организацию алгоритмов автоматического регулирования технологического процесса, выполнение графиков выключения/включения оборудования;
- обработка информации о состоянии технологического процесса;
- получение и отправка на верхний уровень АСТ ТП данных о значениях, которые характеризуют режимы работы оборудования;
- контроль состояния технологического оборудования;
- выполнение технологических блокировок и защит.

Средний уровень АСТ ТП КГС представляет собой распределенную систему управления, в составе которой центральный процессор обеспечения безопасности и противоаварийной защиты SIMATIC S7-400 F/H.

При потере связи с вышестоящим уровнем устройства управления нижнего уровня продолжают функционировать в автономном автоматическом режиме по определённым на момент потери связи уставкам.

На верхнем уровне АСТ ТП осуществляется выполнение следующих функции:

- дистанционное изменение параметров работы оборудования;
- опрос с фиксацией в архиве и требуемой периодичностью параметров основных технологических параметров управляемых объектов и их сигналов неисправностей с их временной привязкой, системных установок корректируемых оператором, предельных значений;
- круглосуточный контроль состояния основных технологических установок и агрегатов;
- передача настроечных и командных сигналов на нижний уровень АСТ ТП;

- прием и передачу сигналов о возникновении событий или ситуаций, которые требуют в дальнейшем вмешательства работников вышестоящего уровня управления;
- формирования дистанционных управляющих воздействий, которые определяют режимы работы технологического оборудования;
- визуализации технологического процесса, на основе данных сгенерированных внутри АСТ ТП или полученных извне, включая ее документирование, цифровую индикацию и сигнализацию;
- ведение архивов данных о действиях работников и событиях, изменениях параметров, ходе процессов; формирования на базе этих архивов и выдачу по установленным формам технологических и иных сводок, отчетов, журналов за заданные промежутки времени.

Оборудование верхнего уровня представляет собой:

- АРМ инженера;
- АРМ оператора;
- сервер АСУ;
- принтер отчетов.

Режим работы АСТ ТП КГС - непрерывный.

АСТ ТП КГС должна функционировать в двух режимах:

- информационном;
- информационно-управляющем.

Информационный режим используется при проведении работ по модификации баз данных как систем управления и контроля уровня верхнего уровня, так и самой АСТ ТП КГС. В информационном режиме обязательно блокируются передачи команд управления на технологическое оборудование.

Информационно-управляющий режим обеспечивает выполнение всех функций системы по управлению и контролю оборудованием и установками КГС и является основным при штатной эксплуатации АСТ ТП КГС.

Переключение между режимами осуществляется на уровне ПУ при помощи установки признака блокирования команд управления, включая команды с вышестоящих уровней.

В приложении А представлены структурная обобщенная схема автоматизации, а также структурная трехуровневая схема автоматизации КГС «Мыльджинского ГКМ» [6].

## **5. Разработка функциональной схемы автоматизации**

Необходимый объём автоматизации отражен в разработанных функциональных схемах автоматизации АСТ ТП КГС. Разработанные схемы представлены в приложение Б.

Функциональные схемы произведены для площадки фонтанной арматуры, сепарационной площадки и площадки дренажной ёмкости. Они отражают в себе техническую позицию средства автоматизации, его примерное расположение на технологической площадке (оборудование), а также назначение и функцию средства автоматизации. Также отражаются связи средства автоматизации с системой предупредительной аварийной сигнализации и защиты путём отображения уставок измерительных устройств и действий исполнительных устройств на превышение аварийных уставок.

## **6. Технические средства реализации АСТ ТП КГС**

### **6.1. Выбор контроллерного оборудования КГС**

Для управления АСТ ТП КГС применен программируемый логический контроллер фирмы Siemens SIMATIC S7-400 F/Н изображён на рисунке 1.



Рисунок 1 – Siemens SIMATIC S7-400 F/H

SIMATIC S7-400 F/H нацелены на решения задач управления и регулирования в системах автоматизации. Контроллеры дают возможность разрабатывать как автономные системы управления так и системы, работающие в общей информационной сети.

Основные характеристики контроллера фирмы Siemens S7-400 F/H:

- возможность применения стандартных конфигураций систем ввода-вывода;
- резервирование всех основных функций;
- высокий коэффициент готовности системы ввода-вывода, обеспечиваемый применением резервированных и переключаемых конфигураций системы ввода-вывода;
- конфигурации на основе двух стандартных или одной специализированной монтажной стойки;
- горячее резервирование: автоматическое безударное переключение на резервный блок в случае отказа ведущего бока;
- использование резервированных сетей PROFIBUS DP для построения переключаемых конфигураций системы ввода-вывода;
- системы автоматизации для построения систем противоаварийной защиты.

- без использования дополнительных работ на монтаж цепей ввода-вывода систем автоматики безопасности: применение высоко надежной связи через PROFIBUS DP с использованием профиля PROFISafe.

- базируется на использовании компонентов S7-400 F/H и станций распределенного ввода-вывода ET 200M с модулями систем безопасного управления (F-модулями).

- параллельная поддержка функций стандартного управления и функций противоаварийной автоматики.

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-400 F/H нацелены на обеспечения безопасности и построения систем противоаварийной защиты. При возникновение нештатных ситуаций подобные системы реагируют и производят перевод всего защищаемого оборудования или его части в безопасные состояния, которые обеспечивают надежную защиту окружающей среды и обслуживающего персонала.

Наряду с задачами обеспечения безопасности и противоаварийной защиты, программируемые контроллеры S7-400 F/H умеют решать и стандартные задачи управления. В системе ввода-вывода контроллеров имеется возможность использовать смешанный состав PROFISafe модулей, F- и модулей стандартного назначения. Конфигурирование и программирование всей системы производится с использованием одного и того же набора инструментальных средств.

Поддержка функций обеспечения безопасности и противоаварийной защиты. Резервирование на уровне CPU. Необходимый набор компонентов:

- два центральных процессора CPU 414-4H/ CPU 417-4H с F-Runtime лицензией;
- F модули ввода/ вывода;
- по два интерфейсных модуля IM 153-2 на станцию, станции ET 200M;
- две линии PROFIBUS DP.

В случае отказа CPU, линии PROFIBUS DP или с интерфейсного модуля IM 153-2 система остается в работоспособном состоянии. В случае отказа станции ET 200M или сигнального модуля доступ к каналам ввода/ вывода прекращается. F модули переходят в пассивные состояния.

S7- находят применение для построения систем обеспечения безопасности и противоаварийной защиты, которые отвечают требованиям:

- степень безопасности SIL 1 ... SIL 3 по IEC 61508;
- категорий безопасности 1 ... 4 по EN 954-1;
- классов безопасности АК 1 ... АК 6 по DIN V 19250/DIN V VDE 0801.

Функции обеспечения безопасности S7-400 F/H распределены между F/ PROFIsafe модулями системы ввода/ вывода и F секцией программы центрального процессора.

Сигнальные модули проводят мониторинг выходных и входных сигналов, производят проверку их на соответствие друг другу, применяют для проверки работоспособности испытательные сигналы.

Центральный процессор выполняет проверку правильности функционирования системы, выполняя функции самодиагностики, проверкой результатов выполнения команд, логики и хронологии выполнения программы. Также он проверяет работоспособность системы ввода/ вывода путем послышки тестовых сигналов.

При нахождение ошибок в работе системы все оборудование переводится в безопасные состояния.

S7-400 F/H программируются аналогичными способами, что и другие системы SIMATIC S7. Для программирования стандартных задач управления возможно использовать все возможности пакета STEP 7 [7].

### **6.1.1. Модуль блока питания PS 307**

Блоки питания предназначены для формирования выходного напряжения питания =24В, которое необходимо для питания центральных процессоров и ряда различных модулей контроллера.

Блоки питания PS 307 применяют для своего функционирования входное напряжение  $\sim 120\text{В}$  или  $\sim 230\text{В}$ . Все блоки питания имеют возможность применяться как для питания выходных и входных цепей контроллера, так и для питания внутренних цепей контроллера.

Модуль устанавливается на стандартную профильную шину DIN S7-300 в крайней левой позиции. Справа от блока питания устанавливается интерфейсный модуль (в стойках расширения) или модуль центрального процессора. Подключение к интерфейсному модулю или центральному процессору осуществляется при помощи силовой перемычки, входящей в комплект поставки каждого блока питания.

На лицевой панели модуля находятся:

- выключатель;
- индикатор выходного напряжения  $=24\text{В}$ .
- переключатель выбора уровня входного напряжения.
- терминал для подключения защитного заземления, кабеля выходного напряжения и кабеля входного напряжения.

Модули способны сохранять работоспособность в диапазоне температур от минус 25 до плюс 60°C. Остальные модули способны работать в диапазоне температур от 0 до плюс 60°C.

### **6.1.2. Интерфейсный модуль IM 153-2HF**

Интерфейсный модуль рассчитан на подключения станции ET 200M к сети PROFIBUS DP с электрическими (RS 485) каналами связи и исполнение функций стандартного ведомого устройства.



Рисунок 2 – Интерфейсный модуль IM 153-2HF

IM 153-2 также возможно использовать для подключения станций ET 200M к резервированным сетям PROFIBUS DP и реализации систем распределенного ввода-вывода резервированных контроллеров. Модули содержат функцию снабжения телеграмм отметками времени и даты и синхронизации. Также производится поддержка функций тактовой синхронизации.

Также интерфейсные модули дают возможность подключать станцию ET 200M к программируемым контроллерам SIMATIC S7, которые работают под управлением пакета Redundancy.

Станция ET 200M имеет возможность работать в переключаемых (с резервированием каналов связи) или одноканальных (без резервирования каналов связи) конфигурациях системы распределенного ввода-вывода резервированных систем автоматизации SIMATIC S7. В первом случае станция комплектуется только интерфейсными модулями IM 153-2 HF, во втором - любыми интерфейсными модулями IM 153.

### **6.1.3. Модуль аналогового ввода (AI) SM 331**

Для считывание в АСУ аналоговых сигналов используются модули SM 331, применяемые в комплексе с программируемыми логическими контроллерами SIMATIC S7 и станциями распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Внешний вид модуля аналогового ввода представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Модуль аналогового ввода SM 331.

Модули ввода аналоговых сигналов формируют цифровые значения мгновенных значений аналоговых величин путём выполнения аналого-цифрового преобразования входных аналоговых сигналов контроллера. Эти значения применяются центральным процессором в процессе исполнения программы.

Всевозможные модификации модулей ввода аналоговых сигналов SM331 дают возможность использовать датчики с унифицированными сигналами силы тока и напряжения, термометры сопротивления, датчики сопротивления и термопары.

Модули SM 331 характеризуются следующими показателями:

- конфигурируется, разрешающая способность от 9 до 15 бит плюс знак;
- возможность прерываний: модули имеют возможность формировать прерывания при достижении измеряемым параметром предельных значений, а также формировать диагностические прерывания;
- возможность использования большого количества модулей для измерения всевозможных видов аналоговых сигналов на различных пределах измерения. В многоканальных модулях разрешается выполнение индивидуальной настройки различных каналов на измерение выбранного вида аналогового сигнала с выбранным пределом измерений. Выбор вида аналогового сигнала осуществляется аппаратно при помощи соответствующей схемы подключения датчика модулей или выбора вида входного сигнала. Выбор

предела измерения осуществляется программным путем используя "Hardware Configuration" STEP 7;

– диагностика: модули имеют возможность переправлять в центральный процессор внушительный объем диагностической информации.

#### **6.1.4. Модули дискретного ввода (DI) SM 321**

Для считывания в АСУ дискретных сигналов применяются модули SM321, которые используются в составе программируемых логических контроллеров SIMATIC S7, а также станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Модули ввода дискретных сигналов имеют возможность работать как с бесконтактными датчиками ВЕRО, так и с контактными датчиками, подключаемыми по 2-проводным схемам. Они рассчитаны на преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы. Внешний вид модуля ввода дискретных сигналов изображён на рисунке 4.



Рисунок 4 – Модуль дискретного ввода SM 321

#### **6.1.5. Модули дискретного вывода (DO) SM 322**

Для вывода из АСУ дискретных сигналов применяются модули SM 322, которые используются в составе программируемых логических контроллеров SIMATIC S7, а также станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Существуют модификации модулей, которые дают возможность производить прямое подключение промежуточных коммутационных аппаратов или исполнительных устройств.

Модули вывода дискретных сигналов производят преобразование внутренних логических сигналов контроллера в его выходные дискретные сигналы. Они способны управлять магнитными пускателями, сигнальными лампами, задвижками и т.д.

При управлении цепями с низкими токами утечки, цепь нагрузки может коммутироваться таким образом, чтобы исключить формирование ложного сигнала включения. Внешний вид модуля дискретного вывода представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Модуль дискретного вывода SM 322

#### **6.1.6. Модули аналогового вывода (АО) SM322**

Модули вывода аналоговых сигналов рассчитаны на цифро-аналоговое преобразования внутренних цифровых величин контроллера SIMATIC S7 в его выходные аналоговые сигналы.

Модули характеризуются следующими показателями:

- диагностика: модули имеют возможность переправлять в центральный процессор внушительный объём диагностической информации;
- поддержка прерываний: при появлении ошибок модули имеют возможность формирования прерывания для центрального процессора;
- выходные сигналы силы тока и напряжения: выбор вида аналогового сигнала осуществляется программным способом для каждого выходного канала;

- разрешающая способность от 12 до 15 бит.

Внешний вид модуля аналогового вывода представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Модуль аналогового вывода SM 332

#### **6.1.7. Коммуникационный процессор CP 341**

Коммуникационный процессор CP 341 предоставляет скоростной обмен данными через PtP интерфейс, при этом разгружает центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач. Его возможно использовать в программируемых контроллерах SIMATIC S7-300 и станциях распределенного ввода-вывода ET 200M.

Модуль имеет три модификации, которые отличаются типом применяемого последовательного интерфейса:

- RS 232C;
- стандартная 20 мА токовая петля;
- RS 422/RS 485.

PtP соединения возможно устанавливать с:

- системами автоматизации SIMATIC S7/S5, а также системами других фирм-производителей;
- модемами;
- системами управления роботами;
- сканнерами и т.д.

Внешний вид коммуникационного процессора CP 341 изображён на рисунке 7.



Рисунок 7 – Коммуникационный процессор CP 341

## 6.2. Средства построения топологий



Рисунок 8 – Управляемые коммутаторы серии SCALANCE X-200

Управляемые коммутаторы серии SCALANCE X-200 предназначены для формирования звездообразных, линейных и кольцевых топологий Industrial Ethernet со скоростью обмена данными 10/100 Мбит/с.

Прочные PROFINET-совместимые соединители RJ45 промышленного исполнения, которые обеспечивают крепкую фиксацию подключаемых кабелей.

Прочный малоразмерный металлический корпус для установки на стандартную профильную шину S7-300.

В зависимости от типа коммутатора подключение сетевых станций выполняется через оптические или электрические порты Industrial Ethernet.

Наличие диагностических светодиодов на корпусе (обмен данными, состояние системы связи, наличие питания).

Применение резервированных цепей питания.

Формирование сигналов о появлении ошибок при помощи сигнального настраиваемого контакта.

Поддержка SNMP доступа, PROFINET диагностики, встроенный web сервер и автоматическая рассылка сообщений для выполнения дистанционной сигнализации и диагностики через сеть.

В типовом варианте модули монтируются в шкафу управления совместно с подключаемыми к сети станциями. Модуль также имеет возможность монтироваться вне шкафов управления.

### **6.3. Средства удалённой коммуникации**

Для построения связи между контроллерным оборудованием и диспетчерской станцией по беспроводному каналу необходим радиомодем, обеспечивающий бесперебойную работу и качественную передачу данных в обе стороны.

Устройства Viper-SC 100/200/400 являются защищенными IP-маршрутизаторами с большим количеством интерфейсов и дополнительных функций, которые выпускаются и разрабатываются компанией CalAmp (США). Модемы рассчитаны на построение защищенных стационарных и подвижных технологических радиосетей обмена данными по IP-протоколу. Модемы дают возможность создавать в диапазонах УВЧ и ОВЧ технологические радиосети разной конфигурации и масштаба со сплошной зоной покрытия. Также они способны конфигурироваться для работы в качестве моста или маршрутизатора и работать как обычный ретранслятор, который работает по принципу «принял – запомнил – переправил» или радиомодем.

Установление подобных функциональных возможностей разрешает строить технологические радиосети с высоконадежной самонастраивающейся инфраструктурой, в которых маршруты передачи сообщений имеют

возможность гибко подстраиваться в условиях отказов и сбоев отдельных частей радиосети. Реализация работы по IP-протоколу и высокая, если сравнивать с радиомодемами предыдущего поколения, выходная мощность обеспечила возможность использования устройства для создания как подвижных, так и стационарных радиосетей не сложной конфигурации с высокой пропускной способностью и степенью автоматизации.

Модемы имеют встроенную функцию обнаружения и автоматического поиска аналогичных устройств, которые работают в зоне доступности на определённых радиочастотах, что даёт возможность применять их для построения радиосетей типа MESH. Если происходит потеря сигнала от основного радиомодема сети, то каждое устройство имеет возможность автоматически изменить направление доставки сообщения и передать его через ближайший радиомодем (ретранслироваться).

Основные возможности:

- Устройства имеют встроенный Web-сервер, который обеспечивает простую программную настройку основных параметров (скорость обмена данными, шаг сетки радиочастот, и выходную мощность). Обновлять встраиваемое программное обеспечение возможно дистанционно по радиоканалу.

- Построение узкополосных защищенных стационарных технологических радиосетей обмена данными нового поколения с повышенной пропускной способностью, которые позволяют реализовать перспективные схемы коммутации с повышенной отказоустойчивостью и надежностью и функционируют по IP-протоколу.

- Устройства дают возможность подключать внешние компьютеры и управляющие контроллеры по интерфейсам RS-232 (информационный порт и порт для настройки и диагностики) и Ethernet.

Радиосети на оборудовании Viper-SC это идеальное решение для создания систем управления телемеханикой на распределенных объектах управления и сбора данных в электроэнергетике, нефтегазовой отрасли и на

предприятиях добывающей промышленности. Внешний вид модема представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Внешний вид радиомодема.

#### 6.4. Комплектация АРМ оператора

Управление АСТ ТП КГС осуществляется с помощью человеко-машинного интерфейса с АРМ оператора, который включает в себя:

- промышленный компьютер;
- монитор;
- манипулятор типа “мышь”;
- клавиатура;
- звуковые колонки;
- принтер отчетов.

Внешний вид типового АРМ оператора представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – диспетчерская станция оператора (АРМ)

Рабочая станция HP Z420 имеет характеристики со следующими показателями [8]:

- интеллектуальное шасси, не требующее инструментов для доступа к внутреннему объему;
- новый чипсет Intel C602 и процессоры Intel Xeon с тактовой частотой до 3,7 ГГц;
- поддержка графики нового поколения PCIe Gen3, которая имеет возможность модернизации профессиональными графическими платами NVIDIA и AMD;
- 700-ваттный блок питания с КПД 88%;
- поддержка 8 процессорных ядер;
- поддержка до 8 мониторов;
- поддержка SATA и SAS RAID;
- конфигурация без ПВХ и бронированных огнезащитных составов и с сертификацией ENERGY STAR®;
- 4-канальная архитектура памяти и 8 слотов DIMM, которые имеют общий объем до 64 ГБ при тактовой частоте 1500 МГц.



Рисунок 11 – Рабочая станция HP Z420

## 6.5. Выбор измерительных устройств

### 6.5.1. Датчик давления



Рисунок 12 – Датчик давления Rosemount 3051TG

*Применение в проекте АСТ ТП КГС:*

- контроль давления газа в аппарате (сепараторе);
- контроль давления в фонтанной арматуре (буфер, затруб).

*Особенности:* Exia – искробезопасные датчики для цепей класса "ia"; используют HART-протокол для передачи данных; самодиагностика; защита от переходных процессов и входных помех [9];

*Сигнал:* 4...20 мА Exia HART; 0-5 мА (не использовался в проекте);

*Погрешность аналогового сигнала:*  $\pm 0.075\%$ ;

*Межповерочный интервал:* 5 лет;

*Среда рабочая:* газовые смеси, нефтепродукты, газ, жидкости;

*Тип измерения:* избыточное давление;

*Диапазон измеряемого давления:* от -101,3 кПа (минимально), до 27689 кПа (максимально);

*Диапазон температур рабочей среды:* -45...+150 °С;

*Материал корпуса:* нержавеющая сталь, Тантал;

*Степень пылевлагозащиты:* IP66 по ГОСТ 14254;

*Взрывозащита:* Датчики давления Rosemount 3051 имеют взрывозащищенное исполнение по ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р 51330.1, ГОСТ Р

51330.10 вида взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia", пропускающих HART-сигнал;

*Надежность:* гарантийный срок 3 года; средний срок службы 12 лет; наработка на отказ – 150000ч;

*Питание:* 12-42 В (10,5-42,4 В) - для выходного сигнала 4-20 мА от искробезопасных цепей блоков питания (барьеров), которые имеют вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia" для взрывоопасных смесей группы ПС по ГОСТ Р 51330.0 и пропускающих HART-сигнал.



Рисунок 13 – Датчик давления Метран-55-ЛМП

*Применение в проекте АСТ ТП КГС:*

– измерение уровня в ёмкости сбора производственно-дождевых стоков тензометрическим методом измерения.

*Особенности:* Exia – искробезопасные датчики для цепей класса "ia"; защита от переходных процессов и входных помех [10];

*Сигнал:* 4...20 мА;

*Среда рабочая:* газовые смеси, нефтепродукты, газ, жидкости;

*Тип измерения:* избыточное давление;

*Диапазон измеряемого давления:*

- от 0 кПа (минимально), до 25кПа (максимально);

*Диапазон температур рабочей среды:* -20...+70 °С;

*Погрешность аналогового сигнала:* ±0.5%;

*Межповерочный интервал:* 4 года;

*Материал корпуса:* нержавеющая сталь, Тантал;

*Степень пылевлагозащиты:* IP66 по ГОСТ 14254;

*Взрывозащита:* Датчики давления Метран-55 имеют взрывозащищенное исполнение по ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р 51330.1, ГОСТ Р 51330.10 вида взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia";

*Надежность:* гарантийный срок 3 года; средний срок службы 8 лет; наработка на отказ – 100000ч;

*Питание:* 12-42 В (10,5-42,4 В) - для выходного сигнала 4...20 мА от искробезопасных цепей блоков питания (барьеров), которые имеют вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia" для взрывоопасных смесей группы ПС по ГОСТ Р 51330.0.

#### **6.5.2. Сигнализатор уровня**



Рисунок 14 – Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120

*Применение в проекте АСТ ТП КГС:* сигнализация уровня в сепараторе (предельно-высокий и предельно-низкий);

*Тип сигнализатора:* вибрационный;

*Длина чувствительного элемента(вилки);* 150 мм;

*Сигнал:* реле «сухой контакт» 24В.;

*Параметры среды:*

- температура  $-40...+150^{\circ}\text{C}$ ;
- избыточное давление 16 МПа;

*Быстродействие:* возможность выбора варианта задержки переключения (0,3, 1, 3, 10, 30 сек.), для регулировки возможности ложных срабатываний;

*Степень пылевлагозащиты:* IP66 по ГОСТ 14254;

*Особенности:* Exia – искробезопасные датчики для цепей класса "ia"; 1 точка контроля [11];

*Взрывозащита:* Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» с уровнем «особовзрывоопасный», которая соответствует ГОСТ Р51330.0, ГОСТ Р51330.1, имеет маркировку взрывозащиты «1ExdIICT6»;

*Межповерочный интервал:* 1 год.

### **6.5.3. Уровнемер**



Рисунок 15 – Волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301

*Применение в проекте АСТ ТП КГС:* измерение уровня в ёмкости подземной дренажной;

*Тип датчика:* волноводный радарный уровнемер для измерения уровня и раздела фаз;

*Особенности:* Exia – искробезопасные датчики для цепей класса "ia"; используют HART-протокол для передачи данных; индикация на датчике; повышенная электромагнитная совместимость [12];

*Длина зонда:* 4,3 м.;

*Сигнал:* 4-20 мА с цифровым сигналом на базе протокола HART;

*Верхний предел измеряемого уровня:* 0,2 м;

*Погрешность по аналоговому сигналу:*  $\pm 0.3\%$ ;

*Интервал обновления:* 1 обновление в секунду;

*Степень пылевлагозащиты:* IP66 по ГОСТ 14254;

*Взрывозащита:* Вид взрывозащиты «0ExiaПСТ4».

*Межповерочный интервал:* один год;

*Питание* 30 В - для выходного сигнала 4...20 мА от искробезопасных цепей блоков питания (барьеров).

#### **6.5.4. Преобразователь температуры**



Рисунок 16 – Беспроводной измерительный преобразователь температуры

Rosemount 648

*Применение в проекте АСТ ТП КГС:* измерение температуры продукции скважины проходящей через фонтанную арматуру;

*Тип датчика:* термопреобразователь сопротивления с преобразованием выходного сигнала в унифицированный;

*Тип связи с контроллером:* беспроводная связь через беспроводной шлюз;

*Погрешность аналогового сигнала:  $\pm 0.25\%$ ;*

*Степень пылевлагозащиты: IP66 по ГОСТ 14254;*

*Взрывозащита: Вид взрывозащиты «1GEхiaIICT4».*

*Межповерочный интервал: 3 года;*

*Питание: 7,2 В - для выходного сигнала 4...20 мА от искробезопасных модулей блоков питания со сроком службы до 10 лет.*



Рисунок 17 – Беспроводной шлюз 1420

Для передачи сигналов с беспроводного датчика в модуль ввода сигналов используется беспроводной шлюз 1420. Он управляет связью и безопасностью, а также даёт возможность беспроводным самоорганизующимся приборам связываться друг с другом. Шлюз является точкой входа для передачи данных от беспроводных приборов, которые затем преобразовываются в формат, совместимый с другими системами. Через сеть Ethernet или последовательное соединение возможна системная интеграция с помощью Modbus, OPC, TCP/IP.

Беспроводной шлюз 1420 позволяет пользователям получать измеренные значения, которые ранее не собирались. [13]

## 6.5.5. Расходомер



Рисунок 18 – Rosemount 3051S

*Применение в проекте АСТ ТП КГС:* контроль расхода газа на выходе сепаратора.

*Тип датчика:* диафрагмовый.

*Особенности:* Exia – искробезопасные датчики для цепей класса "ia"; применяют HART-протокол для самодиагностика; передачи данных; [14]

*Сигнал:* 4-20 мА, HART с возможностью выбора приоритета по измеряемому параметру;

*Среды:* агрессивные среды, газовые смеси, газ;

*Диапазон рабочих температур среды:* -50 - +230°C; -50 - +80°C - внешняя среда;

*Диапазон измеряемого расхода:* 0,063...805 см<sup>3</sup>/мин;

*Погрешность по аналоговому сигналу:* ±0.75%;

*Предельное давление:* 10 МПа;

*Степень пылевлагозащиты:* IP66 по ГОСТ 14254;

*Взрывозащита:* Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» с маркировкой по взрывозащите 0ExiaIICT4/T5;

*Надежность:* наработка на отказ – 150000ч; средний срок службы 12 лет;

*Межповерочный интервал:* 1 год;

## 6.6. Исполнительный механизм



Рисунок 19 – Электропривод фирмы AUMA

Блок управления электропривода фирмы AUMA с маркировкой взрывозащиты 1ExdПВТ4 и взрывозащитой вида "Взрывонепроницаемая оболочка" по ГОСТ Р 51330.1-99 рассчитан на манипулирование электроприводами запорно-регулирующей, запорной арматуры и шаровых кранов во взрывоопасных зонах. Установочные размеры и конструкция блока дают возможность устанавливать его в многооборотные, прямоходовые и неполноповоротные электроприводы. [15]

В составе электропривода блок обеспечивает выполнение следующих функций:

- контроль положения выходного звена электропривода даже при отсутствие электропитания;
- при превышении заданных крутящих моментов производить отключение электродвигателя;
- функционирование при потере одной фазы питающей сети;
- настраиваемая диаграмма задания крутящих моментов и скорости перемещения;
- закрытие, открытие и остановка в промежуточном состоянии запорного органа арматуры;

- формирование аналогового сигнала (4-20) мА, который соответствует состоянию запорного органа;
- управление по средством как дискретной подачи сигнала, так и аналогового (4-20) мА;
- набор защит (от падения напряжения, застопоривания запорного органа, времятоковая защита, короткого замыкания в нагрузке);
- дистанционное управление по дискретному (24 В DC, 220 В AC) или последовательному (RS-485) интерфейсу;
- считывание журнала событий и формирование параметров по инфракрасному каналу связи;
- защита от несанкционированного изменения параметров и управления;
- фиксация основных событий (достижение конечных положений, аварии, команды) с указанием даты и времени события;
- управление по аналоговому входу.

