

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного обучения
 Специальность 220301: Автоматизация технологических процессов и
 производств (в нефтегазовой отрасли)
 Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ГАЗА НА ОАО «АБАКАНСКАЯ БАЗА СЖИЖЕННОГО ГАЗА»

УДК 621.6-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8202	Бебриш Кирилл Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Гл. энергетик	Русаков Андрей Владимирович		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков Владимир Николаевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лиепиньш Андрей Вилнисович	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт электронного обучения

Специальность 220301: Автоматизация технологических процессов и
производств (в нефтегазовой отрасли)

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ИКСУ

(Подпись) _____ (Дата) Лиепиньш А.В.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломной работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8202	Бебришу Кириллу Евгеньевичу

Тема работы:

«Разработка системы автоматизированного учета газа на ОАО «Абаканская база
сжиженного газа»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объект проектирования: Автоматизированная система управления технологическими процессами групповой газовой установки « ». Режим работы: периодический.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(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).

- 1 Описание объекта автоматизации;
- 2 Сведения о проекте АСУГ АБСГ;
- 3 Выбор архитектуры и разработка структуры АСУГ;
- 4 Разработка функциональной схемы автоматизации;
- 5 Технические средства реализации АСУШ АБСГ;
- 6 Проектирование шкафа управления АСУГ АБСГ;

	7 Проектирование размещения технических средств; 8 Принципиальные технические схемы ТС АСУ ТП; 9 Разработка схем внутренних соединений шкафа АСУ ТП; 10 Написание алгоритмов проекта АСУГ АБСГ; 11 Создание НМІ проекта АСУГ АБСГ в WinCC; 12 Изменения в организационной структуре предприятия; 13 Социальная ответственность; 14 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8202	Бебриш Кирилл Евгеньевич		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность) 220301: Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

Уровень образования – дипломированный специалист

Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломная работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.05.2015 г.	Основная часть	60
01.06.2015 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
02.06.2015 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
ИКСУ	Лиепиныш А. В.	К.Т.Н.		

Реферат

Работа представляет собой проект автоматизированной системы коммерческого учета газа на Абаканской базе сжиженного газа, и выполняется согласно входной информации, полученной от заказчика: техническому заданию на объемы автоматизации, проектной документации, а также нормативно-правовой базе для выполнения проектов автоматизации технологических процессов в Российской Федерации.

Цель работы – разработка программно-алгоритмических средств автоматизации системы учета газа, направленных на обеспечение получение четких данных о расходе и процессах, происходящих в производстве, с полным или частичным переходом на их автоматическое/автоматизированное протекание.

Задачи:

- обеспечение сбора, анализа, передачи, хранения и вывода данных о количестве и параметрах СУГ в резервуарах и их расходе;
- обеспечение автоматизированного выполнения процессов противоаварийной защиты на объекте автоматизации;
- формирование автоматических отчетов о приходе/расходе СУГ для потребителей и вышестоящего руководства.

Ключевые слова: АСУ ТП; алгоритмы; групповая газовая установка; газ; сжиженные углеводородные газы; SCADA; регулирование; HMI; APM.

Работа содержит:

- 161 страница;
- 64 рисунка;
- 26 таблиц;
- 27 приложений;
- 40 ссылок на прочие источники.