## 6.7. Оборудование ПАСиЗ

### 6.7.1. Средства контроля загазованности



Рисунок 20 – Газосигнализатор ГСМ-05

Для контроля уровня дозрывоопасных концентраций газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей был выбран газосигнализатор ГСМ-05 фирмы «ТЭК».

Газосигнализатор, в составе:

– блок детекторный БД. Маркировка по взрывозащите: 1ExdIICT4. Степень защиты от воздействия пыли и воды газопроницаемого стакана датчика IP21, степень защиты от воздействия пыли и воды кабельного ввода IP54. Диапазон температур окружающей среды: от минус 60 до плюс 50 °С;

– блок сигнализатора БС. Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP20. Диапазон температур окружающей среды: от 0 до плюс 50 °С.

Степень защиты от попадания внутрь посторонних тел и воды согласно ГОСТ 14254-96:

– для блока сигнализатора IP20;

– для блока детекторного IP54;

*Принцип действия:* каталитический;

*Погрешность:* ±0.04%;

*Сигналы:* RS 485, MODBUS RTU, HART, Ethernet 4-20 мА, аналоговый (от 0 до 100 % НКПР), 2 сигнальных реле (изолированных, сухой контакт) с программируемым пороговым реле [16];

*Температура среды:* минус 60...плюс 50°С;

*Диапазон срабатывания:* 0...100% НКПР;

### 6.7.2. Оборудование ОПС



Рисунок 21 – ПКУ «С2000М»

Пульт контроля и управления охранно-пожарный «С2000М»

Рассчитан на работу совместно с адресной системой управления противопожарным оборудованием и охранно-пожарной сигнализацией. Способен выполнять функции блочно-модульного прибора управления световым, речевым и звуковым оповещением, прибора приемно-контрольного пожарного и охранного, управление водяным, порошковым аэрозольным и газовым пожаротушением, инженерными системами, системы защиты от дыма. Коммуникация блоков производится при помощи проводной линии связи RS-485. [17]



Рисунок 22 – ППК «Сигнал-20м»

Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Сигнал-20М» рассчитан на:

- контроль 20-ти областей пожарной, охранной, тревожной сигнализации;
- приёма извещений от активных, автоматических и ручных пассивных, и четырёхпроводных охранных или пожарных извещателей, с нормально-разомкнутыми или нормально-замкнутыми внутренними контактами;
- управления световыми и звуковыми оповещателями;
- отправка извещений и приёма команд по интерфейсу RS-485 на сетевой контроллер ("С2000М" либо компьютер на котором установлено ПО АРМ "Орион");

- отправка оповещений "Неисправность" и "Пожар" на пульт пожарной части.

Прибор обеспечивает:

- ручное или дистанционное управление выходными реле;
- определённых шлейфовых соединений по команде от сетевого контроллера или вручную;
- снятие с охраны или постановка на охрану произвольных групп шлейфов, которые объединены одним паролем пользователя;
- подключение резервного ввода электропитания к дополнительному входу;
- контроль на короткое замыкание и целостности цепи подключения оповещателей по выходам реле.

Питание прибора производится с помощью двух (основной и резервной) или одного резервированного источников питания постоянного тока с напряжением от 10,2 до 28,0 В. [18]



Рисунок 23 – Внешний вид ручного извещателя ЕхИП535-1В

Ручные пожарные извещатели ЕхИП535-1В рассчитаны на непрерывную круглосуточную работу в системах пожаротушения и пожарной сигнализации при работе в составе с приёмно-контрольными устройствами. Они дают возможность передачи в шлейф сигнализации тревожного извещения путем выдергивания чеки. [19]



Рисунок 24 – Внешний вид пожарного извещателя ИП 212-3СУ

Извещатель пожарный «ИП 212-3СУ» необходим для обнаружения загораний, которые сопровождаются возникновением дыма в сооружениях различного назначения и закрытых помещениях зданий. При появлении дыма он создаёт электрический сигнал о возникшем пожаре, который регистрируется приемно-контрольным прибором. Рассчитан на непрерывную и круглосуточную работу с ППК, которые воспринимают сигнал о срабатывании пожарного извещателя в виде скачкообразного уменьшения внутреннего сопротивления и обеспечивают напряжение питания в шлейфе в диапазоне 9...28 В. [20]

Срабатывание извещателя происходит путём включением встроенного оптического индикатора. Имеет встроенную защиту от перегрузки при срабатывании, которая ограничивает пропускание тока через извещатель размером не более 30 мА.

## **7. Разработка таблицы сигналов**

Для удобства проектирования необходимо заранее описать перечень используемых сигналов, их типы и оборудование, которое работает с каждым конкретным сигналом. Перечень сигналов, используемых в АСТ ТП КГС приведён в таблице 3.

Таблица 3. Перечень сигналов АСТ ТП КГС

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
Площадка узла сепарации куста. Сепаратор центробежный вертикальный газовый СЦВ-Г.				
1-3.1	Давление в аппарате	Датчик давления Rosemount 3051TG	ТИ (4-20) мА	Сигнализация минимального предельного, минимального допустимого, максимального допустимого, максимального предельного значения давления
1-11.1	Минимальный предельный уровень жидкости	Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120	ТС (с.к.) 24 В	
1-11.2	Максимальный предельный уровень жидкости	Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120	ТС (с.к.) 24 В	
1-11.3	Минимальный допустимый уровень жидкости	Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120	ТС (с.к.) 24 В	
1-11.4	Максимальный допустимый уровень жидкости	Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120	ТС (с.к.) 24 В	
1-14.16	Загазованность площадки 20 % НКПР	Газосигнализатор ГСМ-05	ТС (с.к.) 24 В	

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
1-14.1б	Загазованность площадки 50 % НКПР	Газосигнализатор ГСМ-05	ТС (с.к.) 24 В	
1-14.1б	Неисправность сигнализации загазованности	Газосигнализатор ГСМ-05	ТС (с.к.) 24 В	
1-19.1	Сигнализация загазованности 20 % НКПР	Сигнализатор световой	ТУ (с.к.) 24 В	
1-19.2	Сигнализация загазованности 50 % НКПР	Сигнализатор световой	ТУ (с.к.) 24 В	
1-19.3	Сигнализация загазованности	Сигнализатор звуковой	ТУ (с.к.) 24 В	
1-20.1	Опробование сигнализации	Пост кнопочный взрывозащитный	ТС (с.к.) 24 В	
1э	Управление задвижкой 1э (открыть)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТУ (с.к.) 24 В	
1э	Управление задвижкой 1э (закрыть)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТУ (с.к.) 24 В	
1э	Управление задвижкой 1э (стоп)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТУ (с.к.) 24 В	

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
1э	Сигнализация состояния задвижки 1э (открыта)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТС (с.к.) 24 В	
1э	Сигнализация состояния задвижки 1э (закрыта)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТС (с.к.) 24 В	
1э	Сигнализация состояния задвижки 1э (авария)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТС (с.к.) 24 В	
1э	Сигнализация состояния задвижки 1э (муфта)	Блок управления электропривода задвижки 1э	ТС (с.к.) 24 В	
2э	Управление задвижкой 2э (открыть)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТУ (с.к.) 24 В	
2э	Управление задвижкой 2э (закрыть)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТУ (с.к.) 24 В	
2э	Управление задвижкой 2э (стоп)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТУ (с.к.) 24 В	
2э	Сигнализация состояния задвижки 2э (открыта)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТС (с.к.) 24 В	
2э	Сигнализация состояния задвижки 2э (закрыта)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТС (с.к.) 24 В	

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
2э	Сигнализация состояния задвижки 2э (авария)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТС (с.к.) 24 В	
2э	Сигнализация состояния задвижки 2э (муфта)	Блок управления электропривода задвижки 2э	ТС (с.к.) 24 В	
Кж-1	Управление клапаном Кж-1 (открыть)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТУ (с.к.) 24 В	
Кж-1	Управление клапаном Кж-1 (закрыть)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТУ (с.к.) 24 В	
Кж-1	Управление клапаном Кж-1 (стоп)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТУ (с.к.) 24 В	
Кж-1	Сигнализация состояния клапана Кж-1 (открыт)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТС (с.к.) 24 В	
Кж-1	Сигнализация состояния клапана Кж-1 (закрыт)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТС (с.к.) 24 В	
Кж-1	Сигнализация состояния клапана Кж-1 (авария)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТС (с.к.) 24 В	
Кж-1	Сигнализация состояния клапана Кж-1 (муфта)	Блок управления электропривода клапана Кж-1	ТС (с.к.) 24 В	

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
Площадка узла сепарации куста № 4. Площадочные трубопроводы газа.				
Задвижки 4э, 5э				
4э	Управление задвижкой 4э (открыть)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТУ (с.к.) 24 В	
4э	Управление задвижкой 4э (закрыть)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТУ (с.к.) 24 В	
4э	Управление задвижкой 4э (стоп)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТУ (с.к.) 24 В	
4э	Сигнализация состояния задвижки 4э (открыта)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТС (с.к.) 24 В	
4э	Сигнализация состояния задвижки 4э (закрыта)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТС (с.к.) 24 В	
4э	Сигнализация состояния задвижки 4э (авария)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТС (с.к.) 24 В	
4э	Сигнализация состояния задвижки 4э (муфта)	Блок управления электропривода задвижки 4э	ТС (с.к.) 24 В	
5э	Управление задвижкой 5э (открыть)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТУ (с.к.) 24 В	

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
5э	Управление задвижкой 5э (закрыть)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТУ (с.к.) 24 В	
5э	Управление задвижкой 5э (стоп)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТУ (с.к.) 24 В	
5э	Сигнализация состояния задвижки 5э (открыта)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТС (с.к.) 24 В	
5э	Сигнализация состояния задвижки 5э (закрыта)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТС (с.к.) 24 В	
5э	Сигнализация состояния задвижки 5э (авария)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТС (с.к.) 24 В	
5э	Сигнализация состояния задвижки 5э (муфта)	Блок управления электропривода задвижки 5э	ТС (с.к.) 24 В	
Площадка узла сепарации куста № 4. Емкость подземная дренажная ЕП (экспл. № 3 по ГП)				
3-12.1	Уровень жидкости	Волноводный уровнемер Rosemount 5301	ТИ (4-20) мА	Сигнализация минимального допустимого, максимального допустимого, максимального предельного значения уровня жидкости

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
3-14.1б	Загазованность площадки 20 % НКПР	Газосигнализатор ГСМ-05	ТС (с.к.) 24 В	
3-14.1б	Загазованность площадки 50 % НКПР	Газосигнализатор ГСМ-05	ТС (с.к.) 24 В	
3-14.1б	Неисправность сигнализации загазованности	Газосигнализатор ГСМ-05	ТС (с.к.) 24 В	
3-19.1	Сигнализация загазованности 20 % НКПР	Сигнализатор световой	ТУ (с.к.) 24 В	
3-19.2	Сигнализация загазованности 50 % НКПР	Сигнализатор световой	ТУ (с.к.) 24 В	
3-19.3	Сигнализация загазованности	Сигнализатор звуковой	ТУ (с.к.) 24 В	
3-20.1	Опробование сигнализации	Пост кнопочный взрывозащищенный	ТС (с.к.) 24 В	
Площадка узла сепарации куста № 4. Емкость для сбора производственно-дождевых стоков ЕД.				
4-3.1	Уровень жидкости	Датчик давления Метран-55-ЛМП	ТИ (4-20) мА	Сигнализация минимального допустимого, максимального допустимого значения уровня жидкости

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
Площадка узла сепарации куста № 4. Контрольный пункт. Блок КИПиА				
9-15.1	ИБП. Неисправность	Релейная плата	ТС (с.к.) 24 В	
9-16.1	Источник питания. Неисправность	Импульсный источник питания	ТС (с.к.) 24 В	
9-16.2	Источник питания. Неисправность	Импульсный источник питания	ТС (с.к.) 24 В	
	Пожар на территории площадки куста № 4	Щиток ОПС	ТС (с.к.) 24 В	
	Пожар в контрольном пункте	Щиток ОПС	ТС (с.к.) 24 В	
	Несанкционированный доступ в КТП	Щиток ОПС	ТС (с.к.) 24 В	
	Несанкционированный доступ в контрольный пункт	Щиток ОПС	ТС (с.к.) 24 В	
	Неисправность оборудования ОПС	Щиток ОПС	ТС (с.к.) 24 В	
	Пожар в КТП	Щиток ОПС	ТС (с.к.) 24 В	

Обозначение/позиция	Параметр	Наименование прибора	Тип сигнала	Выполняется программно
9-5.1	Несанкционированный доступ в шкаф автоматики	Концевой выключатель двери	ТС (с.к.) 24 В	

## 8. Проектирование шкафа контроллерной системы АСТ ТП КГС

Шкаф управления произведён на основе шкафа линейного TS8 фирмы Rittal [21]. Принципиальные схемы шкафа АСТ ТП КГС представлены в приложение В.

*Параметры шкафа управления (ШхГхВ):* 800 мм х 800 мм х 2000 мм;

*Вес шкафа:* 290 кг;

*Особенности монтажа:* шкаф управления поставлен на цоколь, высота которого составляет 100 мм; ввод кабеля расположен снизу; шкаф рассчитан для установки на пол со съёмными панелями;

*Степень пылевлагозащиты:* IP 55 по ГОСТ 14254-96;

*Способ защиты человека от поражения электрическим током:* классифицируется как изделие класса 0I по ГОСТ 12.2.007.0-75; соответствует ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.003-91;

*Потребляемая мощность шкафа управления:* не более 3000 Вт;

Шкаф управления оборудован замком для ограничения доступа и датчиком открытия дверей, и оборудован системой освещения, включение которой происходит при открытии двери шкафа. Также шкаф управления оборудован системой приточно-вытяжной вентиляции с автоматическими терморегуляторами, которые необходимы для контроля и регулирования определённого диапазона рабочих температур внутри шкафа.

Размещение технических средств шкафа производится следующим образом:

- оборудование среднего уровня АСТ ТП (шкаф управления, источник бесперебойного питания шкафа) устанавливаются в обогреваемых помещениях;
- шкаф управления и источник бесперебойного питания устанавливаются в аппаратной здания операторной объекта. АРМ инженера и АРМ оператора размещаются в операторной.

## 9. Принципиальные электрические схемы ТС АСТ ТП

### 9.1. СЭП питания шкафа АСУ ТП

Организация питания шкафа управления производится по схеме, которая указана на рисунке 25. Питание шкафа управления производится от источника бесперебойного питания. Питание источника бесперебойного питания производится от существующих электрических сетей.

В шкафу управления питание потребителей производится двумя источниками питания постоянного напряжения 24В [22]. Питание коммутаторов осуществляется двумя отдельными источниками питания постоянного напряжения 24В также запитанными от источника бесперебойного питания. Параллельная работа источников питания (резервирование) реализуется за счет модуля резервирования в комплексе с 4-х канальным модулем диагностики целостности цепей питания.

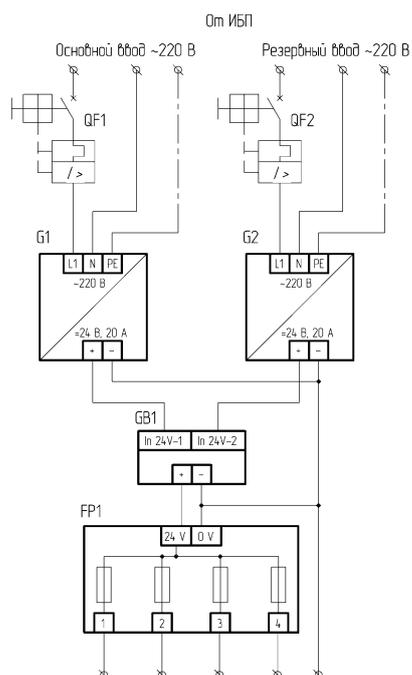


Рисунок 25 - Организация питания шкафа управления

## 9.2. СЭП заземления шкафа АСТ ТП

В шкафу управления предусмотрены две шины заземления: шина инструментального заземления, которая соединена с заземлителем инструментального заземления и изолирована от шкафа; шина защитного заземления, соединённая с металлическим корпусом шкафа. К шине присоединяются заземляющие контакты средств автоматизации, источников постоянного тока и измерительных приборов, а также экраны контрольных кабелей системы автоматизации. Схема заземления шкафа управления изображена ниже на рисунке 26.

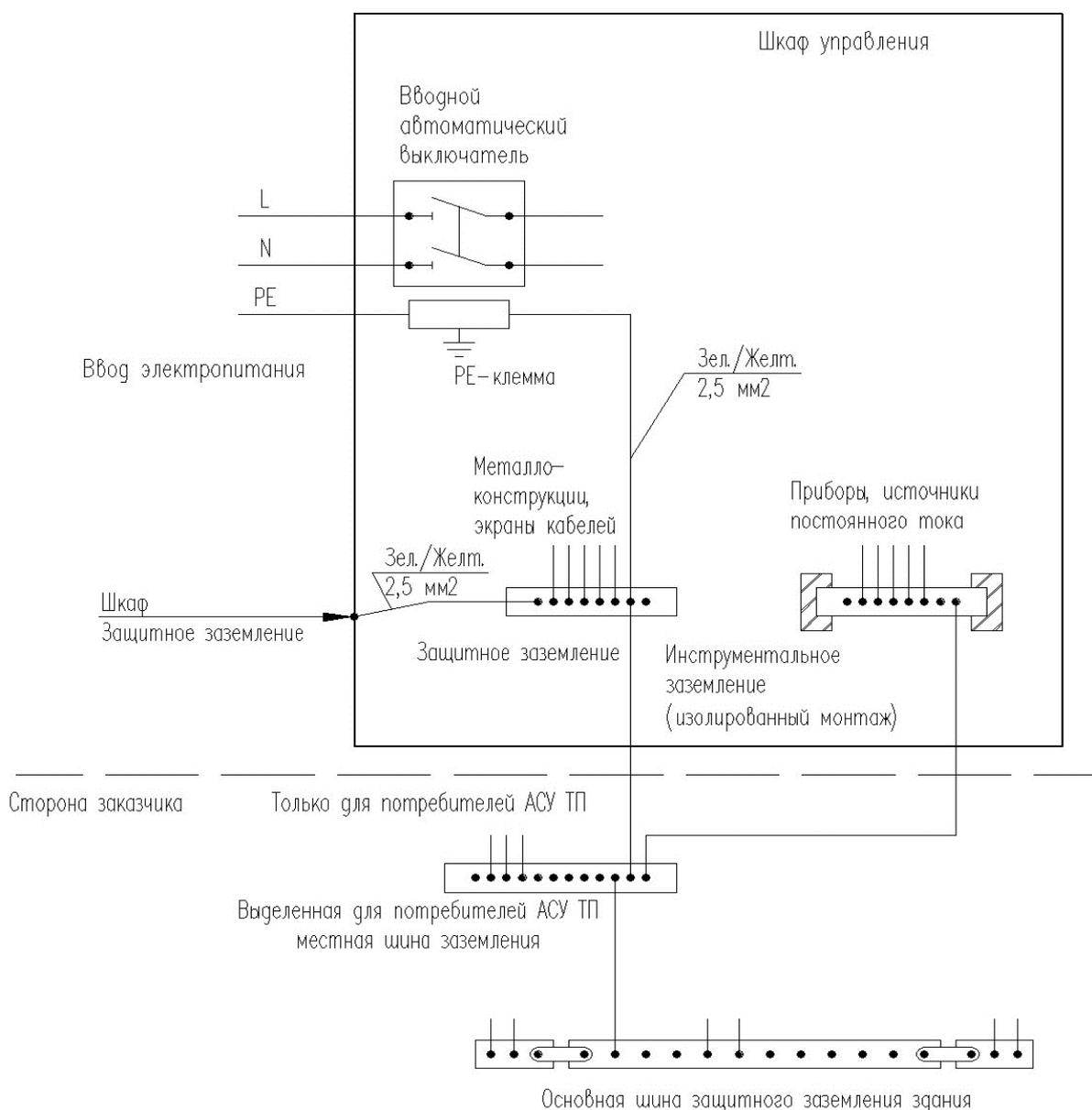


Рисунок 26 - Схема заземления шкафа управления

Две системы заземления изолированы друг от друга на всем протяжении до искусственных заземлителей и прикреплены в одной точке непосредственно в месте подсоединения к заземляющему устройству. Это предусмотрено для уравнивания потенциалов «нулевой» точки электрических схем и корпусов электрооборудования. Линии ввода заземляющих проводников и конструкция заземляющего устройства входят в объем проектирования электротехнической части проекта соответствующих объектов.

Заземлители должны быть установлены на площадке объекта вне зоны растекания защитного тока заземлителей контура заземления силового оборудования. Заземляющее устройство контура инструментального заземления должно иметь электрическое сопротивление не более 4 Ом. От заземляющего устройства заземляющие проводники проводятся в помещение. Расстояние между защитными заземлителями и заземлителями сигнального заземления объекта должно составлять не менее 20 м.

Защитное заземление должно быть выполнено в соответствии с ПУЭ.

Стальные лотки должны быть заземлены присоединением к контуру защитного заземления «РЕ».

Соединение заземляющих проводников с шинами «РЕ» и «SE» производится болтовыми соединениями. Жилы заземляющих проводников оконцовываются лужеными медными наконечниками соответствующего типоразмера. Прокладка заземляющих проводников к шкафу управления производится в лотках:

- для системы «SE» – в лотках сигнальных кабелей данного шкафа;
- для системы «РЕ» – в лотках с питающими кабелями данного шкафа.

Заземлители сигнального заземления должны иметь размеры не менее указанных для заземлителей защитного заземления и производятся из такого же материала, что и заземляющие проводники.

### **9.3. СЭП подключения ПЛК и станций ET200M**

В приложении Г приведена электрическая принципиальная схема подключения головной контроллерной резервированной станции Siemens S7-400F/H, а также электрические принципиальные схемы подключения модулей расширения Siemens S7-ET 200 M для контуров АСТ с резервированием.

## **10. Разработка автоматической системы пожарной сигнализации**

Автоматическая система пожарной сигнализация (АСПС) является комплексом технических средств, которые предназначены для идентификации возможных признаков возгорания на объекте и подачи информационного сигнала на пульт охраны, а также управление инженерными системами зданий и системами оповещения.

Рассматриваемыми местами возникновения пожара на КГС являются: контрольный пункт, площадка сепаратора, ёмкость подземная дренажная. Согласно НПБ-105-03 контрольный пункт, площадка сепаратора и ёмкость подземная дренажная относятся к следующим категориям зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности соответственно: Д; АН, В-1г, зона класса 2; АН, В-1г, зона класса 2. [23]

Основным пожароопасным веществом в помещении является газ и газоконденсат, добываемые со скважин.

Источником воспламенения газ и газоконденсата могут являться искра (электростатическая, механическая или электрическая) и открытый огонь.

### **10.1. Оценка рисков пожарной опасности**

Основным физическими проявлениями аварий, а также факторами, которые их сопровождают, в помещениях и наружных установках КГС являются:

- утечка в трубопроводной системе;
- высокое давление на выходе сепарационного агрегата и выход его из строя;

- возгорание электронных устройств в результате перегрева или внутрисхемного короткого замыкания;

- возгорание изоляции питающих кабелей в результате отказа системы аварийного отключения электропитания при коротких замыканиях или чрезмерно высоких токах потребления.

## **10.2. Анализ возможных сценариев развития пожара**

Для анализа причин утечки газа и газоконденсата на площадке КГС было составлено «дерево» отказа (рисунок 27), используемое в целом для определения наиболее эффективных мер предупреждения аварии.

Структура «дерева» отказа содержит одно головное событие (утечка на площадке КГС), соединяющееся с набором соответствующих нижестоящих событий (ошибок, неблагоприятных внешних воздействий, отказов), которые образуют причинные цепи, иначе сценарии аварий. Для связи между событиями в узлах «деревьев» применяются знаки «И» и «ИЛИ».

При производстве анализа «дерева» отказа определяют минимальные сочетания событий, которые определяют возникновение или невозможность возникновения аварии. Минимальные пропускные сочетания – это набор исходных событий-предпосылок, обязательное одновременное возникновение которых достаточно для появления головного события. Минимальными отсечными сочетаниями являются набор исходных событий, гарантирующих отсутствие головного события в условиях не возникновения ни одного из составляющих этот набор событий.

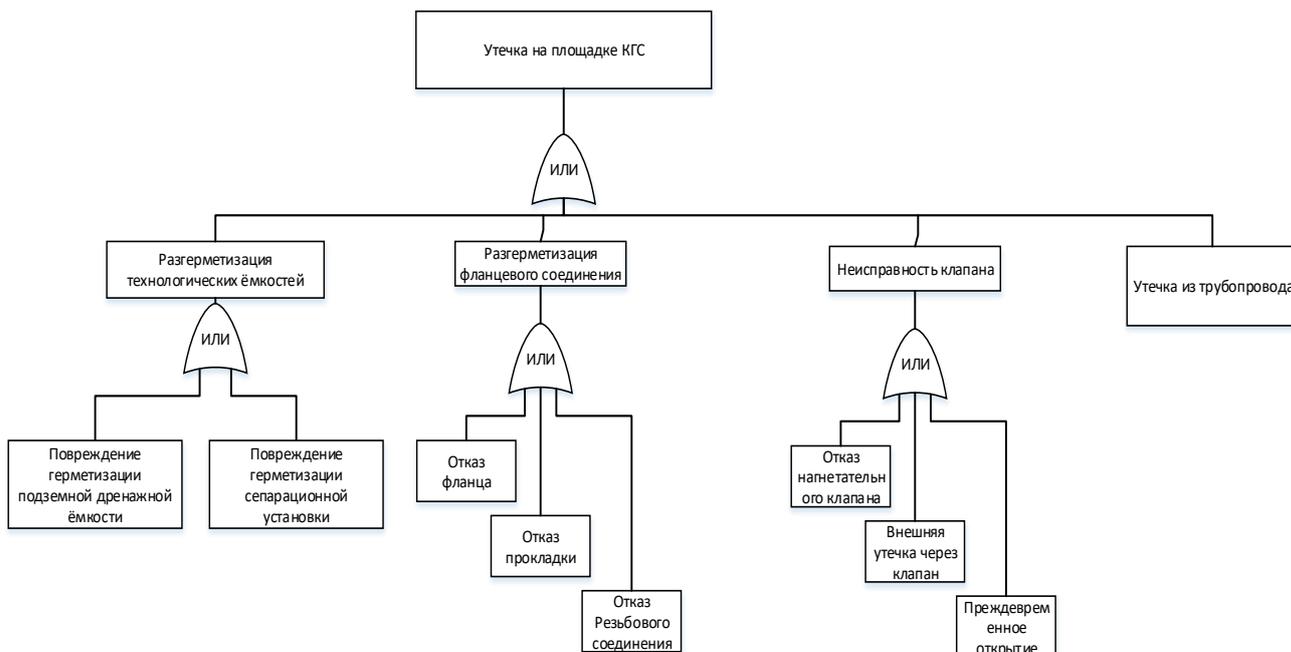


Рисунок 27 – "Дерево" отказа для утечки нефти

Для анализа сценариев развития аварийной ситуации при утечке газа и газоконденсата на площадке КГС было составлено «дерево» событий (рисунок 28).

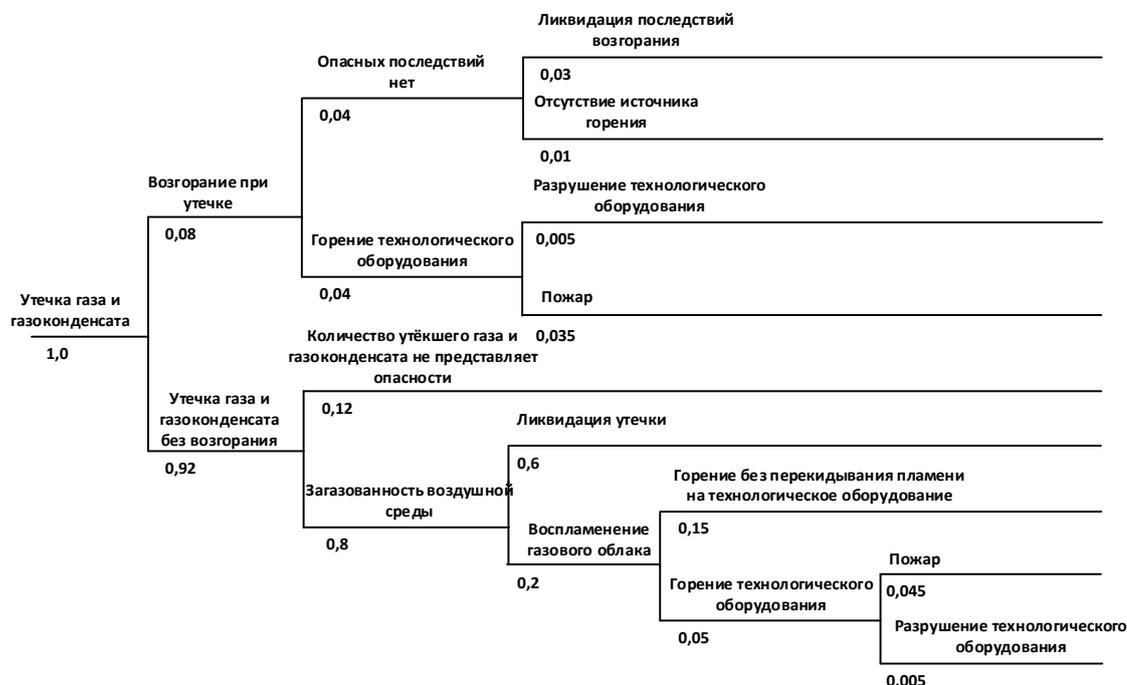


Рисунок 28 – "Дерево" событий при утечке газа и газоконденсата

Цифровые значения рядом с наименованием события представляют условную вероятность возникновения данного события. Вероятность

возникновения инициирующего события (утечка газа и газоконденсата) принимается равной единице. Значение частоты возникновения сценария в целом или отдельного события пересчитывается посредством умножения условной вероятности развития аварии по конкретному сценарию на частоту возникновения инициирующего события.

### **10.3.Разработка структурной схемы АСПС**

Структурная схема автоматической системы пожарной сигнализации и пожаротушения для разрабатываемого объекта КГС, с описанием применяемых визуальных обозначений, приведена в приложение Д.

## **11. Проектирование программно-алгоритмических средств АСТ КГС**

### **11.1.Общая информация о среде разработки Simatic PCS**

Средой разработки было выбрано программное обеспечение Simatic Process Control System 7 компании Siemens [24], которое является распределенной системой управления, интегрирующая среду программирования контроллеров линейки Simatic S7 300-й и 400-й серий, а также SCADA-система была выбрана Simatic WinCC.



© Siemens AG, 2014. All Rights Reserved.

Simatic PCS 7 является функционально полной, однородной интегрированной системой. Система обеспечивает безусловное исполнение всех типовых требований к системам управления на всех этапах ее существования от проектирования до практической эксплуатации:

- гибкое применение сетей нулевого уровня;
- однородное, быстрое и эффективное проектирование;
- удобство визуализации и оперативного управления;
- безопасное и простое управление процессами;
- возможность применения гибкого пакетного управления;
- непосредственное включение в среду Enterprise Resource Planning, широкое применение IT-технологий;
- открытость, возможность применения оборудования других производителей.

Линейка технических средств и программного обеспечения компании Siemens является недорогим продуктом, имеющим высокий показатель надёжности, а также высокие эксплуатационные характеристики комплекса, и являющийся относительно простым для проектирования и разработки программно-технических средств.

Работу с проектом в основном производит основная утилита Step 7 — Simatic Manager. В основе работы Step 7 находится концепция проекта, под которым обозначается комплексное решение задачи автоматизации, которое включает несколько взаимосвязанных контроллеров на базе физических микроконтроллеров, связывающие системы человеко-машинного интерфейса и сети контроллеров.

Step 7 поддерживает следующие языки программирования, основывающиеся на языках стандарта IEC 61131-3:

- FBD (Function Block Diagram) – графический язык функциональных блоков;
- LAD (Ladder Diagram) – графический язык релейно-контактной логики;

– SFC (Sequential Function Chart) – графический высокоуровневый язык последовательных функциональных диаграмм состояния на основе математического аппарата сетей Петри (описывает условий переходов и последовательности состояний);

– STL (Standard Template Library) – низкоуровневый язык инструкций, типа ассемблер, на базе IL IEC 61131-3;

- GRAPH – графический высокоуровневый язык на базе графов состояний системы.

SCL (Structured Control Language) – структурированный паскалеподобный язык программирования на основе языка ST IEC 61131-3.

Кроме стандартных языков программирования, пакет Step 7 даёт возможность программирования на языке CFC (Continuous Function Chart) – язык непрерывных функциональных чартов. Этот язык является графической высокоуровневой комбинацией языков GRAPH и FBD, дающий возможность программировать взаимосвязи между функциональными блоками, которые написаны на прочих вышеописанных языках. Имеющаяся возможность работать на данном языке программирования является базовым преимуществом программного комплекса проектирования распределенных сетей управления Simatic PCS 7.

Более того, среда Simatic Step 7 даёт возможность без особых усилий конвертировать самописные библиотеки и функции между языками SCL, LAD и FBD.

На рисунке 29 изображено окно программирования CFC-чарта в пакете Step 7.

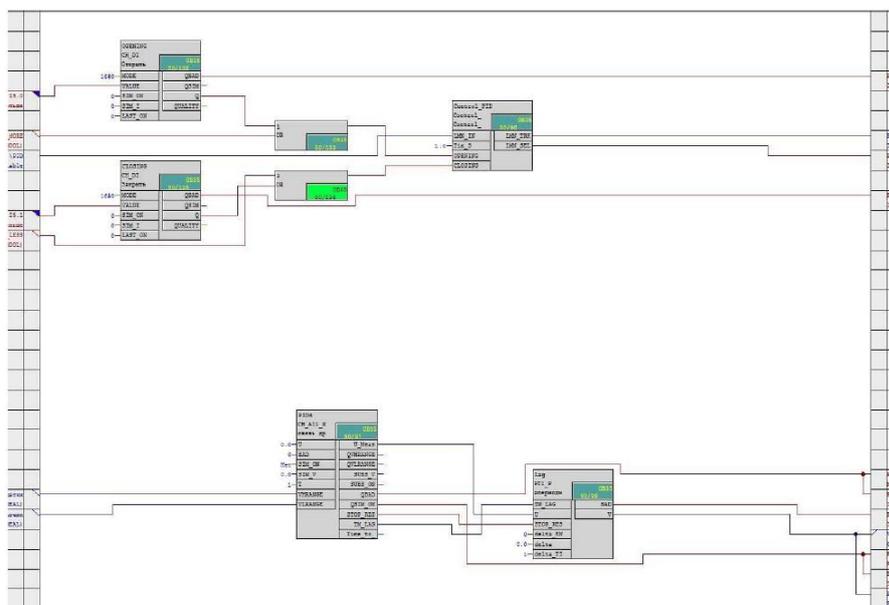


Рисунок 29. CFC-чарт в Simatic Step 7

## 11.2. Конфигурирование Hardware контроллерной станции

Описание конфигурации оборудования станции контроллера можно назвать начальным этапом в разработке проекта алгоритмического обеспечения автоматизированной системы. Данная процедура необходима для того, чтобы модуль центрального процессора контроллера идентифицировал применяемые протоколы связи, а также применяемые периферийные модули. В частности, описываемая конфигурация является программной составляющей, поэтому «заливается» непосредственно в центральный процессор.

В данном разделе необходимо обратить внимание на основные особенности выбранного Hardware, которые образуют концепцию проекта, а конкретно:

- коммуникационные модули CP443-1PE, применяемые для связи серверов и контроллеров по сети Profinet, для увеличения надежности соединения имеют по два Profinet-канала каждый;
- в качестве модулей расширения станции применяются ET-200 M из линейки Simatic S7-300 (предыдущего поколения) и соответствующие вход-выходные модули этой линейки, в условиях применения станции 400-й серии; данный подход к проектированию считается самым эффективным с точки зрения соотношения результирующая стоимость/производительность проекта;

– в проекте применяется так называемая Н-станция [7] (контроллер версии CPU 414-4Н), где «Н» означает его горячее резервирование. Следовательно, применение контроллера Н-серии означает проектирование резервируемой станции.

Непосредственно проектирование алгоритмической части проекта начинается с запуска утилиты Simatic Manager и создания чистого проекта. Далее в проект выбирается Н-станция. На рисунке 30 изображено окно менеджера во время добавления контроллерной станции в проект. [25]

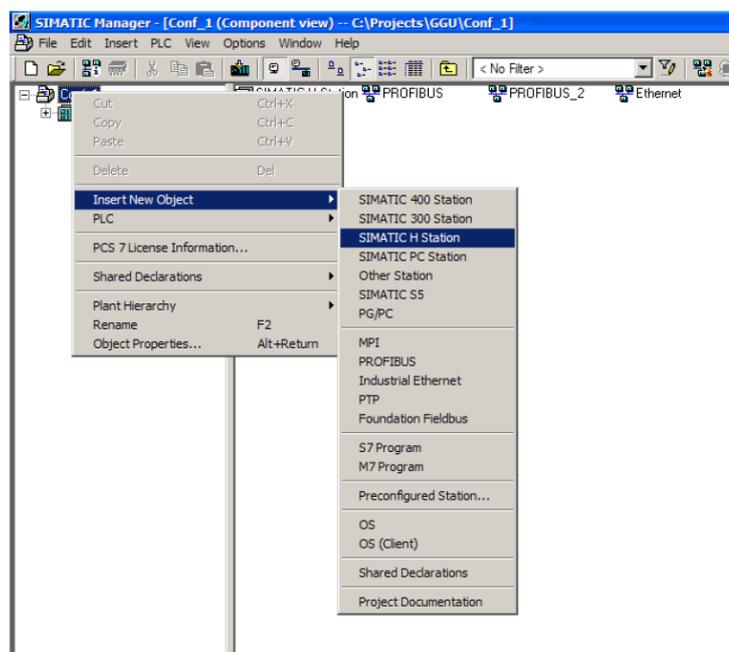


Рисунок 30. Конфигурирование резервируемой контроллерной станции Simatic 414-4Н

При выборе модулей центрального процессора, настраивается Profibus-сеть модуля (рисунок 31).

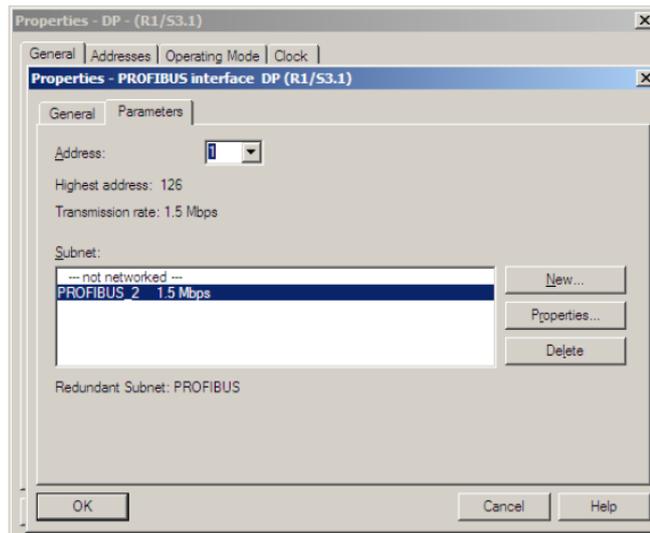


Рисунок 31. Настройка сети Profibus DP

После конфигурирования сети Profibus, в окне проекта HW Config появятся Profibus-шины, на которые из библиотек PROFIBUS DP/ET 200 М добавляются модули расширения IM 153-2, а также соответствующие модули, как изображено на рисунке 32.

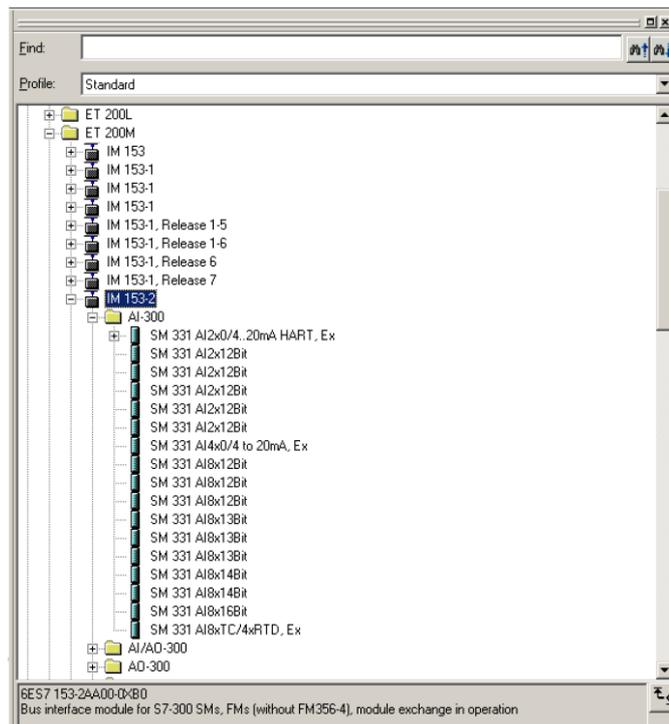


Рисунок 32. Библиотека компонентов Simatic PCS

На данном этапе конфигурирование оборудования станции завершена. На рисунке 33 изображён результирующий вид оборудования в HW Config.

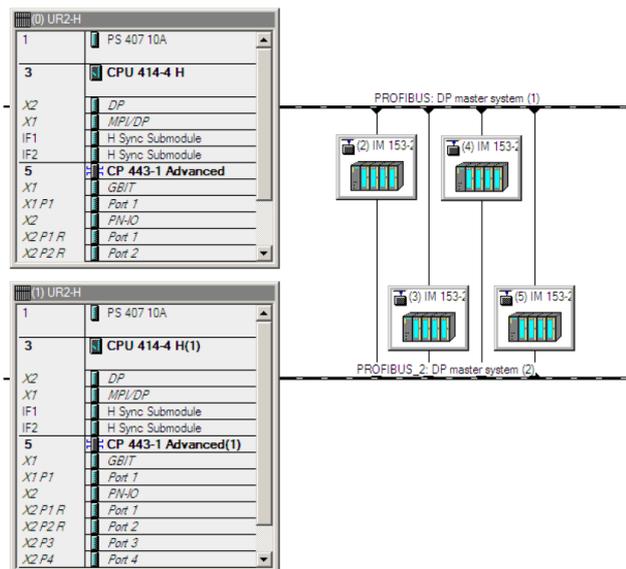


Рисунок 33. Итоговый вид контроллерной станции проекта АСТ КГС

Настройка сети выполняется с помощью утилиты NetPro, которая вызывается кнопкой Configure Network на панели инструментов. Диалоговое окно Options/Set PG/PC Interface, изображённое на рисунке 34, необходимо для выбора сетевой карты станции верхнего уровня, с помощью которой программа работает с контроллером – более того, без выполнения данной процедуры невозможно «залить» конфигурацию оборудования в сам контроллер.

ISO-протокол обеспечивает общение по MAC-адресам, что дает возможность отойти от конфигурирования сети на уровне TCP/IP. Тем не менее, протокол TCP/IP будет применяться в данном проекте, поэтому контроллерная станция, а также сервер должны попарно располагаться в одних подсетях. Также на рисунке 34 изображено окно настройки сети коммуникационного модуля.

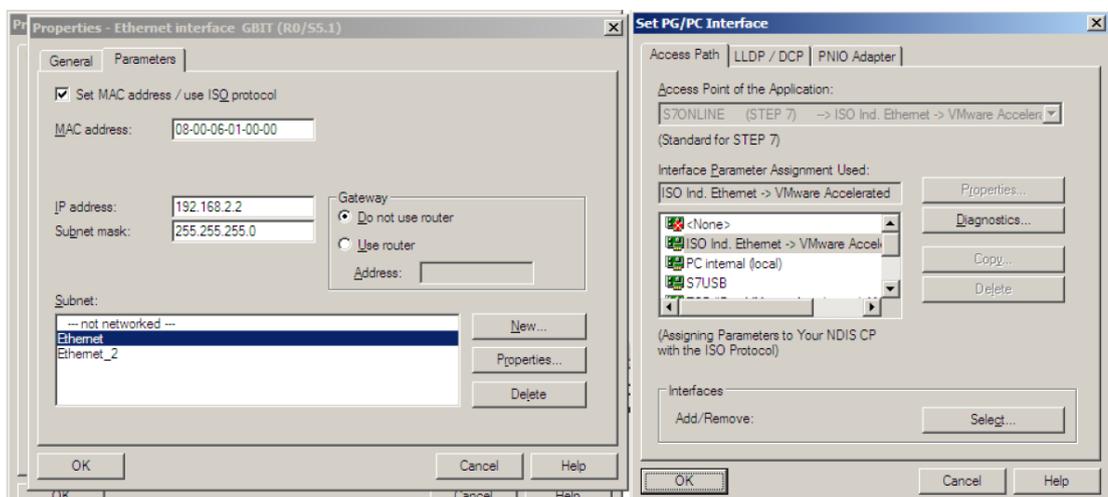


Рисунок 34. Конфигурирование сети контроллер-сервер

Завершенная на данном этапе схема конфигурации топологии промышленной сети изображена на рисунке 35.

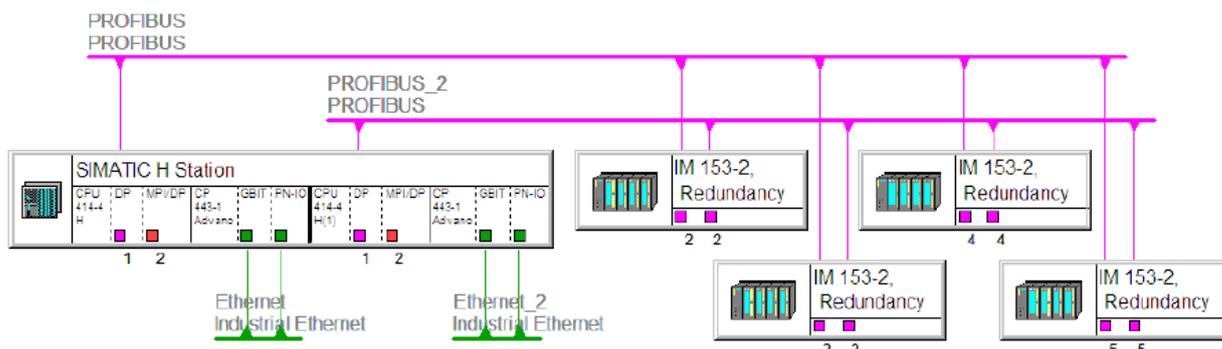


Рисунок 35. Топология промышленной сети проекта АСТ КГС

### 11.3. Написание алгоритмов проекта АСТ ТП КГС

#### 11.3.1. Подготовка проекта к описанию алгоритмов

В утилите Simatic Manager отображается полное дерево проекта. Выполнив Simatic H Station/CPU 414-4 H/Insert/New Object/CFC, разработчик автоматически создаёт следующие подкаталоги в S7 Program CPU:

- Blocks, интегрирующий все применяемые в проекте блоки;
- Sources, содержащий исходные коды самописных блоков проекта;
- Charts, который хранит файлы чартовых диаграмм проекта на языке CFC.

Основными элементами алгоритмического программирования в Simatic PCS можно обозначить блоки следующих типов:

- организационные блоки (OB) – аппаратные контейнеры для выполнения тел программ, подчиняющиеся тому или иному объектному блоку; они имеют различное назначение и управляют поведением в случае ошибки, запуском процессора и обработкой программы. Характеристики применяемых OB отображены в таблице 4.

- блоки данных (DB) – применяются для хранения данных (не содержит команд), с которыми работают программы пользователя;

- функциональные блоки (FB) - необходимы для программирования сложных или часто повторяющихся функций. Данный блок может быть вызван

множественно, а также ему можно устанавливать различные входные значения. Блоку выделяются системные блоки данных, то есть ставится в соответствие память, в которой могут храниться переменные;

- функции (FC) - содержат программные алгоритмы, которые разделены по функциональным или технологическим признакам;
- системные блоки данных (SDB) - область памяти CPU с данными, которые необходимы для действий управления;
- системный функциональный блок (SFB) - блок, находящийся в CPU и который управляет DB, загружаемый с программами пользователя;
- системные функции (SFC) - предварительно запрограммированные функции, находящиеся в CPU.

Таблица 4. Характеристики организационных блоков

№ блока	Функции и критерий вызова	Приоритет
OB1	Свободный цикл	1
OB10 - OB17	Прерывания по времени	2
OB20	Прерывания с задержкой	3
OB21		4
OB22		5
OB23		6
OB30	Циклические прерывания с циклом 5 с	7
OB31	с циклом 2 с	8
OB32	с циклом 1 с	9
OB33	с циклом 500 мс	10
OB34	с циклом 200 мс	11
OB35	с циклом 100 мс	12
OB36	с циклом 50 мс	13
OB37	с циклом 20 мс	14
OB38	с циклом 10 мс	15
OB40	Прерывания по сигналам от процесса	16
OB41		
OB42		
OB43		
OB44		
OB45		
OB46		
OB47		
Прерывания по асинхронной ошибке		
OB80	Ошибка по времени	26 (или 28, если вызывается в программе запуска)
OB81	Неисправность блока питания	
OB82	Диагностическое прерывание	
OB83	Прерывание при снятии / установке модуля	
OB84	Аппаратная ошибка CPU	
OB85	Ошибка класса приоритета	
OB86	Выход из строя носителя модулей	
OB87	Коммуникационная ошибка	
OB100	Новый пуск	27
OB101	Повторный пуск	27

## **11.3.2. Реализация алгоритма тарировки сепарационных емкостей**

### **11.3.2.1. Постановка задачи тарировки**

Сепарационные емкости КГС имеют специфическую форму, из-за чего уровень жидкости/газа в емкости находится в нелинейной зависимости от объема жидкости/газа в ней.

Данная нелинейная зависимость определяется эмпирическим путём для дискретных значений объема/уровня и представляется в таблице 5.

Таблица 5. Тарировочная таблица для сепараторов КГС

Уровень в сепараторе, м	Объем среды в сепараторе, м <sup>3</sup>
0	0
0,2	0,49
0,4	1,34
0,6	2,38
0,8	3,52
1	4,71
1,2	5,9
1,4	7,05
1,6	8,08
1,8	8,93
2	9,43

Задача состоит в разработке и реализации алгоритма пересчета объема среды в ее уровень в сепараторах КГС для непрерывного вещественного множества входных значений уровня, а также алгоритма пересчета уровня среды в ее объем.

Данная задача решается для дальнейшей передачи объема среды в сепараторе на верхний уровень.

### **11.3.2.2. Построение математической модели алгоритма**

Рассмотрим математическое описание алгоритма пересчета уровня среды в объем с применением тарировочной таблицы.

Произведём линеаризацию зависимости объема среды от уровня для промежуточных входных данных – уровень среды, значения которых находятся между соседними строками тарировочной таблицы. Зависимость объема среды от ее уровня в сепараторе  $V(L)$ , будет выражаться функцией (1).

$$V(L) = \left( \frac{L - L_M}{0.2} \right) \cdot (V_{\delta} - V_M) + V_M, \quad (1)$$

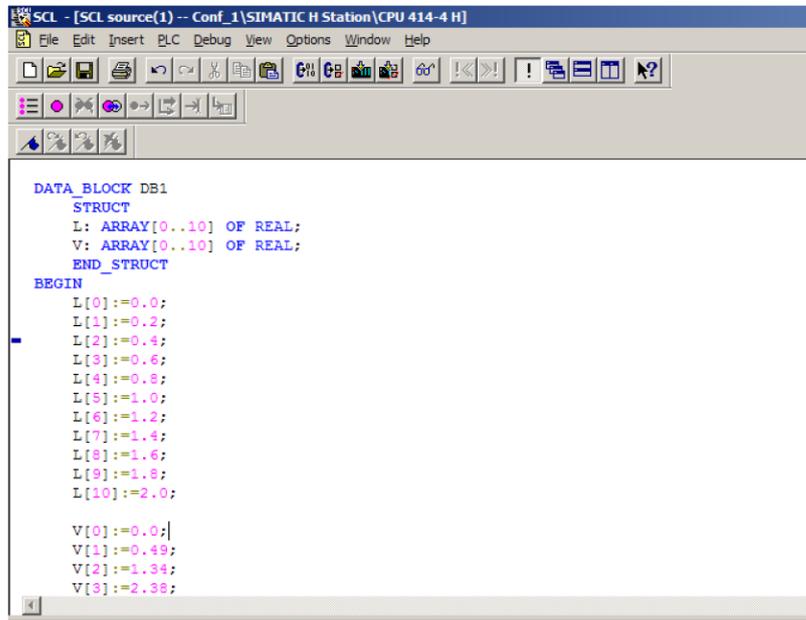
где:  $L_M$  – соседнее меньшее значение уровня, согласно тарифовочной таблице;  $V_M$  – значение объема, которое соответствует  $L_M$  по тарифовочной таблице;  $V_{\delta}$  – значение объема, на одну позицию большее  $V_M$  по тарифовочной таблице.

Для обратного преобразования будет использоваться аналогичный алгоритм.

### 11.3.2.3. Реализация алгоритма в Simatic PCS

Создается файл исходного кода для блока данных, содержащий, в дальнейшем, тарифовочную таблицу на языке SCL. Листинг задания блока данных и кода объявления с тарифовочной таблицей приведено в приложении Е.

Окно среды программирования изображено на рисунке 36. Окно мониторинга переменных блока данных – на рисунке 37.



```

SCL - [SCL source(1) -- Conf_1\SIMATIC H Station\CPU 414-4 H]
File Edit Insert PLC Debug View Options Window Help
[Icons]
[Icons]
DATA_BLOCK DB1
STRUCT
L: ARRAY[0..10] OF REAL;
V: ARRAY[0..10] OF REAL;
END_STRUCT
BEGIN
L[0]:=0.0;
L[1]:=0.2;
L[2]:=0.4;
L[3]:=0.6;
L[4]:=0.8;
L[5]:=1.0;
L[6]:=1.2;
L[7]:=1.4;
L[8]:=1.6;
L[9]:=1.8;
L[10]:=2.0;

V[0]:=0.0;
V[1]:=0.49;
V[2]:=1.34;
V[3]:=2.38;

```

Рисунок 36. Окно среды программирования на языке SCL

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
0.0	L[0]	REAL	0.000000e+000	0.0	
4.0	L[1]	REAL	0.000000e+000	0.2	
8.0	L[2]	REAL	0.000000e+000	0.4	
12.0	L[3]	REAL	0.000000e+000	0.6	
16.0	L[4]	REAL	0.000000e+000	0.8	
20.0	L[5]	REAL	0.000000e+000	1.0	
24.0	L[6]	REAL	0.000000e+000	1.2	
28.0	L[7]	REAL	0.000000e+000	1.4	
32.0	L[8]	REAL	0.000000e+000	1.6	
36.0	L[9]	REAL	0.000000e+000	1.8	
40.0	L[10]	REAL	0.000000e+000	2.0	
44.0	V[0]	REAL	0.000000e+000	0.0	
48.0	V[1]	REAL	0.000000e+000	0.49	
52.0	V[2]	REAL	0.000000e+000	1.34	
56.0	V[3]	REAL	0.000000e+000	2.38	
60.0	V[4]	REAL	0.000000e+000	3.52	
64.0	V[5]	REAL	0.000000e+000	4.71	
68.0	V[6]	REAL	0.000000e+000	5.9	
72.0	V[7]	REAL	0.000000e+000	7.05	
76.0	V[8]	REAL	0.000000e+000	8.08	
80.0	V[9]	REAL	0.000000e+000	8.93	

Рисунок 37. Мониторинг значений блока данных с тарифовочной таблицей

Для создания алгоритма, который описывает зависимость, рассмотренную в 1 формуле, создается еще один исходный файл. Его листинг также приведён в приложении Е.

Алгоритм был успешно протестирован при различных входных значениях. На рисунке 38 приведён пример теста в окне разработки чартовых диаграмм в режиме онлайн. Здесь показано использование самописного блока (листинг 2) FB44.

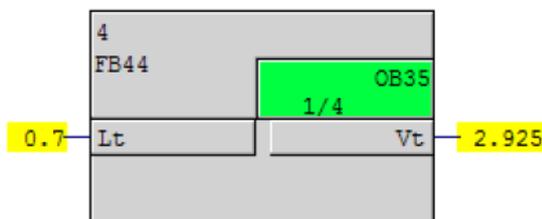


Рисунок 38. Пример теста реализованного алгоритма тарифовки

Как видно из рисунка 38, при входном значении уровня в 0.7 м., аналитический объем среды в сепараторе составляет 2.925 м<sup>3</sup>, который соответствует аналитической зависимости (1).

### 11.3.3. Реализация алгоритмов ПАСиЗ оборудования КГС

#### 11.3.3.1. Постановка задачи реализации ПАЗ

Задача предназначена для автоматического выполнения следующих операций:

- сигнализации оператору о несрабатывании исполнительных механизмов, которые участвуют в реализации алгоритмов блокировок, при выполнении аварийного останова КГС или выполнении блокировок;
- выполнения команд блокировок работы оборудования;
- сигнализации оператору о завершении блокировок;
- сигнализации оператору о появлении условий инициирования блокировок;
- контроля технологических параметров КГС, которые участвуют в инициировании блокировок работы оборудования.

Перечень контуров ПАСиЗ, для которых решается задача блокировки, аварийных значений контролируемых технологических параметров, а также исполнительных механизмов, участвующих в реализации этих алгоритмов, представлен в таблице 6.