Оглавление

Введение.....	11
Часть 1. Теоретические наработки по проекту.....	13
1 Описание объекта автоматизации	13
1.1 Общие сведения	13
1.2 Состав установки АСУГ АБСГ	14
1.3 Описание технологического процесса на АСУГ АБСГ	14
2 Сведения о проекте АСУГ АБСГ « ».....	17
2.1 Концепция АСУГ АБСГ	17
2.2 Назначение АСУГ АБСГ	19
2.3 Цели и задачи АСУГ АБСГ	20
2.4 Соблюдение требований к АСУГ АБСГ	22
3 Выбор архитектуры и разработка структуры АСУГ АБСГ	31
4 Разработка функциональной схемы автоматизации АСУГ АБСГ	35
5 Технические средства реализации АСУГ АБСГ	40
5.1 Решения по выбору контроллерной станции	40
5.2 Управляемые коммутаторы серии SCALANCE X-200	54
5.3 Комплектация АРМ оператора	55
5.4 Решения по выбору датчиков	57
5.5 Интеллектуальные электроприводы Rotork серии IQML	64
5.6 Выбор сигнализаторов системы ПАЗ.....	66
6 Проектирование шкафа управления АСУГ АБСГ	69
7 Проектирование размещения технических средств.....	70
8 Принципиальные электрические схемы ТС АСУ ТП	71
8.1 СЭП питания шкафа АСУ ТП	71
8.2 СЭП заземления шкафа АСУ ТП	72
8.3 Компоновка ПЛК в шкафу АСУ ТП	74
8.4 СЭП подключения ПЛК и станций ET200M	75
9 Разработка схем внутренних соединений шкафа АСУ ТП	75

Часть 2. Проектирование программно-алгоритмических средств АСУГ АБСГ	76
10 Общая информация о среде разработки Simatic PCS.....	76
11 Конфигурирование Hardware контроллерной станции	79
12 Формирование таблицы сигналов и PLC-тегов проекта	87
13 Написание алгоритмов проекта АСУГ АБСГ	88
13.1 Подготовка проекта к описанию алгоритмов	88
13.2 Настройка программных блоков приема-передачи сигналов	91
13.3 Реализация алгоритма тарировки сепарационных емкостей	94
13.3.1 Постановка задачи тарировки	94
13.3.2 Построение математической модели алгоритма	95
13.3.3 Реализация алгоритма в Simatic PCS	95
13.4 Реализация алгоритмов автоматического регулирования по отклонению технологических процессов АСУГ АБСГ	98
13.4.1 Постановка задачи автоматического регулирования	98
13.4.2 Построение математической модели алгоритма	99
13.4.3 Моделирование системы в Simulink	104
13.4.4 Реализация алгоритма в Simatic PCS	112
13.5 Реализация алгоритмов ПАЗ оборудования АСУГ АБСГ	113
13.5.1 Постановка задачи реализации ПАЗ.....	113
13.5.2 Построение алгоритма реализации ПАЗ	115
13.5.3 Реализация алгоритма в Simatic PCS	115
13.6 Реализация алгоритмов автоматизации учета производительности установки по газу	116
13.6.1 Постановка задачи реализации автоматического учета	116
13.6.2 Математическое описание алгоритма.....	116
13.6.3 Реализация алгоритма в Simatic PCS	117
14 Создание HMI проекта АСУГ АБСГ в WinCC	118
14.1 Подготовка проекта WinCC	118
14.2 Разработка экранных форм SCADA проекта	121

Часть 3. Учет прочих составляющих проекта АСУГ АБСГ	126
15 Изменения в организационной структуре предприятия	126
15.1 Оперативно-эксплуатационный персонал	127
15.2 Специалисты по обслуживанию АСУ	128
16 Социальная ответственность.....	133
16.1 Соблюдение санитарных норм на территории АСУГ АБСГ и редуцирование вредных производственных факторов	133
16.2 Соблюдение техники безопасности на территории АСУГ АБСГ и редуцирование опасных производственных факторов	140
16.2.1 Меры предотвращения поражения персонала электрическим током.....	140
16.2.2 Меры по предотвращению превышения ПДК метана в воздухе	141
16.2.3 Расчет воздухообмена для очистки воздуха от метана	143
16.3 Обеспечение норм пожарной и взрывной безопасности	144
16.4 Разработка плана эвакуации персонала в случае пожара	145
17 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	147
17.1 Составление смет учета итоговой стоимости проекта	147
17.2 Организация и планирование комплекса работ.....	153
Заключение.....	155
Список публикаций студента.....	156
Список используемых источников	158
Приложение А. Структурные схемы комплекса технических средств АСУГ АБСГ « »	162
Приложение Б. Функциональная схема автоматизации сепарационного блока АСУГ АБСГ « »	165
Приложение В. Схемы общего вида проекта шкафа АСУГ АБСГ	168