Таблица 6. Перечень используемых входных и выходных параметров, при реализации алгоритмов ПАСиЗ

Позиция	Описание	Аварийное значение	Реакция
РТ 1-3.1	Давление в сепараторе	min – 2.25 МПа max – 6.6 МПа	Сигнализация предельного значения
LS 1-11.1	Минимальный предельный уровень в сепараторе	min – 50 мм.	Сигнализация, закрытие Кж-1, открытие 1э
LS 1-11.2	Максимальный предельный уровень в сепараторе	max – 500 мм.	Сигнализация, закрытие 1э, открытие 2э
РТ 1-3.2	Давление на входе сепаратора (выходе с гребёнки)	max – 9 МПа	Сигнализация, закрытие 1э
QE 1-14.1a	Загазованность площадки	1-й порог 20%, 2-й порог 50%	Сигнализация, закрытие всех исполнительных механизмов
У 9-10.1	Пожар на территории площадки		Сигнализация, закрытие всех исполнительных механизмов

### 11.3.3.2. Построение алгоритма реализации ПАСиЗ

Алгоритм реализации всех контуров ПАСиЗ, которые описаны в таблице 6, изображён на рисунке 39.

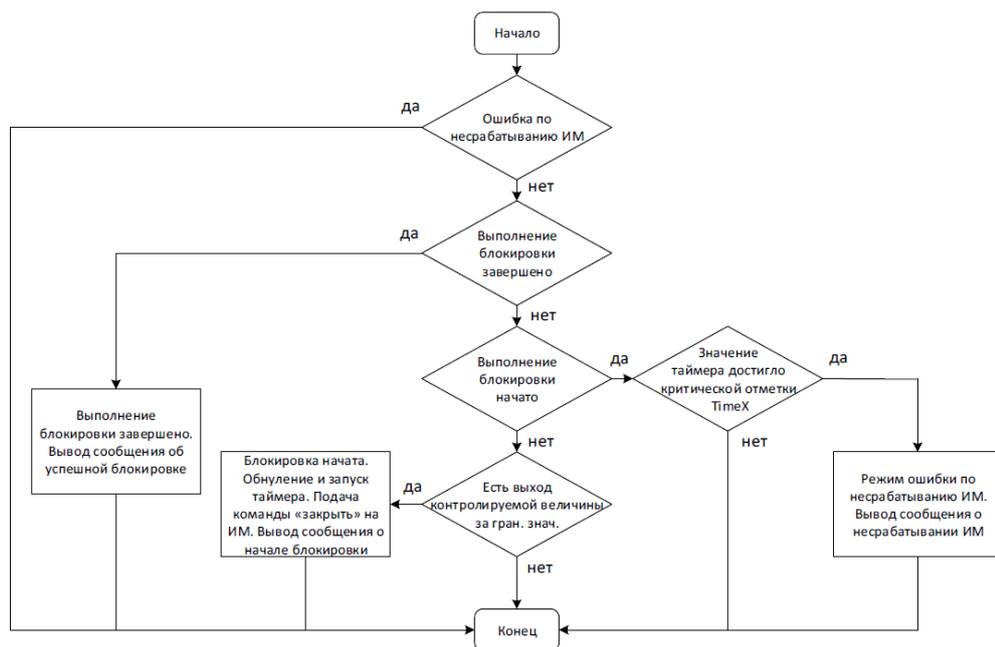


Рисунок 39. Алгоритм ПАСиЗ оборудования КГС

### 11.3.3.3. Реализация алгоритма в Simatic PCS

Рассмотрим пример построения алгоритма для контура РТ 1-3.2 (см. ФСА, приложение Б). Алгоритм выполняется с применением стандартных компонентов библиотеки функциональных блоков Simatic PCS. Чартовая диаграмма алгоритма изображена в приложении Ж. Она соответствует алгоритму, который изображён на рисунке 39. Здесь следует обратить внимание на функциональный блок SFB35 (ALARM\_8P), который, в зависимости от входящего фронта сигналов SIG\_1 – SIG\_8, генерирует различные сообщения тревоги на верхний уровень. Фронт SIG\_1 генерирует сообщение о превышении давления критического уровня и начале блокировки, SIG\_2 – сообщение о неисправности ИМ, SIG\_3 – сообщение об успешном окончании блокировки.

### **11.3.4. Реализация алгоритмов автоматизации учета производительности установки по газу**

#### **11.3.4.1. Постановка задачи реализации автоматического учета**

Решение задачи необходимо для учета количества газа и автоматического контроля производительности КГС по газу, который подаётся в газопровод. Источником информации выступает датчик расхода на выходе из сепаратора.

Необходимо организовать реализацию алгоритма автоматического учета производительности КГС по расходу газа в сутки, за месяц, а также за год.

#### **11.3.4.2. Математическое описание алгоритма**

Учет производительности по газу, проходящего через КГС, производится интегрированием по времени усредненных соответствующих текущих расходов газа. Количество газа  $F_t(\text{м}^3)$  за время  $t$  определяют по формулам (2)-(5).

$$F_h = \sum_{t=1}^{3600} F_s ; \quad (2)$$

$$F_d = \sum_{t=1}^{24} F_h ; \quad (3)$$

$$F_m = \sum_{t=1}^d F_d ; \quad (4)$$

$$F_y = \sum_{t=1}^{12} F_m ; \quad (5)$$

Здесь  $F_s$  – показания датчиков расхода,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

#### **11.3.4.3. Реализация алгоритма в Simatic PCS**

Рассмотрим пример реализации алгоритма общего почасового учета производительности КГС за сутки по расходу из трубопровода газа на выходе из сепарационного блока.

Организуем новый пользовательский блок данных DB2 (рисунок 40), в который добавим 2 переменные:

- t1 – имеет тип данных DATE\_AND\_TIME, размерностью 8 байт.

Принимает значения текущего времени в формате гггг-мм-дд-чч:мм:сс.мсмс;

- HOUR – имеет тип данных Integer, который содержит текущий час.

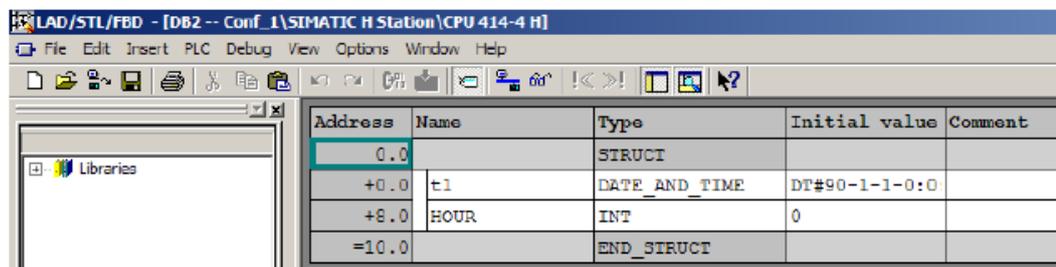


Рисунок 40. Окно мониторинга переменных блока данных DB2

Далее создается файл исходного кода для нового пользовательского функционального блока FB46. Его листинг представлен в приложении Е.

Чартовая диаграмма алгоритма представлена в приложении Ж. Здесь следует обратить внимание на работу самописного блока FB46 в цикле OB30, который обеспечивает частоту опроса датчиков равной 5 с, а также на функцию SFC1 (READ\_CLK), считывающая и передающая системное время.

## 12. Создание HMI проекта КГС в WinCC

### 12.1. Подготовка проекта WinCC

Добавим в проект PCS станцию ПК – Insert New Object/Simatic PC Station.

Откроем утилиту HW Config (Configuration в Simatic Manager, в ветке Simatic PC Station) и добавим в проект модуль IE General (из библиотеки Industrial Ethernet) и модуль WinCC Application (из библиотеки HMI) рисунок 41.

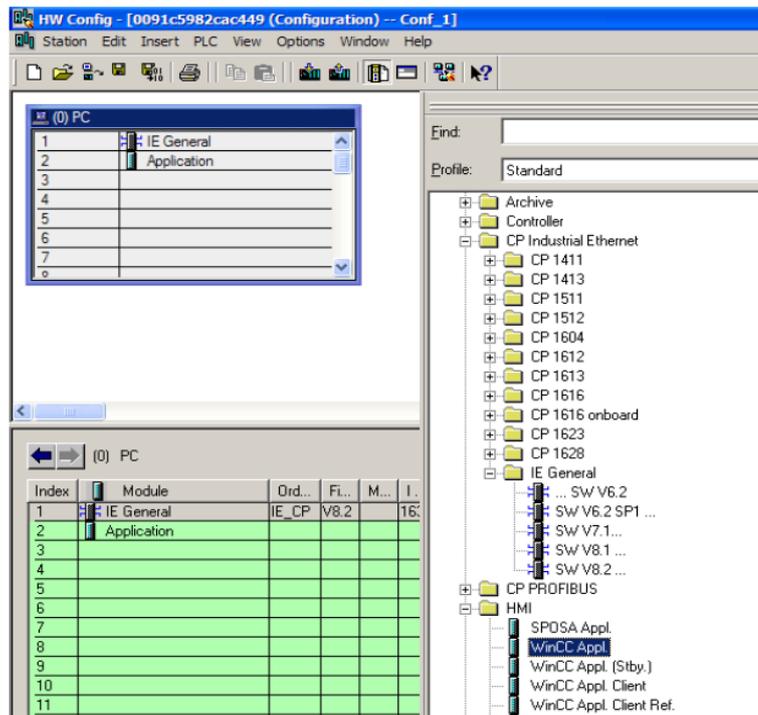


Рисунок 41. Настройка PC в HW Config

В открывшемся диалоговом окне конфигурации модуля IE General запишем IP-адрес сетевой карты компьютера, в соответствии с рисунком 42, предварительно сменив его, добавив в подсеть контроллерной станции. После завершения описанных операций, проект компилируется.

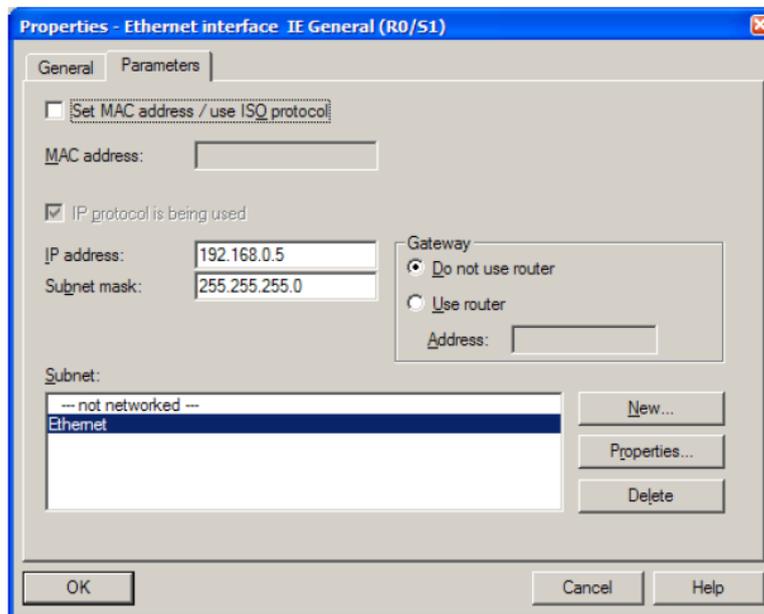


Рисунок 42. Настройка сетевой карты в Simatic PCS

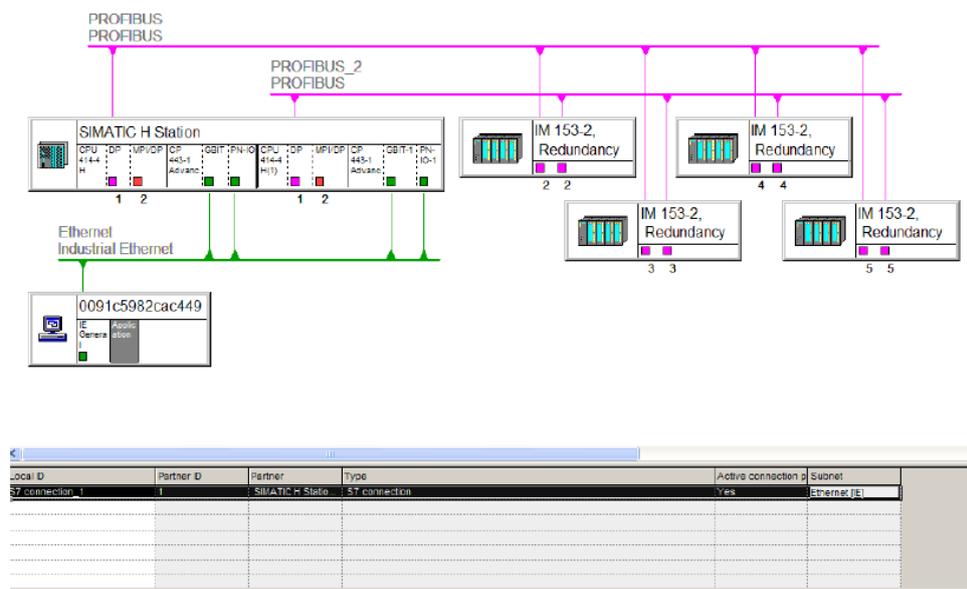


Рисунок 43. Завершение конфигурирования PC-станции

В NetPro добавляется новое соединение S7\_Connection между H-станцией и WinCC Application. Далее конфигурация сети компилируется и заливается в контроллер. При компиляции, NetPro создает файл, который вручную импортируется кнопкой Import Station в утилите Station Configuration Editor (рисунок 44).

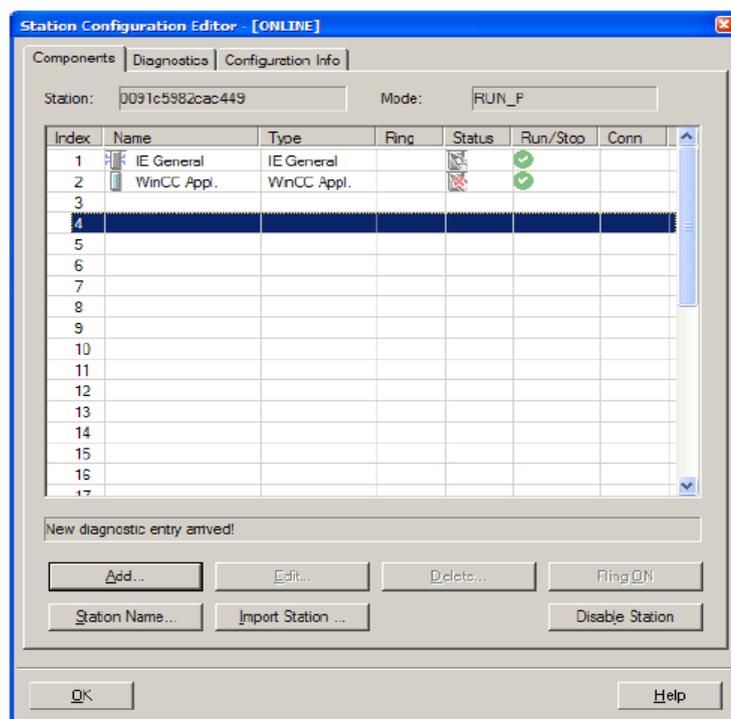


Рисунок 44. Окно Station Configuration Editor

В Simatic Manager применяется опция View/Plant View, затем Insert New Object/Hierarchy Folder. В созданный каталог добавляются разработанные ранее

CFC-чарты, а также новый объект Picture (Insert New Object/Picture). После чего, проект полностью компилируется и загружается в контроллерную станцию, затем выполняется опция Options/'Compile Multiple OSs' Wizard/Start, как показано на рисунке 45. После успешной компиляции, двойной клик по созданному объекту Picture откроет созданный проект WinCC, с необходимыми внешними тегами.

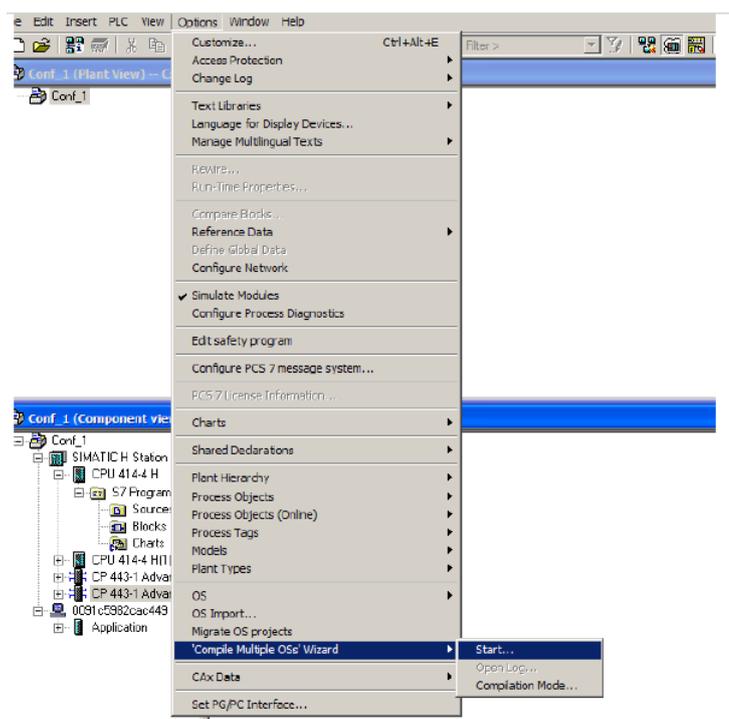


Рисунок 45. Процесс передачи PLC-тегов на SCADA уровень. Завершение создания проекта WinCC

## 12.2. Разработка экранных форм SCADA проекта

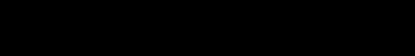
### 12.2.1. Описание графических элементов SCADA

#### Цвета, применяемые на видеокадрах

В таблице 7 представлены цвета, которые используются при отображении графических элементов видеокадров.

Таблица 7. Кодировка цветов

Цвет	Название	Код RGB
	Сине-зелёный	0.128.128
	Белый	255.255.255
	Серый	128.128.128

	Ярко-зелёный	0.255.0
	Коричневый	55.55.0
	Красный	255.0.0
	Синий	0.0.128
	Жёлтый	255.255.0
	Чёрный	0.0.0

### Условные графические обозначения элементов

В таблице 8 приведены условные графические обозначения элементов.

Таблица 8. Графические обозначения используемых элементов

Обозначение	Описание
	Задвижка с ручным приводом
	Задвижка с электроприводом
	Регулирующий клапан
	Свеча
	Ёмкость подземная
	Ёмкость дренажная
	Сепаратор

### Условные обозначения динамических элементов

Состояние насосов, постов сигнализации, задвижек, клапанов и других динамических графических элементов на видеокадре определяются по появлению определенных символов рядом с изображением исполнительного механизма, миганию и изменению их цвета описанных в таблице 9.

Любая аварийная ситуация с исполнительным механизмом или запорной арматурой индицируется элементами анимации с сохранением цвета, индицирующего состояние элемента и текстом в строке аварийных сообщений.

Таблица 9. Цветовое кодирование состояний запорной арматуры

Цвет	Состояние запорной арматуры
Зеленый	Клапан открыт
Белый	Клапан закрыт
Мигающий зеленый/белый	Переходное состояние (открывается, закрывается)
Темно-серый	Неопределенное состояние (заблокирован)
Мигающий красный	Ошибка мониторинга
Красный	Заквитированная ошибка мониторинга

### 12.2.2. Чертежи видеокадров

В приложении 3 представлены следующие чертежи видеокадров КГС:

- Главное окно АРМ оператора;
- Окно журнала тревог.

## 13. Разработка системы управления техническим обслуживанием и ремонтом и калибровкой средств автоматизации

Зачастую на производстве происходит слишком частая поломка оборудования, простой и его неразумная эксплуатация, что приводит к материальным потерям. А также при эксплуатации средств измерения происходит отклонение измеренных показаний от действительных. Устранить эти недостатки с учетом современных требований позволяет система управления техническим обслуживанием и ремонтами и калибровкой (СУТОиК).

Результатом внедрения СУТОиК является:

- повышение срока службы и производительности оборудования;
- увеличение производительности труда ремонтных служб;
- более оперативное выполнение восстановительных ремонтов;
- уменьшение частоты неожиданного выхода из строя оборудования;
- сокращение незапланированных простоев;
- увеличение адекватности показаний средств измерения;
- уменьшение числа простоев и поломок.

СУТОиК призвана обеспечить:

- правильную организацию технического обслуживания и ремонта оборудования;
- возможность выполнения ремонтных работ по графику, согласованному с планом производства;
- своевременную подготовку необходимых запасных частей и материалов;
- упрощение планирования закупок оборудования в резерв;
- предупреждение аварий/отказов КИПиА;
- метрологическая поддержка – учет всех средств измерений, планирование процедур поверок/калибровок КИПиА;
- архивирование всех событий системы, изменений параметров КИПиА;
- хранение электронных копий эксплуатационной и технической документации в привязке к позициям КИПиА;
- информационная поддержка решений по эксплуатации КИПиА и планированию технического обслуживания.

СУТОиК предусматривает следующие виды обслуживания и ремонтов:

- техническое обслуживание;
- текущий ремонт;
- капитальный ремонт;
- калибровка средства измерения.

Разрабатываемая система включает в себя:

- планирование работ по проведению технического обслуживания, ремонта и калибровки;

- отображение паспорта оборудования с описанием места установки (расположения), дату ввода в эксплуатацию, технические характеристики;
- ведение истории проведенных работ с оборудованием с отображением даты проведения работы, вида работы и исполнителя работы;
- ведения истории отказов и выхода из строя оборудования;
- ведение журнала по проведенным, текущим и запланированным работам.

В приложение И представлен внешний вид работы СУТОиК, на примере оборудования средств контроля загазованности (СКЗ), следующими окнами: окно графика ТО СКЗ, окно журнала работ по проведению ТО СКЗ, паспорт прибора.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ61	Скрипников Олег Валентинович

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Подразделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистр	Направление	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

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

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

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

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

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	К.ЭКОН.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Скрипников Олег Валентинович		

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

### 14.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследований являются широкий круг коммерческих организаций в нефтегазовой отрасли, в частности газодобывающие предприятия, занимающиеся сбором и подготовкой газа и газоконденсата.

В таблице 10 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Нефтестройпроект», «Б» - ОАО «Вертек», «В» - ЗАО «ЭлеСи».

Таблица 10. Карта сегментирования рынка

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

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

### 14.2. Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 11. Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система АСУ ТП, существующая система управления КГС, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Критерии оценки:

- Повышение производительности – за счёт автоматизации производства повышается производительность и скорость реализации принятых решений;
- удобство в эксплуатации – простота в понимании АРМ оператора;
- устойчивость – способность АС сохранять существующее состояние при влиянии внешних воздействий;
- надёжность – способность АС долго сохранять безотказное состояние;
- безопасность – влияние отказов при эксплуатации на внешние элементы производства;
- простота эксплуатации – представление информации в удобной для понимания оператора форме и поддержка выбора решения.

Таблица 11. Оценочная карта

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

Цена	0,2	5	2	1	1	0,4	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Условия проникновения на рынок	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Итого	1	51	35	43	4,43	2,75	3,29

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

### 14.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 14.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. [26]

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), инженер. (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 12.

Таблица 12. Этапы выполнения дипломной работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Р
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	СД
	3	Изучение существующих объектов проектирования	СД
	4	Календарное планирование работ	Р, СД
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	СД
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	СД
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	СД

Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Р, СД
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Р, СД
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	СД
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	СД
	12	Составление схемы информационных потоков	СД
	13	Разработка схемы внешних проводок	СД
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	СД
	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	СД
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	СД
17	Проектирование SCADA-системы	СД	
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	СД

### 14.3.2. 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 (6). [27]

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (6)$$

где:  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;  $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;  $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В таблице 13 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 13. Временные показатели проведения работ

Трудоемкость работ	Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в

	tmin	tmax	тож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	5	3,2	1	3,2	5
Изучение существующих объектов проектирования	2	5	3,2	1	3,2	5
Календарное планирование работ	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	3	1,8	1	1,8	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	4	2,8	1	2,8	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оценка эффективности полученных результатов	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	1	2	1,4	1	1,4	2
Составление перечня вход/выходных сигналов	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Составление схемы информационных потоков	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка схемы внешних проводок	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов сбора данных	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	4	2,8	1	2,8	4
Проектирование SCADA-системы	2	5	3,2	1	3,2	5
Составление пояснительной записки	1	3	1,8	1	1,8	3

На основе таблицы 13 построим диаграмму Ганта, представляющую из себя горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме

представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 14).

Таблица 14. Календарный план-график

	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ												$T_k$ кал , дн.		
			Февраль			Март			Апрель			Май				Июнь	
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		3	1
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта															4
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер															24
3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер															5
4	Календарное планирование работ	Руководитель															2
		Инженер															2
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер															2
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер															4
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер															6
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель															2
		Инженер															2
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель															3
		Инженер															3
10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер															6
11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер															6



Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = \Pi_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 3,25 \cdot 0,5 \cdot 960 = 1560,$$

где  $\Pi_{\text{эл}}$  – тариф на промышленную электроэнергию (3,25 руб. за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт;

$F_{\text{об}}$  – время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию составили 1560 рубля.

#### 14.3.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для экранных форм. В таблице 15 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения:

Таблица 15. Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
ScadaWinCC	1	35000	35000
Итого:			35000

#### 14.3.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и инженера представлен в таблице 16. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 17.

Таблица 16. Баланс времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	104
-выходные дни	14	14
-праздничные дни		
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	24
-невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Таблица 17. Основная заработная плата

Исполнители	Оклад	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Зарботная плата основная
Руководитель, Доцент, к.т.н.	33664	1,3	43763,2	1813,3	8	14506,37
Инженер	9489	1,3	12335,7	619,55	100	61955
Итого:						76461,37

#### 14.3.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формулам (7) и (8).

[28]

$$Z_{\text{допР}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 14506,37 = 2176 ; \quad (7)$$

$$Z_{\text{допС}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 61955 = 9293,25 . \quad (8)$$

#### 14.3.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений определяется по формуле (9):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) , \quad (9)$$

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

Размер отчисления во внебюджетные фонды составляет – 27,1%. Все расчеты сведены в таблицу 18.

Таблица 18. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель проекта	Инженер
Основная заработная плата	14506,37	61955
Дополнительная заработная плата	2176	9293,25
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	27,1	27,1
Итого:	4520,9	19308,28

#### 14.3.3.6. Накладные расходы

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

Расчет накладных расходов определяется по формулам (10) и (11) [29]:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{соц}}), \quad (10)$$

где:  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина накладных расходов в ТПУ составляют 20 %.

$$Z_{\text{накл}} = (14506,37 + 2176 + 4520,9 + 61955 + 9293,25 + 19308,28) * 0,2 = 22352; \quad (11)$$

где, 0,2 – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

#### 14.3.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 19:

Таблица 19. Расчет бюджета затрат на НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1560

2. Затраты на специальное оборудование	35000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76461,37
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11469,25
5. Отчисления во внебюджетные фонды	23829,18
6. Накладные расходы	22352
7. Бюджет затрат НИИ	170671,8

#### 14.3.4. Определение ресурсной, 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 ресурсоэффективности. С помощью таблицы 19 определим интегральный показатель ресурсоэффективности.

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 разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное

удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$P_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{170671,8}{220500} = 0,77;$$

Для аналогов соответственно:

$$I_{\text{фина1}} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{212800}{220500} = 0,97;$$

$$I_{\text{фина2}} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{220500}{220500} = 1;$$

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 20. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Материалоемкость	0,05	3	4	5
2. Надежность	0,1	4	3	2
3. Производительность	0,25	5	3	3
4. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	3
5. Энергосбережение	0,25	5	4	3
6. Безопасность	0,2	5	3	4

Итого	1	5	3,45	3,2
-------	---	---	------	-----

$$I_{\text{тп}} = 3 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 = 5;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 = 3,45;$$

$$\text{Аналог 2} = 5 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 = 3,2.$$

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:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{5}{0,77} = 5; I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{финр}}^{a1}} = \frac{3,45}{,97} = 3,56; I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{финр}}^{a2}} = \frac{3,2}{1} = 3,2;$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

На основании полученных показателей выполним сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки (таблица 21).

Таблица 21. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,97	1	0,77
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,45	3,2	5

3	Интегральный показатель эффективности	3,56	3,2	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,4	1,56	1

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ТМ61	ФИО Скрипников Олег Валентинович
-----------------	-------------------------------------

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Подразделение	Подразделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

<p>1. Характеристика объекта исследования и области его применения</p>	<p>Рабочим местом для оператора АРМ является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером.</p> <p>Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров кустов газовых скважин. Здание, в котором находится диспетчерская, расположено на территории УКПГ.</p> <p>Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света, повышенный уровень шума, повышенная или пониженная влажность воздуха.</p> <p>Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток.</p> <p>Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.</p> <p>Для персонала, обслуживающего АСУ ТП рабочим местом является щитовая КИПиА и АСУ и непосредственно место установки оборудования.</p> <p>Вредные и опасные факторы на рабочем месте персонала обслуживающего АСУ ТП совпадают с факторами производственной среды оператора АРМ, но с добавлением опасного фактора такого как работа с «сосудами под давлением».</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. СанПиН 2.2.4.548 – 96.</li> <li>2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03</li> <li>3. СП 52.13330.2011,</li> <li>4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03</li> </ol>

	5. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ 6. СНиП 2.11.03-93 7. ППБ 01-93 8. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. №123-ФЗ, 2013.
--	---

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

1. Оператор АРМ; 2. Персонал обслуживающий АСУ ТП; 3. Меры по предотвращению отказа эксплуатационного оборудования; 4. Меры предотвращения поражения персонала электрическим током; 5. Меры по предотвращению превышения ПДК метана в воздухе; 6. Обеспечение норм пожарной и взрывной безопасности.	1. Описаны требования к персоналу АРМ и описание работы оборудования КИПиА при неверной(ошибочной) эксплуатации; 2. Описаны требования к персоналу АСУ ТП; 3. Описаны методы решения ситуаций связанных с отказом оборудования; 4. Описаны возможные опасные факторы при работе в щитовой КИПиА и методы их предотвращения; 5. Описаны меры контроля ПДК уровня загазованности и методы оповещения, в которых обслуживающий и эксплуатационный персонал должен ориентироваться; 6. Описаны меры по предотвращению пожароопасной ситуации связанные с оборудованием АСУ и КИПиА.
---	--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХМБТ	Невский Е.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМб1	Скрипников Олег Валентинович		

**Введение**

Рабочие места разрабатываемой АСУ ТП разделены на 2 группы персонала: оперативно-эксплуатационный (АРМ оператора) и оперативно-обслуживающий (щитовая КИПиА и АСУ и непосредственно оборудование). Соответственно и возможные вредные и опасные факторы необходимо описывать для двух рабочих мест.

Также разработаны меры по предотвращению ошибочных действий или бездействий персонала, меры по предотвращению отказа оборудования и меры

по контролю предельной допустимой концентрации уровня загазованности, которые в свою очередь предотвращают причины возникновения пожара на рабочем месте.

### **15.1. Оператор АРМ**

К работе оператора допускаются лица, не моложе 18 лет, допущенные к работе по состоянию здоровья, обученные методам безопасной работы с технологическим оборудованием и АРМ оператора и имеющие, по результатам внутреннего экзамена, допуск к работе.

Оператор АРМ:

- выполняет оперативный централизованный контроль работы объектов и оборудования АСТ ТП;
- отвечает за безопасную эксплуатацию объекта и соблюдения норм технологического процесса, поддержание режимов работы установок;
- направляет заявки в соответствующие службы, о неисправностях и возникновении нештатных ситуаций, связанных с функционированием АСТ ТП КГС.

При вводе в действие АСТ ТП КГС и эксплуатации кадровый состав оперативно-производственного персонала КГС должен состоять, по меньшей мере, из двух операторов АРМ КГС и инженера-технолога, отвечающий за действия оператора и координирующий его. Режим работы круглосуточный, двухсменный.

Перед началом работы проводится обучение пользователей АСТ ТП КГС. Во время эксплуатации необходимо периодически проводить проверку знаний пользователей АСТ ТП КГС.

АРМ оператора построен таким образом, чтобы оператору было доступна полная картина технологического объекта. Информация отражающая показатели технологического процесса представлены в удобном для оператора виде. Выполнение действий оператора отражается и контролируется с помощью

обратной связи, то есть оператор может видеть отклик на его действие, а также текущее состояние исполнительного механизма.

Для исключения чрезвычайных ситуаций в результате неправильного действия, либо бездействия оператора и инженера-технолога предусмотрена система ПАСиЗ, которая автоматически переведёт работу эксплуатационного оборудования в режим безопасный для технологического оборудования. Также всё технологическое оборудование имеет байпасные линии для случаев, когда автоматизированное исполнительное оборудование работает не корректно.

## **15.2. Персонал обслуживающий АСТ ТП**

К работе оператора допускаются лица, не моложе 18 лет, допущенные к работе по состоянию здоровья, обученные методам безопасной работы с оборудованием КИПиА и контроллерным оборудованием и имеющие, по результатам внутреннего экзамена, допуск к работе.

Персонал по обслуживанию АСТ ТП КГС делится на:

- обслуживания КИПиА;
- эксплуатации АСТ ТП КГС.

Обеспечение функционирования АСТ ТП осуществляется группа КИПиА (четыре штатных единиц. Режим работы – двухсменный), в функции которой входит:

- эксплуатация технических и программных средств АСТ ТП;
- обслуживание контрольно-измерительных приборов (устройств) и средств локальной автоматики;
- метрологическое обеспечение измерений;
- обеспечение текущего и планово-предупредительного ремонта, наладки и монтажа после ремонта технических средств АСТ ТП;
- методическое руководство ОПП по использованию средств АСТ ТП;
- проведение совместно с организациями-разработчиками испытаний АСТ ТП;

- совместно с организациями-разработчиками внедрение новых и совершенствование существующих алгоритмов и программ по контролю и управлению процессом предварительной подготовки газа.

В группу эксплуатации АСТ ТП КГС входят:

- инженер-программист системный (одна штатная единица. Режим работы – односменный);
- инженер-электронщик (одна штатная единица. Режим работы – односменный).

Инженер-программист обязан:

- осуществлять общее сопровождение АСТ;
- обеспечивать работу АСТ ТП КГС;
- проводить техническое обслуживание ПТК АСТ ТП КГС;
- проводить обучение ОЭП по использованию средств ПТК АСТ ТП КГС;
- еженедельно проверять работоспособность устройств, проводить дефрагментацию накопителей на жестких магнитных дисках, проверять линии и устройства локальной вычислительной сети.

Перед началом работы с АСТ ТП КГС инженер-программист обязан пройти курс обучения (с получением сертификатов):

- по программному обеспечению АСТ ТП КГС;
- по техническому обслуживанию АСТ ТП КГС

Инженер-электронщик обязан:

- проводить техническое обслуживание ПТК АСТ ТП КГС;
- осуществлять замену отдельных устройств при их неисправностях;
- очищать от пыли внутренние объемы блоков питания, экранов видеомониторов;
- заменять неисправные блоки питания на рабочие;
- устранять обрывы в линиях сети;
- устранять сбои при печати;
- устранять сбои ПЭВМ по вине пользователя;

- устранять застрявшую бумагу из принтеров и копировальных аппаратов;

Перед началом работы с ПТК АСТ ТП КГС инженер-электронщик обязан пройти курс обучения (с получением сертификата) по техническому обслуживанию ПТК.

### **15.3. Меры по предотвращению отказа эксплуатационного оборудования**

Контроллерное оборудование:

- питание контроллеров осуществляется от источников бесперебойного питания, и, в случае потери основного источника питания, произойдёт переход на резервный источник питания;

- для предотвращения выхода из строя контроллерного оборудования предусмотрено резервирование.

Оборудование КИПиА:

- при выходе из строя средства измерения, предусмотрены дублирующие механические средства измерения;

- для предотвращения разгерметизации средств измерения предусмотрены в дополнение к коренным вентилям, специальные вентиляльные блоки, которые устанавливаются совместно со средством измерения;

- для предотвращения закрытия или открытия клапанной сборки в результате потери питания предусмотрены нормальные (начальные) состояния оборудования, к которым оно перейдёт в следствие потери питания, и которые являются безопасными для технологического оборудования.

### **15.4. Меры предотвращения поражения персонала электрическим током**

В проектируемом помещении присутствует электрощитовая, а также щит электропитания в аппаратной, включающие в себя элементы силовой электроники и высоковольтные сети питания.

Само помещение, по ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ, можно отнести к классу помещений с повышенной опасностью поражения людей электрическим током, т. к. присутствует возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. [30]

С учетом вышеизложенных факторов, в рабочих зонах КГС производятся нижеописанные меры по предотвращению поражения персонала электрическим током:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных барьеров в электрощитовой и аппаратной;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- организация группового защитное заземления оборудования, с учетом ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ; [4]

- использование локальных заземлений и занулений технических средств;

- предусмотрено защитное отключение оборудования;

- наличие средств индивидуальной электрозащиты;

- наличие у всего персонала допуска по электробезопасности не ниже

III группы.

### **15.5. Меры по предотвращению превышения ПДК метана в воздухе**

Метан – основной компонент природного газа (77-99%). Работа групповой газовой установки связана с опасностью утечек метана и прочих парафиновых углеводородов в окружающую среду, поэтому возможность загазованности рабочих зон является опасным производственным, а также экологическим фактором на объекте. [31]

Характеристика концентрации метана как опасного производственного фактора

Метан [32] – бесцветный газ, не имеет запаха, поэтому его концентрация в воздухе определяется лишь при наличии специальных технических средств. Класс опасности - четвертый. Малотоксичен, имеет слабое действие на ЦНС человека, является наркотиком. Метан является самым физиологически безвредным газом в гомологическом ряду парафиновых углеводородов. Физиологическое действие метан не оказывает и не ядовит. У людей, работающих на производствах, где в воздухе присутствуют в незначительных количествах метан, описаны заметные сдвиги со стороны вегетативной нервной системы (положительный глазосердечный рефлекс, резко выраженная атропиновая проба, гипотония) из-за слабого наркотического действия этих веществ.

Взрывоопасен при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 %, наиболее взрывоопасная концентрация - 9,5 %.

Является парниковым газом, более сильным, чем углекислый газ, из-за способности молекул замещать радикалы кислорода в воздухе. Погибнуть человеку в воздухе, с высокой концентрацией метана, можно от недостатка кислорода в воздухе для дыхания, при очень высоких концентрациях метана. Так, при содержании в воздухе 25—30 % метана появляются первые признаки асфиксии (учащение пульса, увеличение объёма дыхания, нарушение координации тонких мышечных движений). Более высокие концентрации метана в воздухе вызывают у человека кислородное голодание - головную боль, одышку.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) метана в воздухе рабочей зоны составляет 7000 мг/м<sup>3</sup> (примерно 0.6%).

Меры по предотвращению загазованности рабочих зон

1. Проект КГС включает в себя разработку автоматизированной системы контроля уровня загазованности (АСКУЗ), включающий в себя проектирование контуров контроля и регулирования уровней загазованности на разных технологических объектах (в т. ч. и в помещении размещения технических средств КГС), с использованием газоанализаторов ГСМ-05-метан.

2. Наличие звуковых и визуальных сигнализаторов, показывающих текущие значения НКПР, % по месту и на АРМе оператора, и сигнализирующих, в случае превышения НКПР метана в воздухе:

- 10% НКПР (соответствует 0.5% объема в воздухе или ПДК метана) – сигнализация о достижении предельного значения;
- 50% НКПР (соответствует 2.5% объема в воздухе или пятикратной ПДК) – аварийная сигнализация;
- 100% НКПР – взрывоопасная концентрация газа.

3. В качестве исполнительных механизмов, при реализации сброса концентрации метана, в первую очередь, выступают задвижки на свечах КГС.

4. Обеспечение достаточного воздухообмена для очистки воздуха рабочих зон; расчет необходимого воздухообмена представлен ниже.

### **15.6. Обеспечение норм пожарной и взрывной безопасности**

В условиях возможности превышения ПДК легковоспламеняющегося взрывоопасного метана в воздухе (температура вспышки  $-186^{\circ}\text{C}$ , самовоспламенения  $+595^{\circ}\text{C}$ , при содержании в воздухе от 4.4 до 17%), особое внимание в проекте КГС уделяется пожарной и взрывной безопасности.

По пожарной опасности производство относится к классу А (особо взрыво- и пожароопасное), т. к. нижний предел взрываемости метана меньше 10% к объему воздуха (ППБ 01-03) [23].

Для сведения возможности возникновения пожара или взрыва на производстве к минимуму, необходимо:

- использование только тех технических средств, которые могут применяться во взрывоопасных зонах, категории ПС группы Т6 или Т5 по ГОСТ 12.1.011 [33], питающихся от искробезопасных цепей блоков питания (барьеров), имеющих вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia" для взрывоопасных смесей группы ПС по ГОСТ Р 51330.0 [34]. Все оборудование соответствует данным требованиям;

- установка искрозащитных барьеров для прочего оборудования, установленного в разрабатываемом помещении – в тепловом пункте, аппаратной, операторной, а также электрощитовой;
- наличие АСКУЗ на производстве;
- наличие средств пожаротушения (огнетушители, пожарный инструмент, песок);
- содержание электрооборудование в исправном состоянии, по возможности применяя средства, предотвращающие возникновение пожара;
- недопущение использования электрооборудования без искрозащиты и нагревательных элементов, при превышении НКПР метана 50%;
- допускать курение только в специально отведенных местах;
- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;
- проведение периодического инструктажа по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была проведена работа по исследованию и разработке автоматизированной системы телеметрии кустов скважин «Мыльджинского ГКМ». Выполнение данной работы включало в себя:

- исследования технологического процесса кустов скважин;
- разработку схем автоматизации, шкафа автоматизации, а также схем соединения внешних проводок и соединений внутри шкафа автоматизации;
- выбор аппаратного и программного обеспечения;
- разработку программно-алгоритмического комплекса;
- разработку экранных форм SCADA;
- разработку автоматической системы пожарной сигнализации;
- разработку системы управления техническим обслуживанием, ремонтом и калибровкой;
- учёт ресурсоэффективности проекта;
- описаны и разработаны меры безопасной эксплуатации разработанной системы.

Таким образом, в результате проделанной работы была произведена модернизация автоматизированной системы телеметрии кустов скважин «Мыльджинского ГКМ».

## Список использованных источников

1. ГОСТ 34.602-89 (1989). Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. М.: Информационная технология.
2. ГОСТ 34.603-92 (1992). Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем. М.: Информационная технология.
3. ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).
4. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
5. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А. (1990). Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие, 2-е изд. М.: Энергоатомиздат.
6. Громаков Е. И. (2010). Проектирование автоматизированных систем. Томск: Изд-во Томского политехнического университета.
7. Резервированные системы автоматизации Simatic S7-400H [Электронный каталог] – Режим доступа <https://www.siemens.ru/automation>, свободный.
8. HP Z420 Workstation [Электронный каталог] – Режим доступа [http://h10010.www1.hp.com/wwpc/pscmisc/vac/us/product\\_pdfs/Z420\\_datasheet-highres.pdf](http://h10010.www1.hp.com/wwpc/pscmisc/vac/us/product_pdfs/Z420_datasheet-highres.pdf), свободный.
9. Преобразователь давления измерительный Rosemount 3051 [Электронный каталог] – Режим доступа <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20metran%20documents/catalog/catalogues/dd/rosemount-3051.pdf>, свободный.
10. Малогабаритные датчики давления Метран-55 [Электронный каталог] – Режим доступа <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/55.pdf>, свободный.

11. Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120 [Электронный каталог] – Режим доступа <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00809-0107-0430.pdf>, свободный.

12. Уровнемеры 5300 Волноводные радарные уровнемеры (модели 5301, 5302, 5303) – Режим доступа <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00809-0107-4530.pdf>, свободный.

13. Беспроводной измерительный преобразователь температуры Rosemount™ 648 – Режим доступа <http://www.emerson.com/documents/automation/-rosemount-648-ru-80506.pdf>, свободный.

14. Расходомеры Rosemount 3051SFC и 3095MFC на базе диафрагм Rosemount серии 405 [Электронный каталог] – Режим доступа [http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount\\_3051SFC\\_3095MFC.pdf](http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount_3051SFC_3095MFC.pdf), свободный.

15. Электропривод фирмы AUMA [Электронный каталог] – Режим доступа [file:///C:/Users/Oleg/Downloads/ba\\_sar2\\_07\\_16\\_am1\\_parallel\\_ru.pdf](file:///C:/Users/Oleg/Downloads/ba_sar2_07_16_am1_parallel_ru.pdf), свободный.

16. Газосигнализатор ГСМ-05 руководство по эксплуатации [Электронный каталог] – Режим доступа [www.nprtec.ru/documents.php?id=126&uid=75.pdf](http://www.nprtec.ru/documents.php?id=126&uid=75.pdf), свободный.

17. Пульт контроля и управления охранно-пожарный «С2000» [Электронный каталог] – Режим доступа [https://bolid.ru/files/373/566/s2000\\_ret\\_v.1.24\\_dec.pdf](https://bolid.ru/files/373/566/s2000_ret_v.1.24_dec.pdf), свободный.

18. Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный "СИГНАЛ-20М" [Электронный каталог] – Режим доступа [https://bolid.ru/files/373/566/signal\\_20m\\_ret\\_v.1.03\\_nov.pdf](https://bolid.ru/files/373/566/signal_20m_ret_v.1.03_nov.pdf), свободный.

19. Извещатель пожарный ручной взрывозащищенный Ех ИП 535-1В [Электронный каталог] – Режим доступа [http://nprk-etalon.ru/wp-content/uploads/2017/03/RE\\_IP535\\_electronnaya%20skhema.pdf](http://nprk-etalon.ru/wp-content/uploads/2017/03/RE_IP535_electronnaya%20skhema.pdf), свободный.
20. Извещатель пожарный 212-3СУ [Электронный каталог] – Режим доступа [http://ops-urengoy.ru/katalog/ip\\_212-3CU/4eb242b7343a4.pdf.pdf](http://ops-urengoy.ru/katalog/ip_212-3CU/4eb242b7343a4.pdf.pdf), свободный.
21. Шкафы Rittal TS8 [Электронный каталог] – Режим доступа [http://rittal.simetaplus.ru/raspr\\_sh\\_big\\_ts8.html](http://rittal.simetaplus.ru/raspr_sh_big_ts8.html), свободный.
22. 18. ГОСТ Р 55950-2014 (2014). Телекоммуникации. Нормы на параметры интерфейсов систем электропитания. Интерфейс постоянного тока. М.: АНО «НТЦИ».
23. ППБ 01-03 (2013). Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
24. Система управления процессами SIMATIC PCS7 [Электронный каталог] – Режим доступа [http://dfpd.siemens.ru/assets/files/infocenter/catalogs\\_and\\_brochures/as/brochures/SIMATIC\\_PCS7\\_r.pdf](http://dfpd.siemens.ru/assets/files/infocenter/catalogs_and_brochures/as/brochures/SIMATIC_PCS7_r.pdf), свободный.
25. Альтерман И. З. (2011). Программируемые контроллеры Simatic S7. 3-й уровень профессиональной подготовки: Учебное пособие. М.: Промышленная автоматизация.
26. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
27. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175с.
28. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
29. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>.
30. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ (1982). Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

31. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ (1990). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

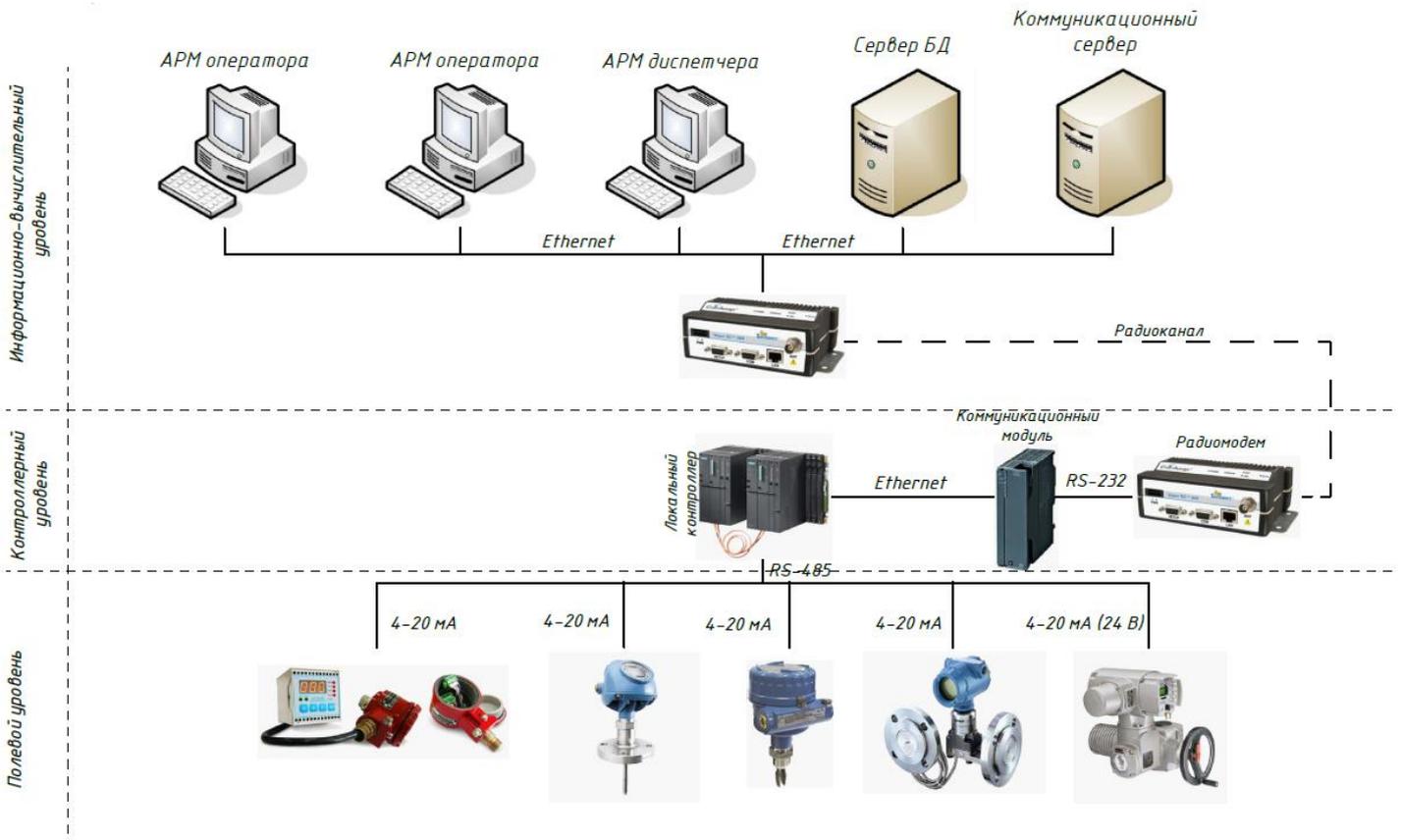
32. Лазарев Н.В., Левина Э.Н. (1976). Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Том 2. Органические вещества. М.: Л. «Химия».

33. ГОСТ 12.1.011-78 ССБТ (1978). Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.

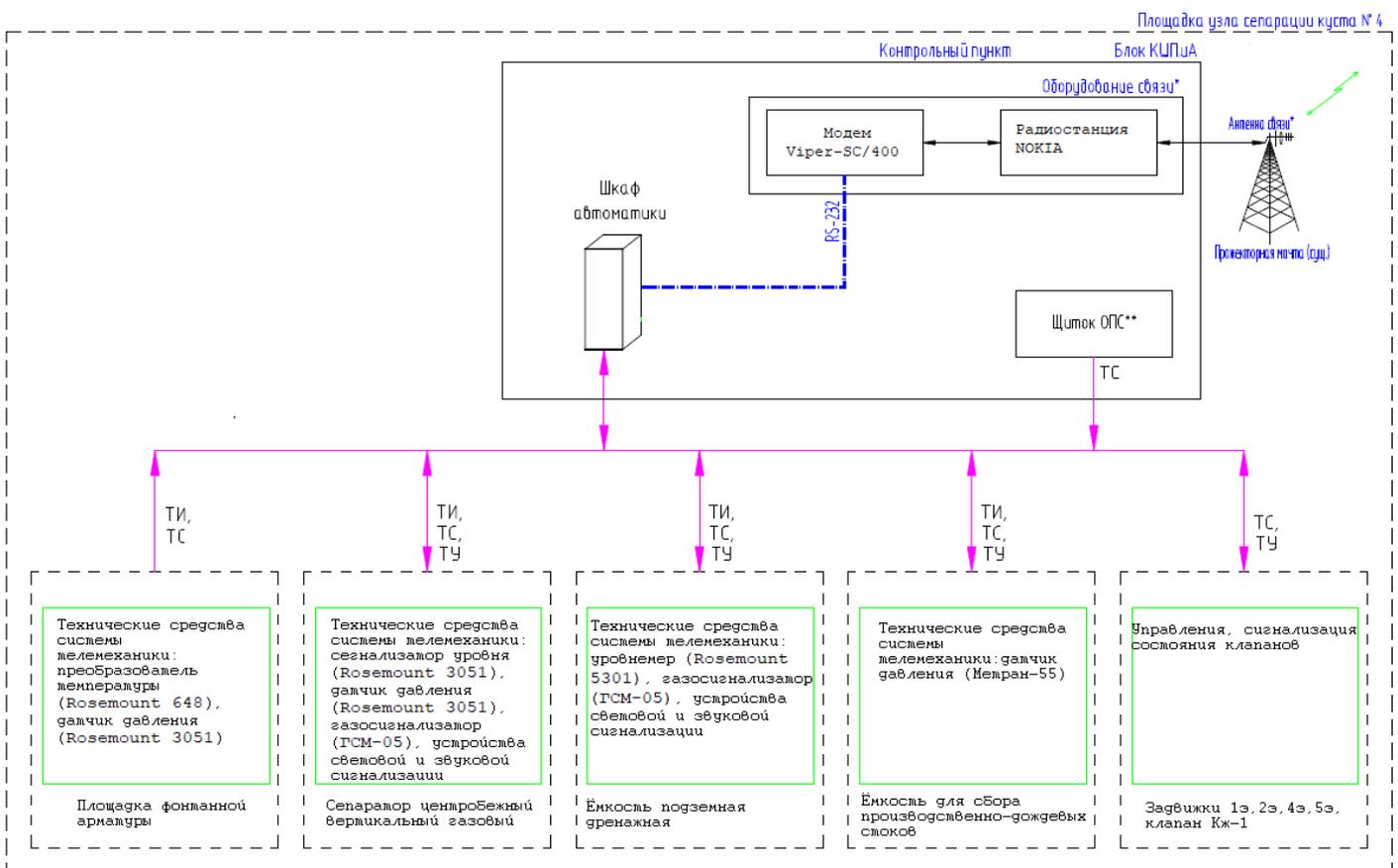
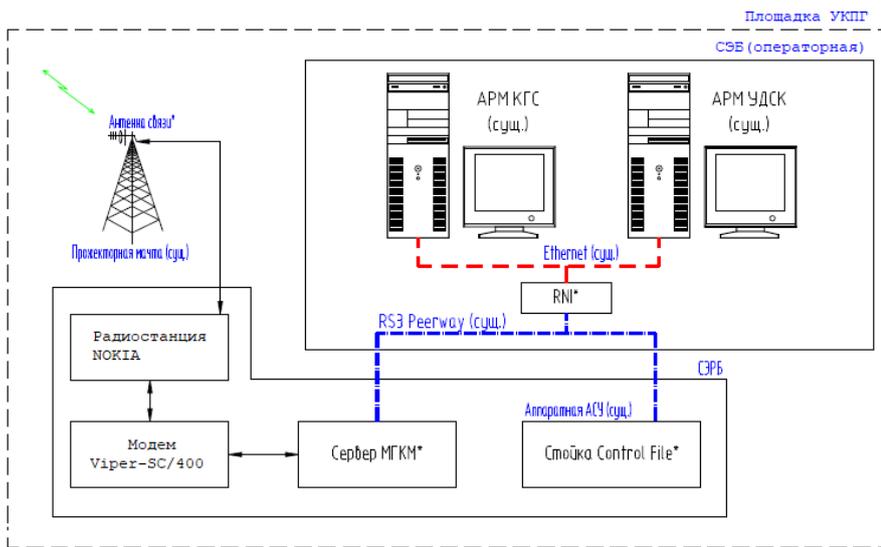
34. ГОСТ Р 51330.0 (2001). Электрооборудование взрывозащищенное.

# Приложение А

## Структурные схемы автоматизированной системы КГС

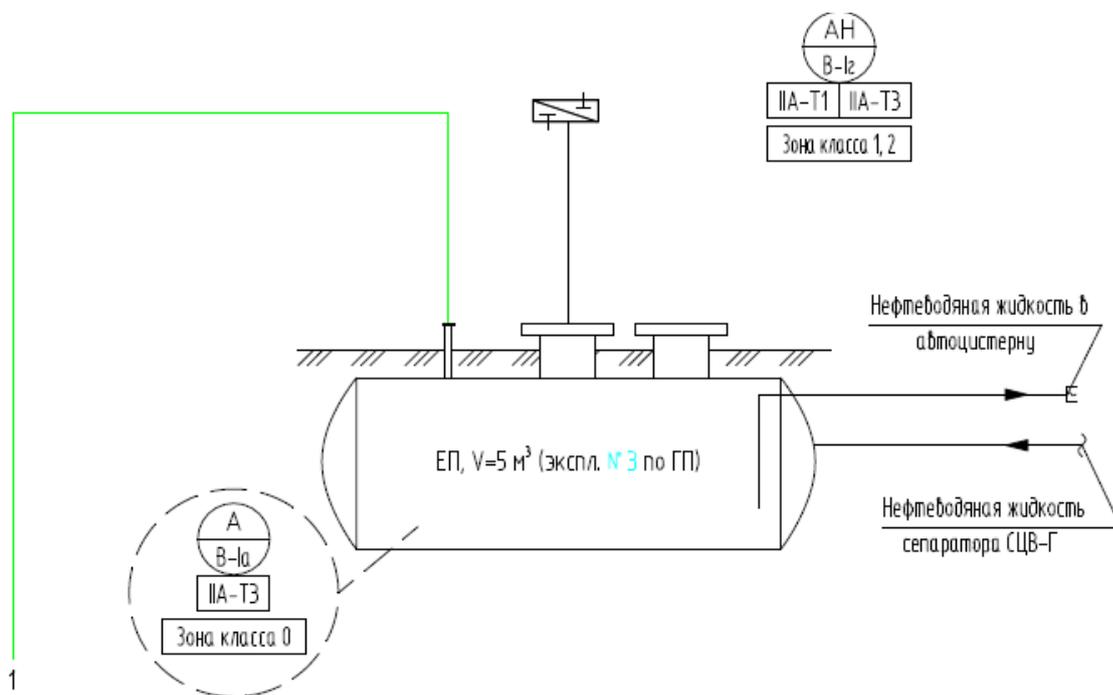


Трёхуровневая структурная схема



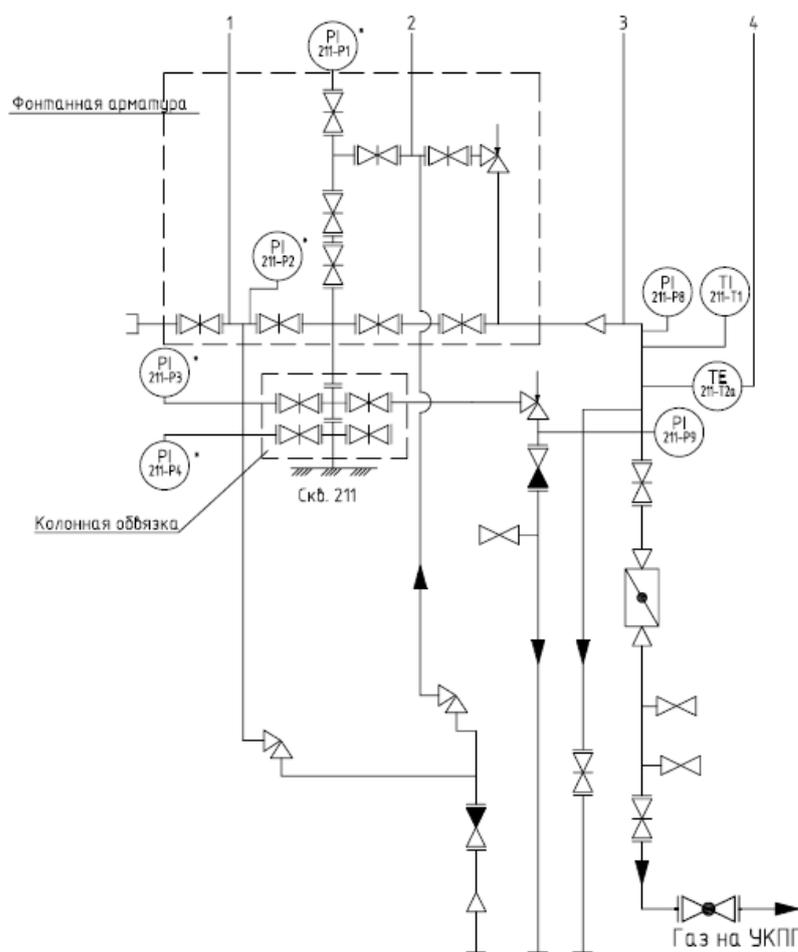
Обобщённая структурная схема





Площадка УДСК СЭБ (сущ.) АРМ КГС**	Площадка узла сепарации купца № 4		По месту						
	Контрольный пункт (экспл. № 9 по ГП). Блок КсА Шкаф автоматика		LT 3-12.1	QE 3-14.1a	3-19.1 H	3-19.2 HH	3-19.3 H	H 3-20.1	
Измерение									
Регистрация									
Сигнализация	350 мм*	1000 мм*	20 % НКТР	50 % НКТР	Сигнализация зависимости 20 % НКТР	Сигнализация зависимости 50 % НКТР	Сигнализация зависимости	Обработка сигнализации	
Управление		1100 мм*	Неисправность	Вкл. при 20 % НКТР	Вкл. при 50 % НКТР	Вкл. при 20 % НКТР	Вкл.		
Телеизмерение									
Телесигнализация									

Площадка дренажной ёмкости



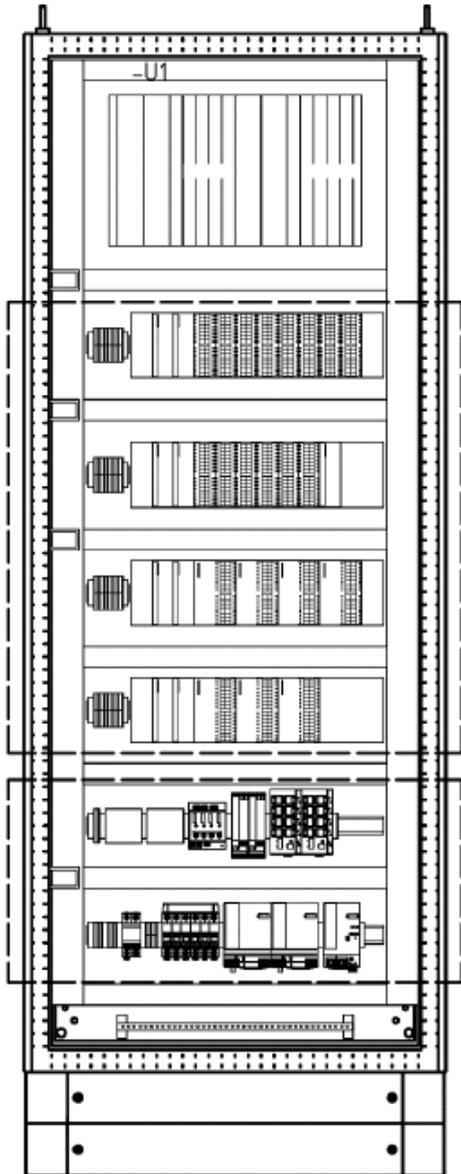
		1	2	3	4
		Давление затрубное 0..20МПа	Давление до рег. брос. 0..20МПа	Давление линейное 0..20МПа	Температура 0..60 °С
Площадка куста № 4	По месту	РУ 211-Р5	РУ 211-Р6	РУ 211-Р7	ТУ 211-Т2б
	Контрольный пункт. Блок КИД				
Площадка УДСК	Шкаф автоматизации	Измерение	—	—	—
		Регистрация	—	—	—
СЗБ (сущ.)	АРМ КИТ**	Сигнализация	—	—	—
		Управление	—	—	—
СЗБ (сущ.)	АРМ КИТ**	Телеизмерение	—	—	—
		Телесигнализация	—	—	—

Площадка фонтанной арматуры

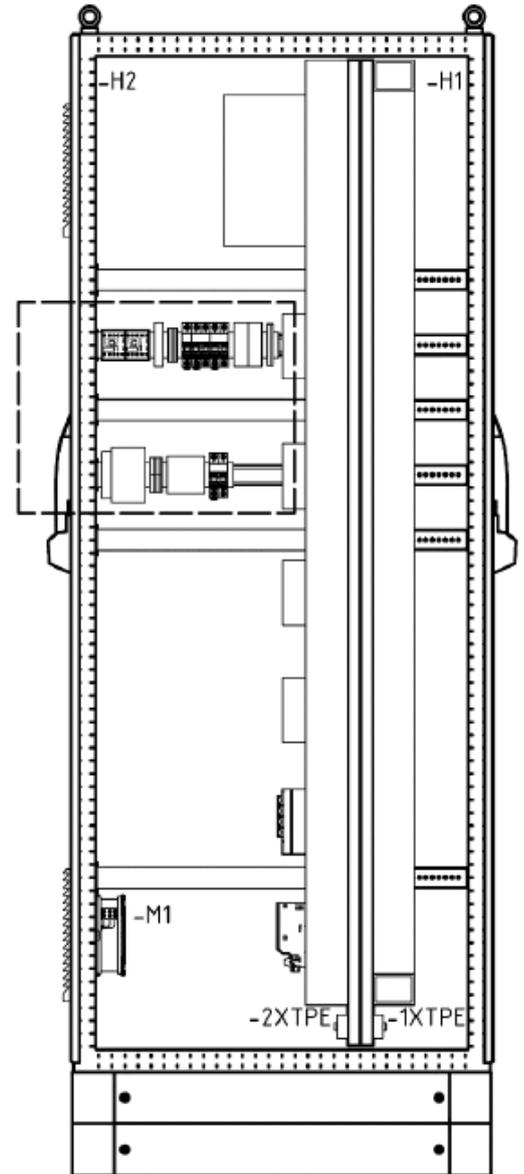
## Приложение В

Схема общего вида шкафа автоматизации.

Вид спереди  
Передняя дверь не показана



Вид сбоку  
Боковые панели не показаны



# Приложение Г

## Схемы принципиальные шкафа автоматизации

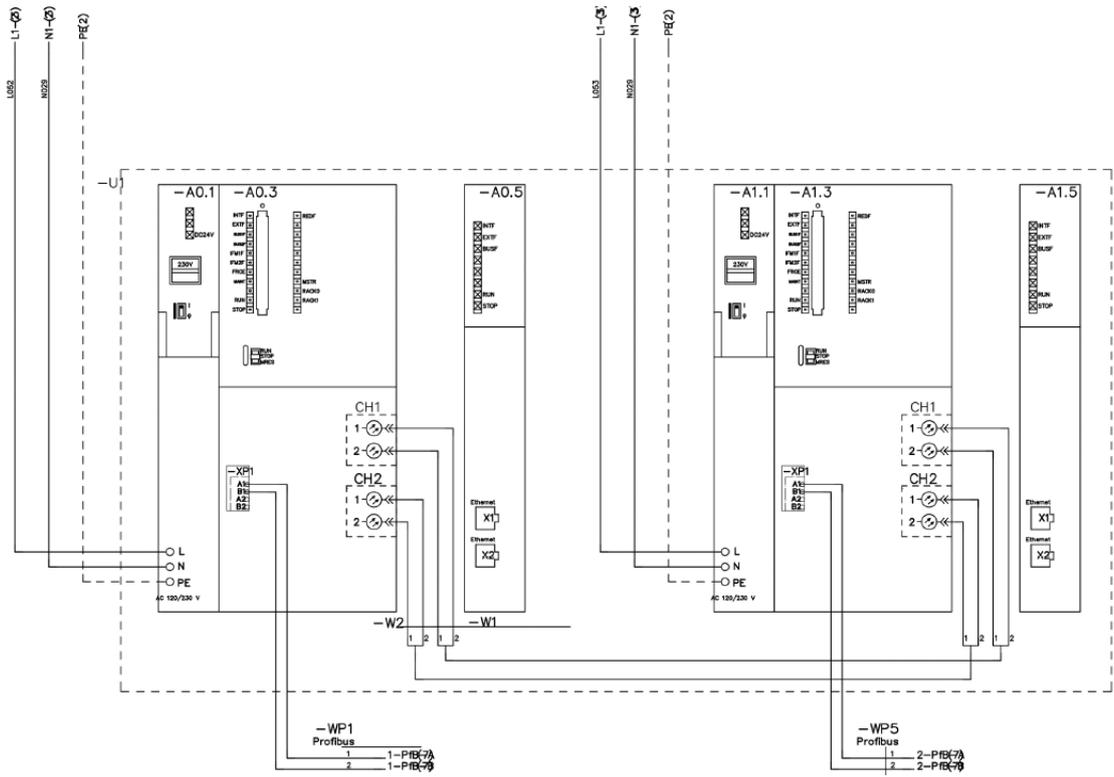


Схема резервирование ПЛК

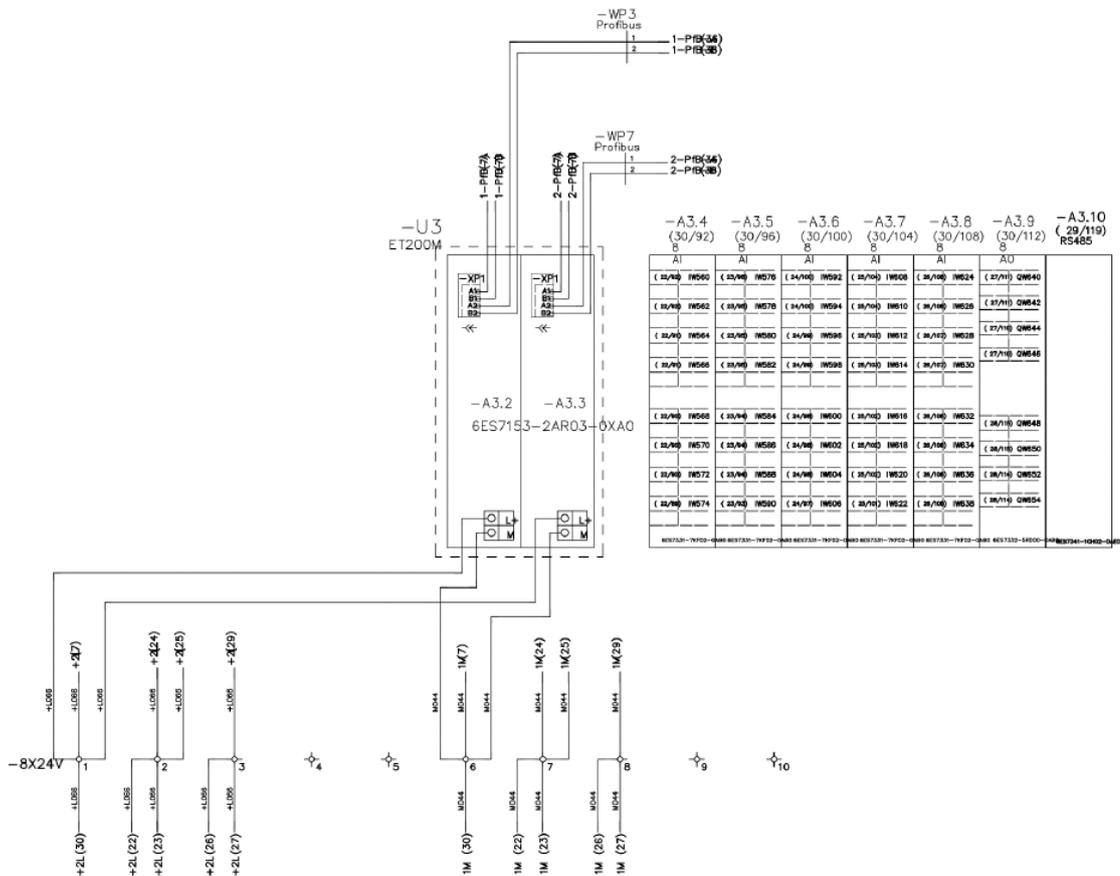
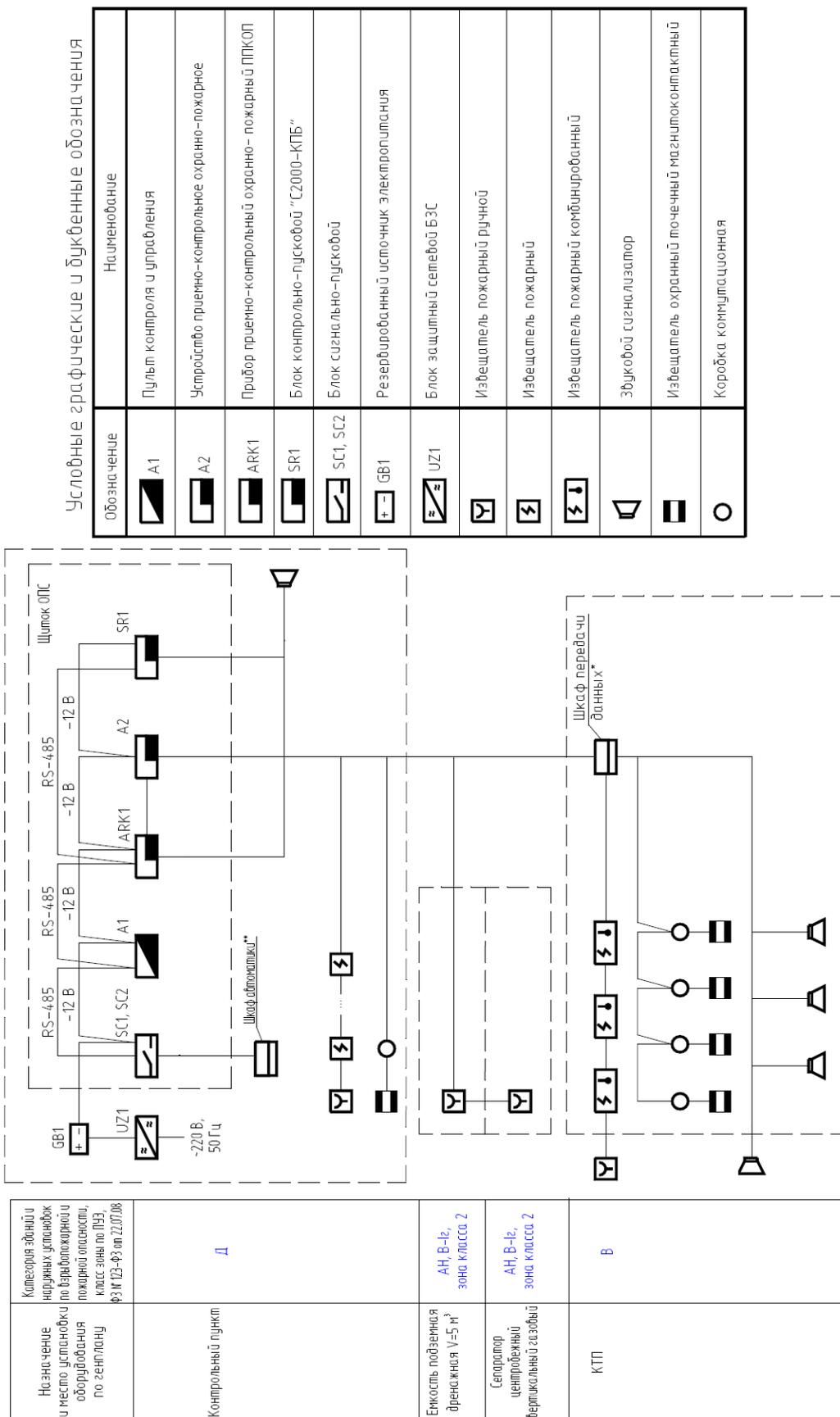


Схема распределительного модуля

## Приложение Д

### Структурная схема АСПС



## Приложение Е

### Листинги программного кода алгоритмов КГС

#### Листинг 1. Код тарифовочной таблицы

```
1.  DATA_BLOCK DB1
2.  STRUCT
3.  L: ARRAY[0..10] OF REAL;
4.  V: ARRAY[0..10] OF REAL;
5.  END_STRUCT
6.  BEGIN
7.  L[0]:=0.0;
8.  L[1]:=0.2;
9.  L[2]:=0.4;
10. L[3]:=0.6;
11. L[4]:=0.8;
12. L[5]:=1.0;
13. L[6]:=1.2;
14. L[7]:=1.4;
15. L[8]:=1.6;
16. L[9]:=1.8;
17. L[10]:=2.0;
18. V[0]:=0.0;
19. V[1]:=0.49;
20. V[2]:=1.34;
21. V[3]:=2.38;
22. V[4]:=3.52;
23. V[5]:=4.71;
24. V[6]:=5.9;
25. V[7]:=7.05;
    V[8]:=8.08;
27. V[9]:=8.93;
28. V[10]:=9.43;
29. END_DATA_BLOCK
```

#### Листинг 2. Код функции тарифовки

```
1.  FUNCTION_BLOCK FB44 {S7_m_c:='true'} //параметр S7_m_соответствует за
автоматическую передачу переменных на SCADA, при компиляции проекта
2.  VAR_INPUT
3.  Lt {S7_m_c:='true'}: REAL; //переменные функциональных блоков
различаются на входные, выходные и временные. Первые 2 типа отображаются в виде
реальных входов и выходов блока на чартовой диаграмме, к ним можно подключать
реальные сигналы с нижнего уровня, а также только их можно передавать на верхний
уровень в виде тегов
4.  END_VAR
5.  VAR_OUTPUT
6.  Vt {S7_m_c:='true'}: REAL;
7.  END_VAR
8.  VAR_TEMP
9.  i: INT;
10. END_VAR
11. BEGIN
12. i:=0;
13. WHILE (Lt>DB1.L[i] AND i<10) DO i:=i+1; END_WHILE;
//детектирование соседнего меньшего значения для текущего уровня по
тарифовочной таблице
14. Vt:=(Lt-DB1.L[i])*5*(DB1.V[i+1]-DB1.V[i])+DB1.V[i]; //реализация
алгоритма (1)
15. END_FUNCTION_BLOCK
```

### Листинг 3. Исходный код для подсчета почасовой производительности КГС

```
1.  FUNCTION_BLOCK FB46 {S7_m_c:='true'}
2.  VAR_INPUT
3.  t: DATE_AND_TIME; //вход пользовательского блока, на него подается
текущее значение даты и времени
4.  F {S7_m_c:='true'}: REAL; //расход, м3/с
5.  END_VAR
6.  VAR_OUTPUT
7.  F1 {S7_m_c:='true'}: REAL; //выходные значения расходов, м3/ч, для
каждого часа в течение суток; невозможно задать массивом, т.к.
параметры передаются на SCADA в виде отдельных тегов
8.  F2 {S7_m_c:='true'}: REAL;
9.  F3 {S7_m_c:='true'}: REAL;
10. F4 {S7_m_c:='true'}: REAL;
11. F5 {S7_m_c:='true'}: REAL;
12. F6 {S7_m_c:='true'}: REAL;
13. F7 {S7_m_c:='true'}: REAL;
14. F8 {S7_m_c:='true'}: REAL;
15. F9 {S7_m_c:='true'}: REAL;
16. F10 {S7_m_c:='true'}: REAL;
17. F11 {S7_m_c:='true'}: REAL;
18. F12 {S7_m_c:='true'}: REAL;
19. F13 {S7_m_c:='true'}: REAL;
20. F14 {S7_m_c:='true'}: REAL;
21. F15 {S7_m_c:='true'}: REAL;
22. F16 {S7_m_c:='true'}: REAL;
23. F17 {S7_m_c:='true'}: REAL;
24. F18 {S7_m_c:='true'}: REAL;
25. F19 {S7_m_c:='true'}: REAL;
26. F20 {S7_m_c:='true'}: REAL;
27. F21 {S7_m_c:='true'}: REAL;
28. F22 {S7_m_c:='true'}: REAL;
29. F23 {S7_m_c:='true'}: REAL;
30. F24 {S7_m_c:='true'}: REAL;
31. FD {S7_m_c:='true'}: REAL; //значение суточного расхода
32. END_VAR
33. VAR_TEMP
34. i:BOOL;
35. END_VAR
36. BEGIN
37. DB2.t1:=t; //запись текущего времени в блок данных, где оно получит
адреса DB2.DD0-DB2.DD7
38. DB2.DD8:=DB2.DD3; //DB2.DD8 соответствует первому байту переменной
DB2.HOUR, имеющей тип Integer. DB2.DD8 соответствует байту, содержащему текущий
час переменной t1. Таким образом, данная операция осуществляет конвертирования
из типа данных DATE_AND_TIME в INT. Условный оператор CASE способен
обработать только переменные типа Integer
39. CASE DB2.HOUR OF
40. 0: //с 00 до 01 выполняется следующее:
```

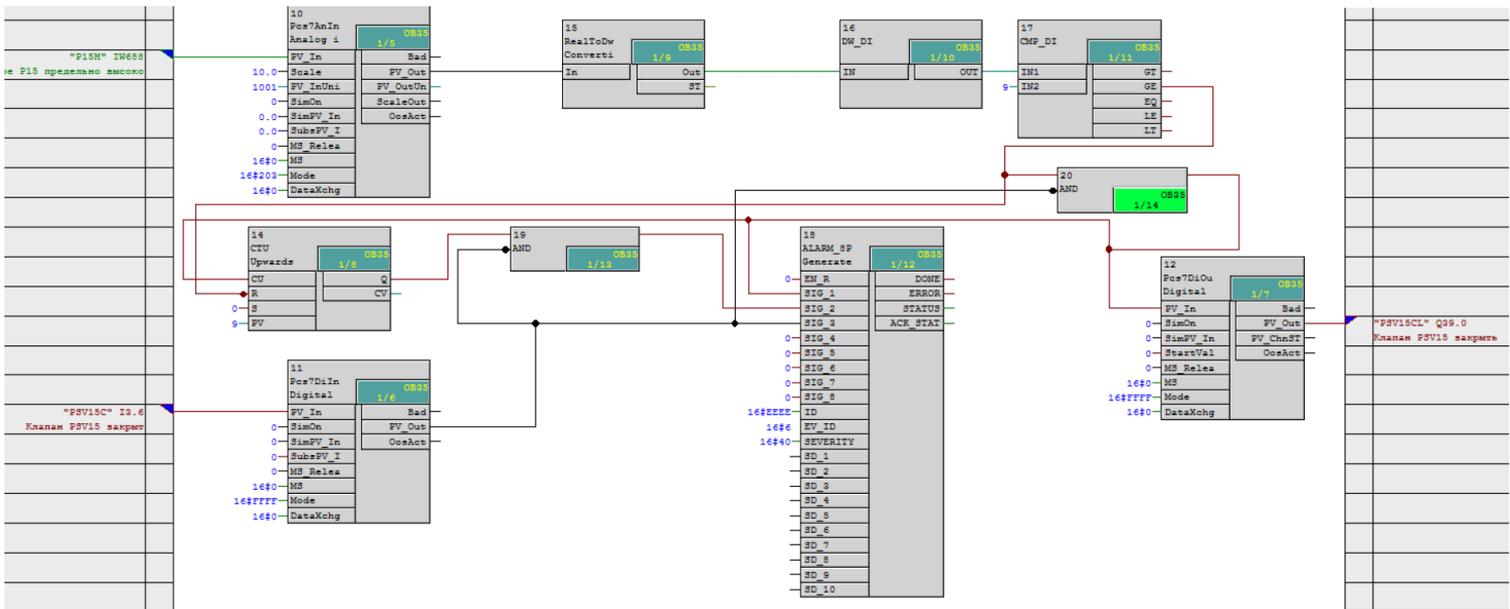
```

41. IF i=0 THEN i:=1; // (1) при смене суток сохраняет суточное
значение расхода и обнуляет значение расхода по часам
42. FD:=F1+F2+F3+F4+F5+F6+F7+F8+F9+F10+F11+F12+F13+F14+F15+
43. F16+F17+F18+F19+F20+F21+F22+F23;
44. F1:=0; F2:=0; F3:=0; F4:=0; F5:=0; F6:=0; F7:=0; F8:=0; F9:=0;
F10:=0; F11:=0; F12:=0;
45. F13:=0; F14:=0; F15:=0; F16:=0; F17:=0; F18:=0; F19:=0; F20:=0;
F21:=0; F22:=0; F23:=0; F24:=0;
46. ELSE F1:=F1+5*F; //интегрирование текущего расхода, с частотой
опроса датчиков каждые 5 секунд (определяется работой FB46 в OB30, с периодом
5с, см. таблицу 6), в течении часа, и запись результата интегрирования в F1
47. END_IF;
48. 1: /с 01 до 02 выполняется следующее:
49. F2:=F2+5*F; //интегрирование текущего расхода, с частотой опроса
датчиков каждые 5 секунд (определяется работой FB46 в OB30, с периодом 5с, см.
таблицу 6), в течении часа, и запись результата интегрирования в F2
50. 2: F3:=F3+5*F;
51. 3: F4:=F4+5*F;
52. 4: F5:=F5+5*F;
53. 5: F6:=F6+5*F;
54. 6: F7:=F7+5*F;
55. 7: F8:=F8+5*F;
56. 8: F9:=F9+5*F;
57. 9: F10:=F10+5*F;
58. 10: F11:=F11+5*F;
59. 11: F12:=F12+5*F;
60. 12: F13:=F13+5*F;
61. 13: F14:=F14+5*F;
62. 14: F15:=F15+5*F;
63. 15: F16:=F16+5*F;
64. 16: F17:=F17+5*F;
65. 17: F18:=F18+5*F;
66. 18: F19:=F19+5*F;
67. 19: F20:=F20+5*F;
68. 20: F21:=F21+5*F;
69. 21: F22:=F22+5*F;
70. 22: F23:=F23+5*F;
71. 23: F24:=F24+5*F; i:=0; //обнуление временной переменной, для
перехода к условию (1), при смене суток
72. END_CASE;
73. END_FUNCTION_BLOCK

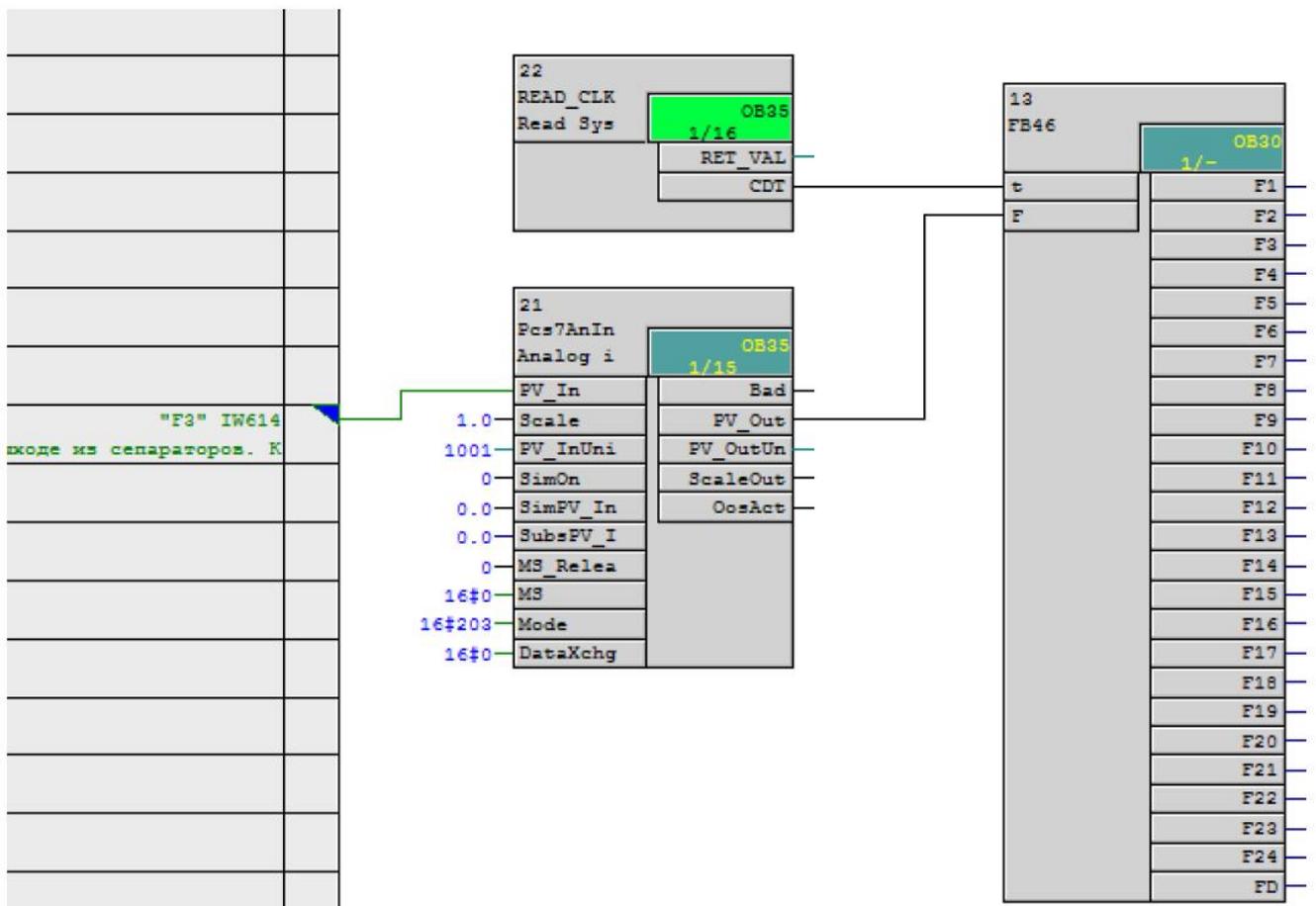
```

## Приложение Ж

### Примеры реализации алгоритмов на чартовых диаграммах



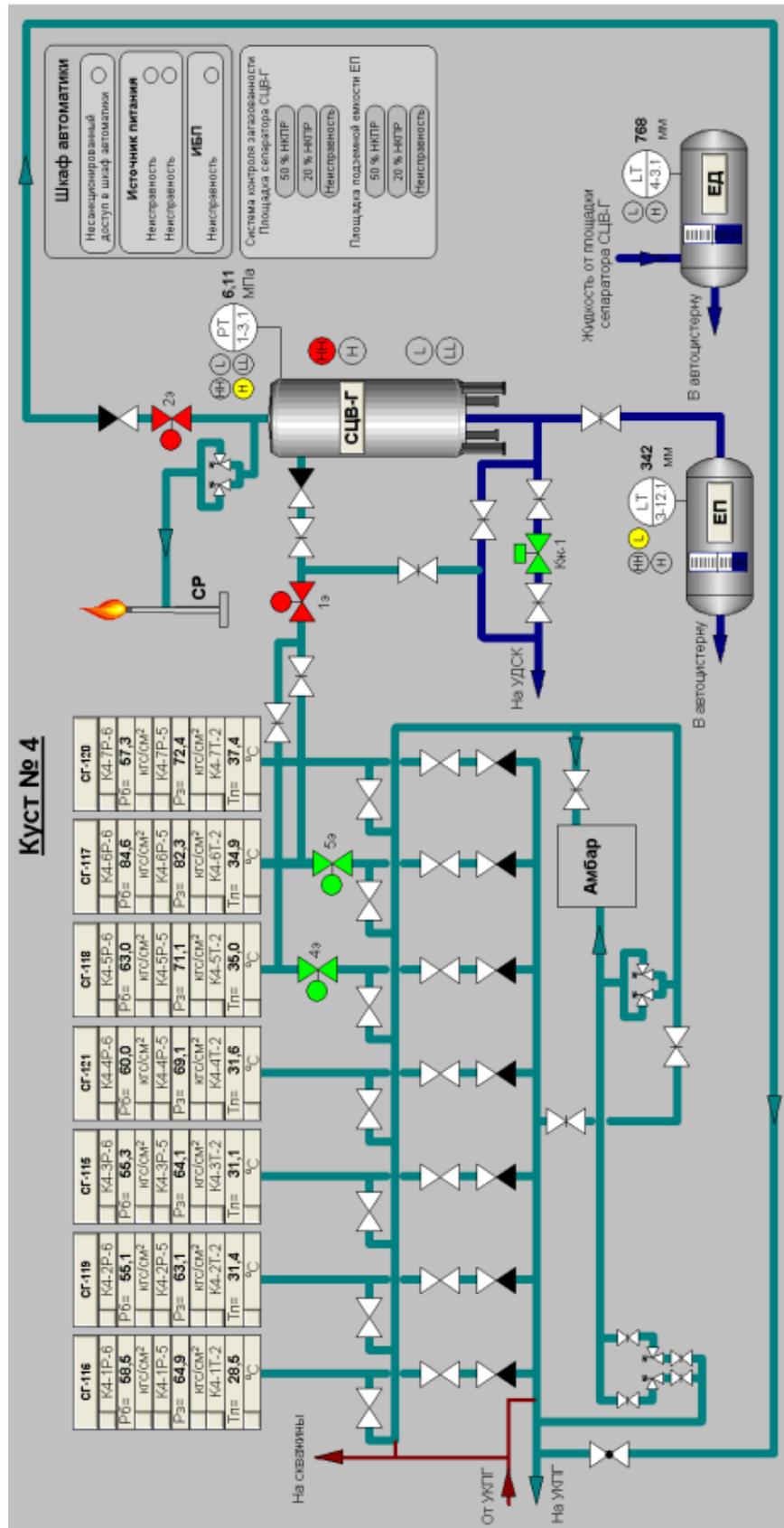
### Пример реализации алгоритма ПАСиЗ по давлению на входе сепаратора



### Пример реализации алгоритма посуточного учёта производительности КГС

# Приложение 3

## Чертежи видеокладов АРМ оператора



Главное окно АРМ оператора

## Журнал тревог

Ack	Date In	Time In	Date Last	Time Last	Area	Tagname	Status	Value	Description
1	17.06.12	16:27:55.746	17.06.12	16:27:55.746	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №11
2	17.06.12	16:27:55.749	17.06.12	16:27:55.749	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №14
3	17.06.12	16:27:59.625	17.06.12	16:27:59.625	ALL	K1-F511	COMM		Контроль электропитания КЭС №9
4	17.06.12	16:27:59.625	17.06.12	16:27:59.625	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №9
5	17.06.12	16:28:42.210	17.06.12	16:28:42.210	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №10
6	17.06.12	16:28:42.210	17.06.12	16:28:42.210	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №10
7	17.06.12	16:28:43.390	17.06.12	16:28:43.390	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №8
8	17.06.12	16:28:43.390	17.06.12	16:28:43.390	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №8
9	17.06.12	16:28:45.656	17.06.12	16:28:45.656	ALL	K1-F511	COMM		Контроль электропитания КЭС №6
10	17.06.12	16:28:45.656	17.06.12	16:28:45.656	ALL	K1-F502	COMM		Контроль электропитания КЭС №6
11	17.06.12	16:29:39.701	17.06.12	16:29:39.701	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №4
12	17.06.12	16:29:39.701	17.06.12	16:29:39.701	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №4
13	17.06.12	16:29:47.171	17.06.12	16:29:47.171	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №4
14	17.06.12	16:29:47.171	17.06.12	16:29:47.171	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №4
15	17.06.12	16:29:49.625	17.06.12	16:29:49.625	ALL	K1-F502	COMM		Контроль электропитания КЭС №3
16	17.06.12	16:29:50.999	17.06.12	16:29:50.999	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №2
17	17.06.12	16:29:50.999	17.06.12	16:29:50.999	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №2
18	17.06.12	16:29:57.050	17.06.12	16:29:57.050	ALL	K1-F502	COMM		Давление в блоке КЭС №11 КЭС №2
19	17.06.12	16:29:57.050	17.06.12	16:29:57.050	ALL	K1-F504	COMM		Контроль электропитания КЭС №2
20	17.06.12	16:29:57.056	17.06.12	16:29:57.056	ALL	K1-F502	COMM		Контроль электропитания КЭС №2
21	17.06.12	16:30:28.062	17.06.12	16:30:28.062	ALL	K1-CFAIL	COS	Обрыв	Состояние связи по КЭС №1
22	17.06.12	16:30:22.203	17.06.12	16:30:22.203	ALL	K6-P44	LOLO	-0	Давление метанола от УКПГ на куств
23	17.06.12	16:30:22.203	17.06.12	16:30:22.203	ALL	K6-7T-2	HNH	52	Температура газа на устье СГ-102 [6/7]
24	17.06.12	16:30:11.437	17.06.12	16:30:11.437	ALL	K3-2P-6	LO	55,21	Давление буферное СГ-137 [3/2]
25	17.06.12	16:30:11.437	17.06.12	16:30:11.437	ALL	K3-2P-5	LO	57,27	Давление затрубное СГ-137 [3/2]
26	17.06.12	16:30:11.437	17.06.12	16:30:11.437	ALL	K3-1T-2	HNH	52	Температура на устье СГ-136 [3/1]
27	17.06.12	16:30:11.437	17.06.12	16:30:11.437	ALL	K3-1P-6	LOLO	-61,86	Давление буферное СГ-136 [3/1]
28	17.06.12	16:30:11.437	17.06.12	16:30:11.437	ALL	K3-1P-5	LOLO	-61,41	Давление буферное СГ-136 [3/1]
29	17.06.12	16:30:04.062	17.06.12	16:30:04.062	ALL	K2-P16	LOLO	-29,29	Давление в ПП КЭС №2
30	17.06.12	16:29:57.578	17.06.12	16:29:57.578	ALL	ZD47-10	COS		Задвижка 47/1 Открыта
31	17.06.12	16:29:57.578	17.06.12	16:29:57.578	ALL	F1-P	LOLO	-0,247	Плотность
32	17.06.12	16:29:56.203	17.06.12	16:29:56.203	ALL	K14-1P-5	LO	72,80	Давление затрубное СГ-217 [1/4/1]

Total Alarms: 139

Filter: Off

Sort: , Descending

Run

Окно журнала тревог

## Приложение И

### Пример работы системы СУТОиК

График ТО СКЗ МНГКМ

Дата начала: 01.01.2018

ХАРАКТЕРИСТИКИ					
№	Группа	ЗиС/Скважина	ТП1	ТП2	МУО
1 - Куст 4 (20.1, 20.3)					
1	Техническое обслуживание	Сепаратор центробежный вертикальный газовый	ТП1ур.	QAE-1-14.1a	Газоанализатор ГСМ-05. Загазованность у сепаратора
2	Техническое обслуживание	Сепаратор центробежный вертикальный газовый	ТП1ур.	QAE-1-14.1a	Вторичный преобразователь ГСМ-05. Загазованность у сепаратора
3	Техническое обслуживание	Сепаратор центробежный вертикальный газовый	ПС-1 С4	HL1.19.2	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 50% НКПР
4	Техническое обслуживание	Сепаратор центробежный вертикальный газовый	ПС-1 С4	HL1.19.1	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 20% НКПР
5	ППР	Сепаратор центробежный вертикальный газовый	ПС-1 С4	S81-20.1	Пост упр. кнопочный ПВК-12ХЛ1. Проверка поста
6	Техническое обслуживание	Сепаратор центробежный вертикальный газовый	ПС-1 С4	HA-1	Звуковая сигнализация ВС-3-П-ГС-24В. Загазованность
7	Техническое обслуживание	Емкость подземная дренажная V=5м3	Емкость	QA-3-14.1a	Газоанализатор ГСМ-05. Загазованность У ёмкости заглублённой куст 4
8	Техническое обслуживание	Емкость подземная дренажная V=5м3	Емкость	QA-3-14.1a	Вторичный преобразователь ГСМ-05. Загазованность У ёмкости заглублённой куст 4
9	Техническое обслуживание	Емкость подземная дренажная V=5м3	ПС-2 С4	HL3.19.1	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 20% НКПР
10	Техническое обслуживание	Емкость подземная дренажная V=5м3	ПС-2 С4	HL3.19.2	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 50% НКПР
11	Техническое обслуживание	Емкость подземная дренажная V=5м3	ПС-2 С4	HA-2	Звуковая сигнализация ВС-3-П-ГС-24В. Загазованность
12	ППР	Емкость подземная дренажная V=5м3	ПС-2 С4	S83-20.1	Пост упр. кнопочный ПВК-12ХЛ1. Проверка поста
13	ППР	Емкость подземная дренажная V=5м3	ПС-2 С4	СК 1-12 ПЗ	Соединительная коробка КПЗ

График ТО СКЗ МНГКМ

Дата начала: 01.01.2018

ПЛАНИРОВАНИЕ											
№	1/2018	2/2018	3/2018	4/2018	5/2018	6/2018	7/2018	8/2018	9/2018	10/2018	11/2018
1 - Куст 4											
1		3:ТО1			4:ТО1			ТО3			2:ТО1
2		4:ТО 0			1:ТО 0			2:ТО 0			3:ТО 0
3	4:ТО3				1:ТО0			2:ТО0			3:ТО0
4	4:ТО3				1:ТО0			2:ТО0			3:ТО0
5								1:ТО3			
6		4:ТО3			1:ТО0			2:ТО0			3:ТО0
7		3:ТО1			4:ТО1			ТО3			2:ТО1
8		4:ТО 0			1:ТО 0			2:ТО 0			3:ТО 0
9	4:ТО3				1:ТО0			2:ТО0			3:ТО0
10	4:ТО3				1:ТО0			2:ТО0			3:ТО0
11		4:ТО3			1:ТО0			2:ТО0			3:ТО0
12								1:ТО3			
13								1:ТО3			

Окно графика ТО средств контроля загазованности

Характеристика	Значение	Не требуется
<b>Общие характеристики</b>		
Название подразделения		
Наименование изготовителя		<input checked="" type="checkbox"/>
Модель ПФ		<input checked="" type="checkbox"/>
Номенклатура		<input checked="" type="checkbox"/>
Инвентарный номер		
Заводской номер	14842/338	
Требования к нормативу работ		
Расчет вывода из эксплуатации	От даты ввода в эксплуатацию	
Дата выпуска	01.02.2011	
Дата ввода в эксплуатацию	01.03.2012	
Срок эксплуатации	10	
Дата вывода из эксплуатации	01.03.2022	
Дата завершения гарантийного срока		
Излишек	Нет	
Номер заявки		
Этап ЖЦ		
Инвентарный номер (расчетный)	—	
<b>Характеристики: Средство измерений</b>		
Наименование СИ	Газоанализатор	
Модель/тип СИ	ГСМ-05	
Изготовитель	ООО "НПП "ТЭК" г. Томск	
Код	0	
Номер в госреестре средств измерений	19605-06	
Подлежит поверке ГМКИН	да	
Включен в систему ПАСиЗ	Да	
Полное наименование вида измерений	Измерения физико-химического состава и свойств веществ	
Сфера ГР	Выполнение работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда	
Маркировка взрывозащиты	1ExdeIICT6	
Единица измерения	% НКПР	
Минимальное значение диапазона измерений	0	<input type="checkbox"/>
Максимальное значение диапазона измерений	40	<input type="checkbox"/>
Верхний предел измерения	40	
Допускаемая погрешность	% НКПР	
Выходной сигнал	4-20 мА	
Состав комплекта	0	<input type="checkbox"/>
Другие технические характеристики	Уточнить при ТО	<input type="checkbox"/>
Метрологическое назначение	Средство измерений	
Класс точности		<input checked="" type="checkbox"/>

## Окно паспорта технического средства

Журнал проведения ТО сигнализаторов контроля загазованности МНКГМ ×

Для группировки переместите столбец

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

Группа ПО	ПО	ЗиС/Скважина
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Сепаратор центробежный вертикальный газовый
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Сепаратор центробежный вертикальный газовый
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Сепаратор центробежный вертикальный газовый
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Сепаратор центробежный вертикальный газовый
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Сепаратор центробежный вертикальный газовый
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Емкость подземная дренажная V=5м3
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Емкость подземная дренажная V=5м3
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Емкость подземная дренажная V=5м3
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Емкость подземная дренажная V=5м3
Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение	Сепарация и транспорт скважинной продукции скважин куста №4	Емкость подземная дренажная V=5м3

Журнал проведения ТО сигнализаторов контроля загазованности МНКТМ

Для группировки переместите столбец

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

ТГ	ТП	МУО	Вид	Подвид	Статус	Подразделение владельца
ПС-1 С4	HL1.19.2	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 50% НКПР	Пост сигнализации	табло	Завершена	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА
ТП1ур.	QAE-1-14	Вторичный преобразователь ГСМ-05. Загазованность у сепаратора	Средства измерения	газосигнализатор	Завершена	Группа по метрологии
ПС-1 С4	HL1.19.1	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 20% НКПР	Пост сигнализации	табло	Завершена	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА
ТП1ур.	QAE-1-14	Газоанализатор ГСМ-05. Загазованность у сепаратора	Средства измерения	газосигнализатор	Завершена	Группа по метрологии
ПС-1 С4	HA-1	Звуковая сигнализация ВС-3-П-ГС-24В. Загазованность	Пост сигнализации	оповещатель звуковой	Завершена	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА
ПС-2 С4	HL3.19.1	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 20% НКПР	Пост сигнализации	табло	Завершена	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА
ПС-2 С4	HL3.19.2	Световое табло ВС-4-3С-24В-УК-16. Световая сигнализация 50% НКПР	Пост сигнализации	табло	Завершена	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА
ПС-2 С4	HA-2	Звуковая сигнализация ВС-3-П-ГС-24В. Загазованность	Пост сигнализации	оповещатель звуковой	Завершена	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА
Ёмкость	QA-3-14.1	Вторичный преобразователь ГСМ-05. Загазованность У ёмкости загруз	Средства измерения	газосигнализатор	Завершена	Группа по метрологии
Ёмкость	QA-3-14.1	Газоанализатор ГСМ-05. Загазованность У ёмкости заглублённой куст	Средства измерения	газосигнализатор	Завершена	Группа по метрологии

Журнал проведения ТО сигнализаторов контроля загазованности МНКТМ

Для группировки переместите столбец

**ИСПОЛНЕНИЕ**

Тип работы	Подразделение-исполнитель	Ответственный исполнитель	Дата расчета	Дата начала
ТО0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.04.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО 0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.05.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.04.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО1	Группа по метрологии		01.05.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.05.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.04.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.05.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО 0	Участок по ремонту и обслуживанию КИПиА		01.05.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00
ТО1	Группа по метрологии		01.05.2018 00:00:00	01.05.2018 00:00:00

Окна журнала ТО сигнализаторов контроля загазованности

## Приложение К

11. Designing of program-algorithmic means of the AS of remote control of clusters

11.1. General information about the Simatic PCS development environment

11.2. Configuring the Hardware Controller Station

11.3. Development of design algorithms

11.3.1. Preparation of the project for the description of algorithms

11.3.2. Implementation of the calibration algorithm for separation tanks

11.3.2.1. Setting the calibration task

11.3.2.2. Construction of the mathematical model of the algorithm

11.3.2.3. Implementation of the algorithm in Simatic PCS

11.3.3. Implementation of algorithms for warning alarm and equipment protection

11.3.3.1. Formulation of the problem

11.3.3.2. Construction of an implementation algorithm

11.3.3.3. Implementation of the algorithm in Simatic PCS

11.3.4. Implementation of algorithms for automating the accounting of gas plant capacity

11.3.4.1. Statement of the task of automatic accounting

11.3.4.2. Mathematical description of the algorithm

11.3.4.3. Реализация алгоритма в Simatic PCS

12. Development of SCADA project screen forms

12.1. Description of SCADA graphic elements

12.2. Drawings of video frames

13. Development of a control system for maintenance and repair and calibration of automation equipment

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Скрипников Олег Валентинович		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Шепетовский Денис Владимирович			

## **11. Designing of program-algorithmic means of the AS of remote control of clusters**

### **11.1. General information about the Simatic PCS development environment**

The development environment was chosen Simatic Process Control System 7 software by Siemens, which is a distributed control system that integrates the programming environment of the Simatic S7 series controllers of the 300th and 400th series, and the Simatic WinCC was chosen for the SCADA system.



© Siemens AG, 2014. All Rights Reserved.

Simatic PCS 7 is a functionally complete, homogeneous integrated system. The system provides unconditional execution of all typical requirements to control systems at all stages of its existence from design to practical operation:

- flexible use of zero-level networks;
- homogeneous, fast and efficient design;
- accommodation of visualization and operational control;
- safe and simple process management;
- the possibility of using flexible packet management;
- direct inclusion in the Enterprise Resource Planning environment, wide application of IT-technologies;
- openness, the possibility of using equipment from other manufacturers.

The Siemens hardware and software product line is an inexpensive product with a high reliability factor, as well as high performance of the complex, and is relatively simple for designing and developing software and hardware.

The main utility Step 7 - Simatic Manager, mainly performs work with the project. The work of Step 7 is based on the concept of the project, which stands for a comprehensive solution to the automation problem, which includes several interconnected controllers based on physical microcontrollers, linking the human-machine interface system and controllers network.

Step 7 supports the following programming languages based on IEC 61131-3:

- FBD (Function Block Diagram) - graphical language of function blocks;
- LAD (Ladder Diagram) - graphical language of ladder-contact logic;
- SFC (Sequential Function Chart) - graphical high-level language of sequential functional state diagrams based on the mathematical apparatus of Petri nets (describes the conditions of transitions and the sequence of states);
- STL (Standard Template Library) - low-level instruction language, such as assembler, based on IL IEC 61131-3;
- GRAPH - graphical high-level language based on system state graphs.

SCL (Structured Control Language) is a structured Pascal-like programming language based on the language of ST IEC 61131-3.

In addition to standard programming languages, the Step 7 package allows programming in CFC (Continuous Function Chart) - the language of continuous functional charts. This language is a graphical high-level combination of GRAPH and FBD languages, which makes it possible to program the interrelationships between functional blocks that are written in the other languages described above. The existing opportunity to work in this programming language is the basic advantage of the software complex for the design of distributed control networks Simatic PCS 7.

Moreover, the environment of Simatic Step 7 makes it possible to convert the self-written libraries and functions between the languages SCL, LAD and FBD without much effort.

Figure 29 shows the CFC chart programming window in the Step 7 package.

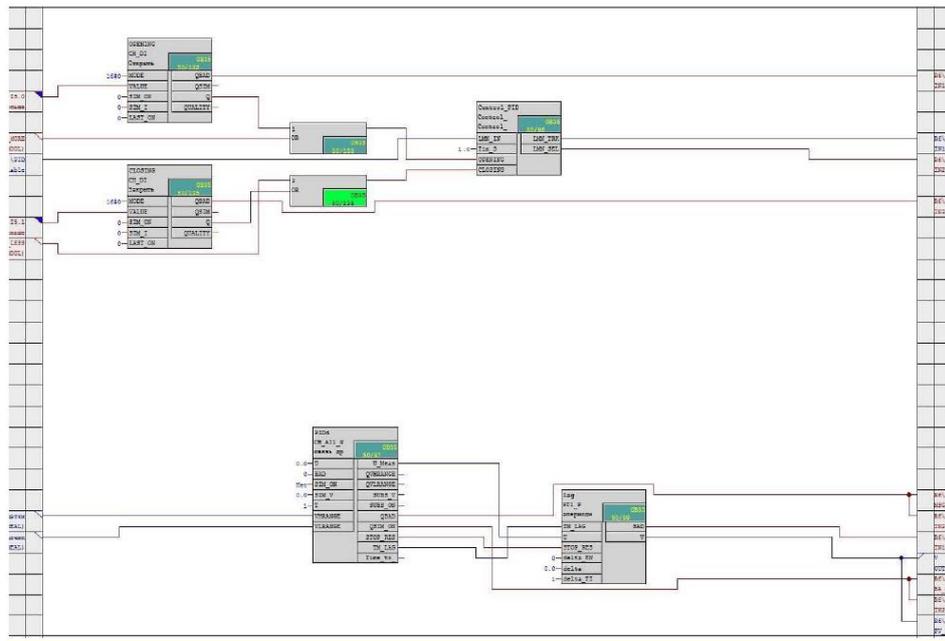


Figure 29. CFC chart in Simatic Step 7

## 11.2. Configuring the Hardware Controller Station

Description of the equipment configuration of the controller station can be called the initial stage in the development of the project of algorithmic support of the automated system. This procedure is necessary in order for the controller's CPU module to identify the communication protocols used, as well as the peripheral modules used. In particular, the described configuration is a software component, so it is "download" directly into the central processor.

In this section, you should pay attention to the main features of the selected Hardware, which form the concept of the project, and specifically:

- communication modules CP443-1IE, used to connect servers and controllers over the Profinet network, to increase the reliability of the connection have two Profinet channels each;
- ET-200 M from the Simatic S7-300 family (previous generation) and corresponding input-output modules of this line are used as expansion modules of the station, in the conditions of application of the 400-series station; This approach to design is considered to be the most effective in terms of the ratio of the resulting cost / performance of the project;

– the project uses the so-called H-station (controller of the CPU version 414-4H), where "H" means its hot reservation. Consequently, the use of the H-series controller means the design of a redundant station.

Directly designing the algorithmic part of the project begins with the launch of the Simatic Manager utility and the creation of a clean project. Then the H-station is selected in the project. Figure 30 shows the manager window during the addition of the controller station to the project.

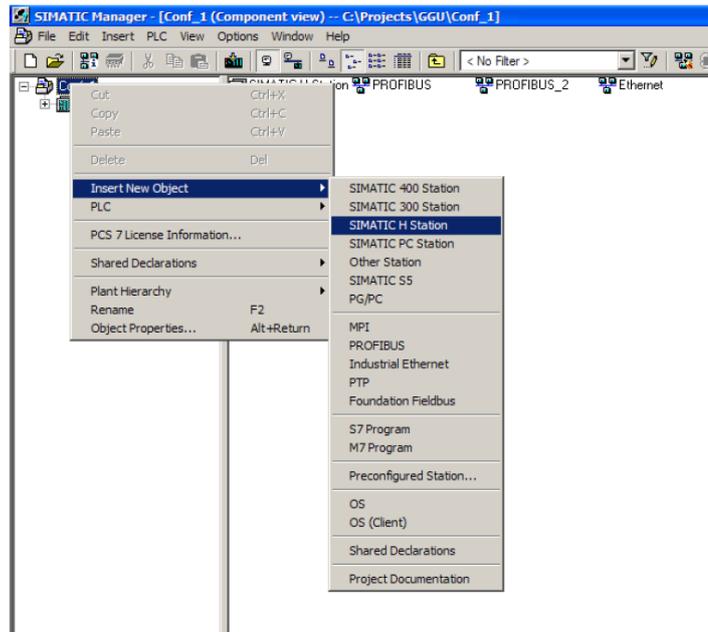


Figure 30. Configuring the Simatic 414-4H redundant controller station

When selecting CPU modules, the Profibus network of the module is configured (Figure 31).

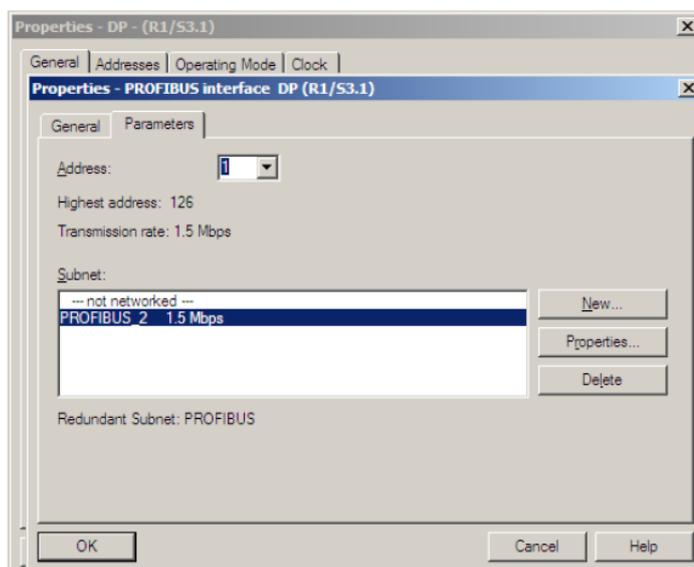


Figure 31. Configuring the Profibus DP network

After configuring the Profibus network, Profibus buses will appear in the HW Config project window, to which the IM 153-2 expansion modules are added from the PROFIBUS DP / ET 200 M libraries, as well as the corresponding modules, as shown in Figure 32.

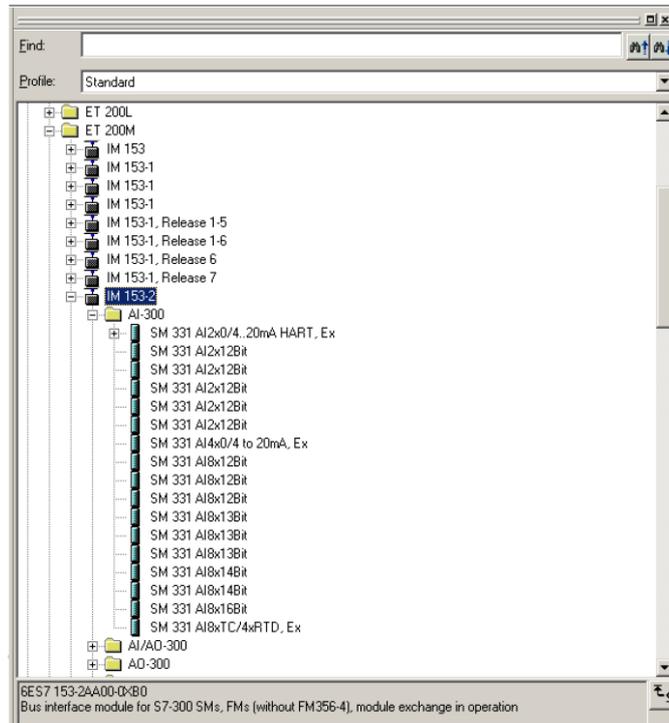


Figure 32. Simatic PCS component library

At this stage, the configuration of the station equipment is completed. Figure 33 shows the resulting view of the hardware in HW Config.

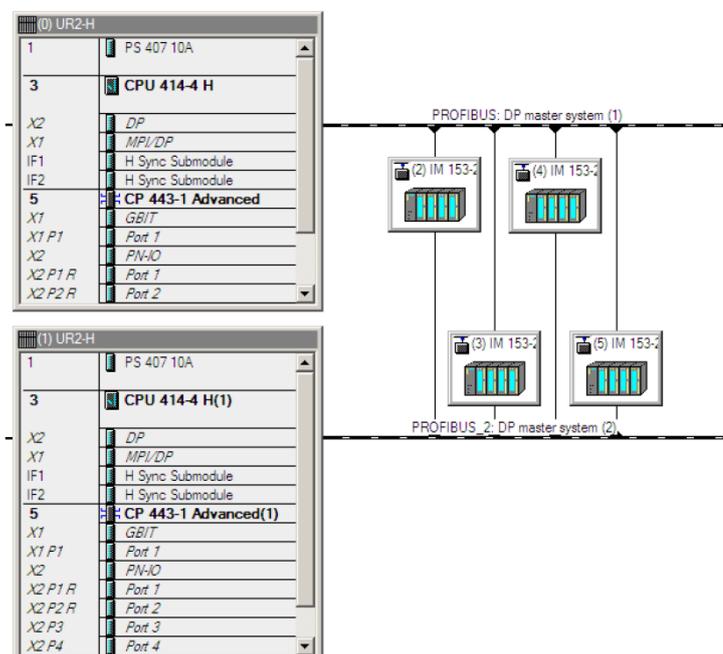


Figure 33. The final view of the controller station of the project AS of remote control of clusters

The network is configured using the NetPro utility, which is called by the Configure Network button on the toolbar. The Options / Set PG / PC Interface dialog box, shown in Figure 34, is necessary to select the network card of the top-level station with which the program works with the controller - moreover, without performing this procedure it is impossible to "download" the configuration of the equipment in the controller itself.

ISO-protocol provides communication on MAC-addresses, which makes it possible to depart from the configuration of the network at the level of TCP / IP. However, the TCP / IP protocol will be applied in this project, so the controller station, as well as the server, must be located in pairs on one subnet. Also in Figure 34, the network settings window of the communication module is displayed.

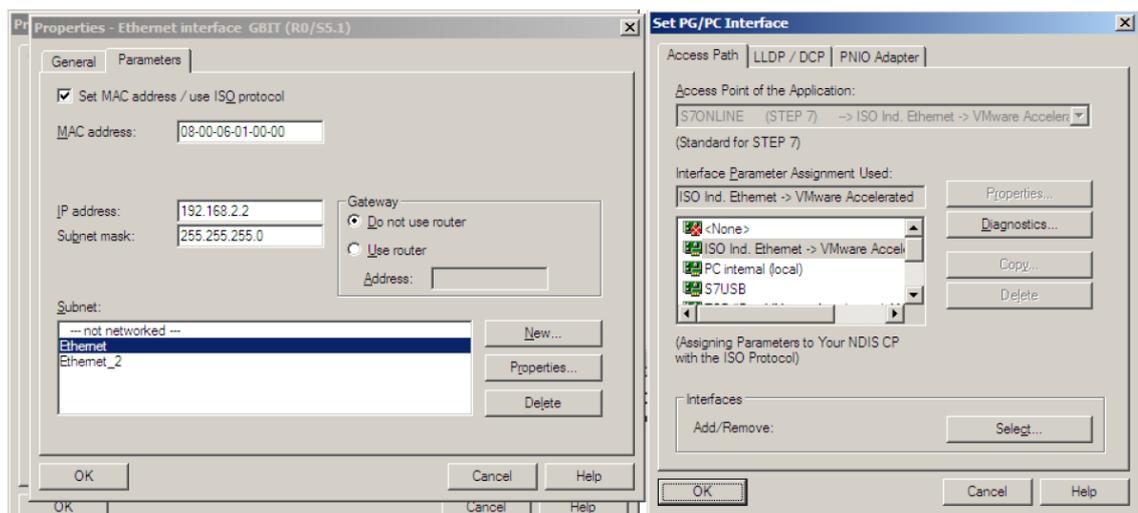


Figure 34. Configuring the controller-server network

The configuration diagram of the industrial network topology completed at this stage is shown in Figure 35.

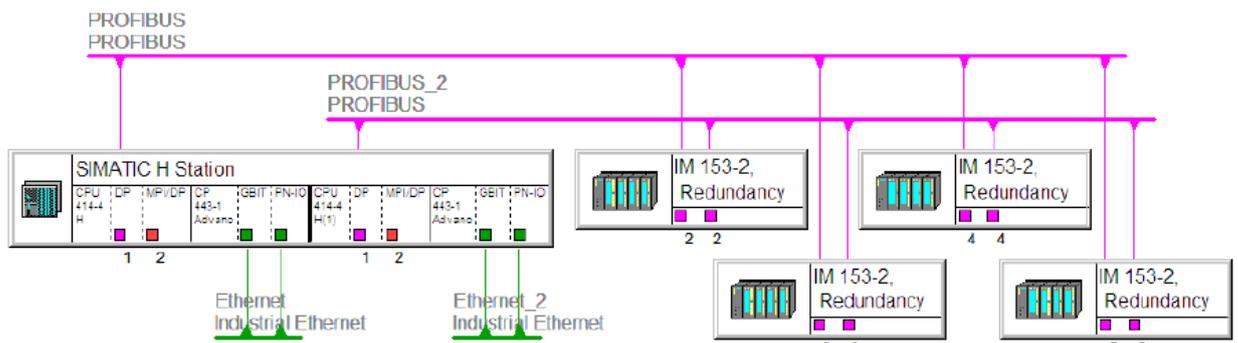


Figure 35. Topology of the industrial network of the project AS of remote control of clusters

### **11.3. Development of design algorithms**

#### **11.3.1. Preparation of the project for the description of algorithms**

Simatic Manager displays the full project tree. Having executed Simatic H Station / CPU 414-4 H / Insert / New Object / CFC, the developer automatically creates the following subdirectories in S7 Program CPU:

- Blocks, integrating all the blocks used in the project;
- Sources containing the source codes of the blocks of the project;
- Charts, which stores the chart files of the project in the CFC language.

The main elements of algorithmic programming in Simatic PCS can be designated blocks of the following types:

- organizational Blocks (OBs) - hardware containers for executing program bodies that are subordinate to one or another object block; they have a different purpose and control the behavior in case of an error, the start of the processor and the processing of the program. The characteristics of the applied OBs are shown in Table 4.

- data blocks (DB) - used to store data (does not contain commands) with which the user's programs work;

- function blocks (FB) - are necessary for programming complex or frequently recurring functions. This block can be called up repeatedly, and it can also set different input values. The block is allocated system data blocks, that is, the memory is stored in which the variables can be stored;

- functions (FC) - contain software algorithms that are separated by functional or technological features;

- system Data Blocks (SDB) - CPU memory area with data that is required for control actions;

- the system function block (SFB) is a block located in the CPU and which controls the DB loaded with the user programs;

- system functions (SFC) - preprogrammed functions located in the CPU.

Table 4. Characteristics of organizational units

№ blocks	Call functions and criteria	A priority
OB1	Free cycle	1
OB10 - OB17	Time Interrupts	2
OB20	Delayed interruptions	3
OB21		4
OB22		5
OB23		6
OB30		Cyclic interrupts with a cycle of 5 s
OB31	with a cycle of 2 s	8
OB32	with a cycle of 1 s	9
OB33	with a cycle of 500 ms	10
OB34	with a cycle of 200 ms	11
OB35	with a cycle of 100 ms	12
OB36	with a cycle of 50 ms	13
OB37	with a cycle of 20 ms	14
OB38	with a cycle of 10 ms	15
OB40	Interrupts by signals from the process	16
OB41		
OB42		
OB43		
OB44		
OB45		
OB46		
OB47		
Interrupts on an asynchronous error		
OB80	Time error	26 (or 28 if called in the startup program)
OB81	Power supply failure	
OB82	Diagnostic Interrupt	
OB83	Interruption when removing / installing the module	
OB84	CPU Hardware Error	
OB85	Error class priority	
OB86	Module Media Failure	
OB87	Communication error	
OB100	New start	27
OB101	Restart	27
OB121	Programming error	Priority of the OB that caused the error
OB122	access error	

## **11.3.2. Implementation of the calibration algorithm for separation tanks**

### **11.3.2.1. Setting the calibration task**

Separating capacitors of CHS have a specific shape, because of which the level of liquid / gas in the tank is in a nonlinear dependence on the volume of liquid / gas in it.

This nonlinear dependence is determined empirically for discrete values of volume / level and is presented in Table 5.

Table 5. Calibration table for CGS separators

Level in the separator, m	The volume of the medium in the separator, m <sup>3</sup>
0	0
0,2	0,49
0,4	1,34
0,6	2,38
0,8	3,52
1	4,71
1,2	5,9
1,4	7,05
1,6	8,08
1,8	8,93
2	9,43

The task is to develop and implement an algorithm for recalculating the volume of the medium into its level in the separators of the object for a continuous real set of input level values, as well as an algorithm for recalculating the level of the medium into its volume.

This task is solved for further transfer of the volume of medium in the separator to the upper level.

### **11.3.2.2. Construction of the mathematical model of the algorithm**

Let us consider a mathematical description of the algorithm for recalculating the level of the medium into a volume using the calibration table.

We linearize the dependence of the volume of the medium on the level for the intermediate input data - the level of the medium, the values of which lie between the

neighboring rows of the calibration table. The dependence of the volume of the medium on its level in the separator  $V(L)$ , will be expressed by the function (1).

$$V(L) = \left( \frac{L - L_l}{0.2} \right) * (V_m - V_l) + V_m, \quad (1)$$

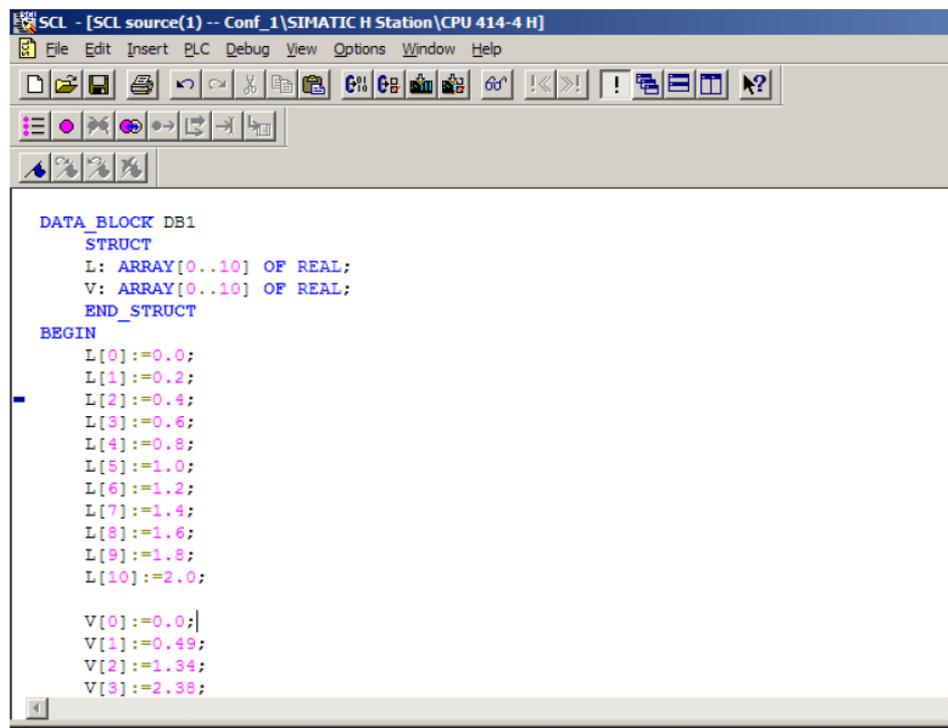
where:  $L_l$  - adjacent lower level value, according to the calibration table;  $V_l$  - the volume value, which corresponds to  $L_l$  according to the calibration table;  $V_m$  is the volume value, one position larger than  $V_m$  according to the calibration table.

For the inverse transformation, a similar algorithm will be used.

### 11.3.2.3. Implementation of the algorithm in Simatic PCS

A source file for the data block is created, containing, in the future, a calibration table in the SCL language. Listing of the data block specification and the declaration code with the calibration table is given in application F.

The window of the programming environment is shown in Figure 36. The window for monitoring the variables of the data block is shown in Figure 37.



```

SCL - [SCL source(1) -- Conf_1\SIMATIC H Station\CPU 414-4 H]
File Edit Insert PLC Debug View Options Window Help
[Icons]
[Icons]
DATA_BLOCK DB1
STRUCT
L: ARRAY[0..10] OF REAL;
V: ARRAY[0..10] OF REAL;
END_STRUCT
BEGIN
L[0] := 0.0;
L[1] := 0.2;
L[2] := 0.4;
L[3] := 0.6;
L[4] := 0.8;
L[5] := 1.0;
L[6] := 1.2;
L[7] := 1.4;
L[8] := 1.6;
L[9] := 1.8;
L[10] := 2.0;

V[0] := 0.0;
V[1] := 0.49;
V[2] := 1.34;
V[3] := 2.38;

```

Figure 36. The SCL programming environment window

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
0.0	L[0]	REAL	0.000000e+000	0.0	
4.0	L[1]	REAL	0.000000e+000	0.2	
8.0	L[2]	REAL	0.000000e+000	0.4	
12.0	L[3]	REAL	0.000000e+000	0.6	
16.0	L[4]	REAL	0.000000e+000	0.8	
20.0	L[5]	REAL	0.000000e+000	1.0	
24.0	L[6]	REAL	0.000000e+000	1.2	
28.0	L[7]	REAL	0.000000e+000	1.4	
32.0	L[8]	REAL	0.000000e+000	1.6	
36.0	L[9]	REAL	0.000000e+000	1.8	
40.0	L[10]	REAL	0.000000e+000	2.0	
44.0	V[0]	REAL	0.000000e+000	0.0	
48.0	V[1]	REAL	0.000000e+000	0.49	
52.0	V[2]	REAL	0.000000e+000	1.34	
56.0	V[3]	REAL	0.000000e+000	2.38	
60.0	V[4]	REAL	0.000000e+000	3.52	
64.0	V[5]	REAL	0.000000e+000	4.71	
68.0	V[6]	REAL	0.000000e+000	5.9	
72.0	V[7]	REAL	0.000000e+000	7.05	
76.0	V[8]	REAL	0.000000e+000	8.08	
80.0	V[9]	REAL	0.000000e+000	8.93	

Figure 37. Monitoring the values of a data block with a calibration table

To create an algorithm that describes the dependency considered in 1 formula, another source file is created. His listing is also given in application F.

The algorithm was successfully tested at different input values. Figure 38 shows an example of a test in the diagram chart development window in online mode. Here is shown the use of the block (Listing 2) FB44.

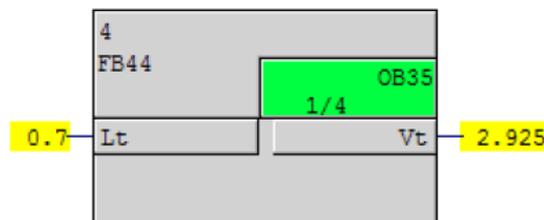


Figure 38. Example of the test of the implemented calibration algorithm

As can be seen from figure 38, with an input level of 0.7 m, the analytical volume of the medium in the separator is 2.925 m<sup>3</sup>, which corresponds to the analytical dependence (1).

### 11.3.3. Implementation of algorithms for warning alarm and equipment protection

#### 11.3.3.1. Formulation of the problem

The task is intended for automatic execution of the following operations:

- signaling to the operator about the failure of the actuators that participate in the implementation of the locking algorithms, when the emergency shutdown of the object is performed or when locks are performed;
- execution of commands for blocking the operation of equipment;
- signaling to the operator about the completion of interlocks;
- signaling to the operator about the appearance of conditions for initiation of interlocks;
- control of technological parameters of the object, which participate in initiating interlocks of equipment operation.

The list of WAP contours for which the blocking task is solved, the alarm values of the monitored process parameters, as well as the actuators involved in the implementation of these algorithms, is presented in Table 6.

Table 6. The list of used input and output parameters, when implementing algorithms WAP

### 11.3.3.2. Construction of an implementation algorithm

The algorithm of realization of all WAP contours, which are described in Table 6, is shown in Figure 39.

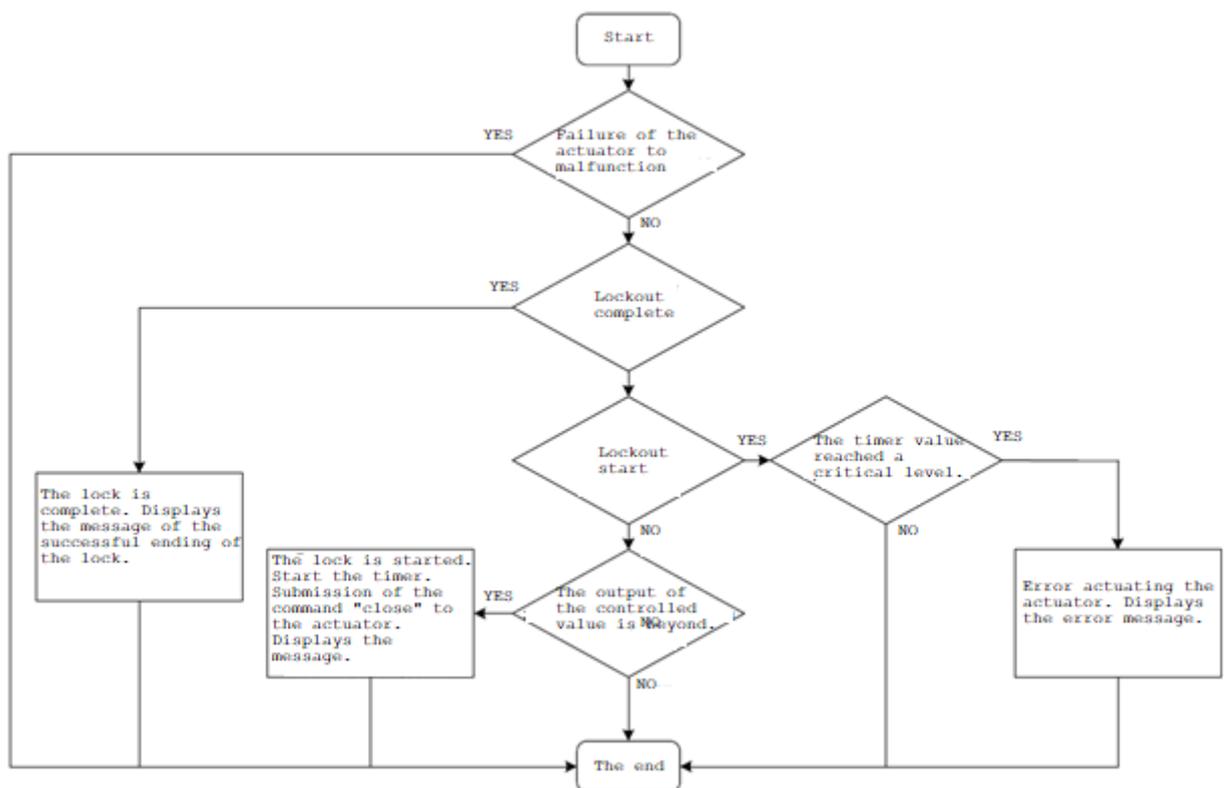


Figure 39. Algorithm WAP equipment object

### **11.3.3.3. Implementation of the algorithm in Simatic PCS**

Let us consider an example of constructing an algorithm for a pressure loop at the inlet to a separator. The algorithm is performed using standard components of the Simatic PCS function block library. The chart of the algorithm is shown in application G. It corresponds to the algorithm that is shown in Figure 39. Here we should pay attention to the SFB35 (ALARM\_8P) function block, which, depending on the incoming signal front SIG\_1 - SIG\_8, generates various alarm messages to the upper level. The front of SIG\_1 generates a message indicating that the critical pressure is exceeded and the blocking starts, SIG\_2 is the actuator malfunction message, SIG\_3 is the message of the successful termination of the lock.

### **11.3.4. Implementation of algorithms for automating the accounting of gas plant capacity**

#### **11.3.4.1. Statement of the task of automatic accounting**

The solution of the problem is necessary to take into account the amount of gas and the automatic control of the gas-to-gas output that is fed into the gas pipeline. The source of the information is the flow sensor at the outlet from the separator.

It is necessary to organize the implementation of an algorithm for automatically recording the performance of CHS for gas consumption per day, per month, and also for the year.

#### **11.3.4.2. Mathematical description of the algorithm**

The account of productivity for gas passing through the object is performed by integrating the averaged corresponding current gas flow rates over time. The amount of gas  $F_t(m^3)$  during the time  $t$  is determined by the formulas (2) - (5).

$$F_h = \sum_{t=1}^{3600} F_s ; \quad (2)$$

$$F_d = \sum_{t=1}^{24} F_h ; \quad (3)$$

$$F_m = \sum_{t=1}^d F_d ; \quad (4)$$

$$F_y = \sum_{t=1}^{12} F_m ; \quad (5)$$

Here  $F_s$  - the readings of flow sensors,  $m^3/s$ .

### 11.3.4.3. Реализация алгоритма в Simatic PCS

Let us consider an example of the implementation of the algorithm for the general hourly recording of the daily gas consumption by the consumption from the gas pipeline at the outlet from the separation unit.

We will organize a new user-defined DB2 data block (Figure 40), in which we add 2 variables:

- t1 - has the data type DATE\_AND\_TIME, 8 bytes in size. It takes the current time values in the format yyyy-mm-dd-hh: mm: ssms;
- HOUR - has an Integer data type that contains the current hour.

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	t1	DATE_AND_TIME	DT#90-1-1-0:0	
+8.0	HOUR	INT	0	
=10.0		END_STRUCT		

Figure 40. DB2 data block variables monitoring window

Next, a source file is created for the new user-defined function block FB46. Its listing is presented in application F.

The chart diagram of the algorithm is presented in application G. Here we should pay attention to the operation of the FB46 block in the OB30 cycle, which provides a polling rate of the sensors equal to 5 s, as well as to the function SFC1 (READ\_CLK) that reads and transmits the system time.

## 12. Development of SCADA project screen forms

### 12.1. Description of SCADA graphic elements

#### The colors used on video frames

Table 7 shows the colors that are used when displaying the graphic elements of video frames.

Table 7. Color encoding

Color	Name	Code RGB
	Blue-green	0.128.128
	White	255.255.255
	Gray	128.128.128
	Bright green	0.255.0
	Brown	55.55.0
	Red	255.0.0
	Blue	0.0.128
	Yellow	255.255.0
	Black	0.0.0

#### Conditional element graphics

Table 8 shows the conventional graphic symbols for the elements.

Table 8. Graphical symbols of used elements

Appearance	Description
	Gate valve with manual drive
	Gate valve with electric drive
	Control Valve
	Candle
	Underground capacity

	Drainage capacity
	Separator

### Symbols of dynamic elements

The status of pumps, signaling posts, latches, valves and other dynamic graphic elements on the video frame is determined by the appearance of certain symbols next to the image of the actuator, flashing and changing their color as described in Table 9.

Any emergency situation with an actuator or shut-off valve is indicated by animation elements with a color retaining indicating the state of the element and the text in the alarm message line.

Table 9. Color coding of shut-off valve states

Color	Condition of valves
Green	The valve is opened
White	The valve is closed
Flashing white/green	Transitional state (opens, closes)
Dark grey	Undefined state (blocked)
Flashing red	Monitoring error
Red	Closed Monitoring Error

### **12.2. Drawings of video frames**

Application H presents the following drawings of the object video frames:

- video frames of the general type of object;
- video frame of separators site;
- video frame of the HMI panel on the control panel;
- video frame of object performance reports.

### **13. Development of a control system for maintenance and repair and calibration of automation equipment**

Often in the production there is too frequent equipment breakdown, simple and unreasonable operation, which leads to material losses. And also when measuring instruments are used, the measured readings deviate from the actual ones. To eliminate

these shortcomings, taking into account modern requirements, the system of management of maintenance and repair and calibration (SMMRC) allows.

The result of the implementation of SMMRC is:

- increase the service life and productivity of equipment;
- increase in labor productivity of repair services;
- more rapid repair repair;
- reduction in the frequency of unexpected failure of equipment;
- reduction of unplanned downtime;
- increasing the adequacy of the readings of the measuring instruments;
- reducing the number of downtime and breakdowns.

SMMRC is designed to provide:

- the correct organization of technical maintenance and repair of equipment;
- the possibility of carrying out repair works according to the schedule agreed with the production plan;
- timely preparation of necessary spare parts and materials;
- simplification of planning purchases of equipment in the reserve;
- warning of failures / failures of instrumentation;
- metrological support - accounting of all measuring instruments, planning of procedures for verification / calibration of instrumentation and automation;
- archiving of all system events, changes in instrumentation and control parameters;
- storage of electronic copies of operational and technical documentation in connection with instrument and instrumentation positions;
- informational support of solutions for the operation of instrumentation and maintenance planning.

The following types of maintenance and repairs are envisaged by SMMRC:

- maintenance;
- service;
- major repairs;
- calibration of the measuring instrument.

The system under development includes:

- planning of works on maintenance, repair and calibration;
- display of the equipment passport with a description of the installation location (location), commissioning date, specifications;
- keeping the history of the work carried out with the equipment showing the date of the work, the type of work and the contractor;
- maintaining history of failures and failure of equipment;
- keeping a log on the conducted, current and planned work.

In application I, the external view of the work of the SMMRC is presented, with the example of the equipment for gas contamination control equipment (GCC), the following windows: the GCC schedule graph window, the GCC maintenance work window, the instrument passport.