Приложение Г. Схема расположения технических средств	
АСУГ АБСГ	171
Приложение Д. Схемы электрические принципиальные	173
Приложение Е. Монтажные схемы соединения датчиков контуров	
АСУГ АБСГ	179
Приложение Ж. Чартовые диаграммы алгоритмов на языке CFC	181
Приложение И. Листинги программного кода алгоритмов	
на языке SCL	187
Приложение К. Структурные схемы математических	
моделей технических средств АСУГ АБСГ	193
Приложение Л. Чертежи видеокадров.....	196

Введение

Автоматизация – это применение комплекса средств, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем. Автоматизация производственных процессов приводит к увеличению выпуска, снижению себестоимости и улучшению качества продукции, уменьшает численность обслуживающего персонала, повышает надежность и долговечность машин, дает экономию материалов, улучшает условия труда и техники безопасности.

Базы сжиженного газа предназначены для снабжения газом от магистральных и промысловых газопроводов населенных пунктов, предприятий и других крупных потребителей. Подавать газ потребителю требуется в заданном количестве и под определенным давлением, с необходимой степенью очистки, подогрева и одоризации газа (при необходимости). При этом должна обеспечиваться коммерческая передача газа потребителям в соответствии с действующей нормативной документацией Госстандарта РФ.

Объектом автоматизации является оборудование САУ ГРС.

Целью данной выпускной квалификационной работы является модернизация существующей системы автоматического управления ГРС г. Североуральск.

Часть 1. Теоретические наработки по проекту

1 Описание объекта автоматизации

1.1 Общие сведения

Полное наименование объекта: ОАО «Абаканская база сжиженного газа» - филиал ОАО «СГ-трейдинг». Условное обозначение системы: АСУГ ОАО «Абаканская база сжиженного газа», далее по тексту АСУГ АБСГ.

АБСГ поставляет газ на территории республики Хакасия и юга Красноярского края. Реализация СУГ осуществляется по трём каналам продаж: мелкооптовая (реализация в автоцистернах), продажа через АГЗС и реализация населению газа в баллонах. Суточная реализация СУГ достигает до 20 тонн.

1.2 Состав базы

В состав технологической схемы базы входят:

- парк хранения СУГ (7 резервуаров по 75 м³);
- насосно-компрессорное отделение (2 компрессора и 3 насоса);
- газораспределительный пункт;
- отделение хранения тяжелых остатков;
- балонно-наполнительное отделение;
- станция налива автоцистерн;
- железнодорожная эстакада
- котельная;
- диспетчерская;
- щиты КИПиА;
- отделение мелкого ремонта баллонов;
- трансформаторная подстанция (КТП);
- насосная станция противопожарного водоснабжения.

1.3 Описание работы базы Абаканской базы сжиженного газа

Абаканская база сжиженного газа является одним из поставщиков бытового газа для потребителей. Основными видами использования СУГ являются заправка автомобилей с газотопливным оборудованием, бытовое использование (приготовление пищи, обогрев и т.п.) и использование газа в технологических процессах (сварка, топливо для электрогенераторов, для натяжных потолков и другие).

Для подачи потребителю газа используются баллоны объемом 5, 27 и 50 литров, а также имеются автогазозаправочные станции, на которые СУГ доставляется автоцистернами.

СУГ доставляется на базу железнодорожным транспортом. На железнодорожной эстакаде цистерны устанавливаются у соответствующих стояков и фиксируются башмаками. Оборудование базы позволяет производить одновременный слив с пяти цистерн. В цистерны нагнетается паровая фаза компрессорами, находящимися в НКО и создающими перепад давления между цистерной и резервуаром 0,15-0,2 МПа, но не превышающего давления паровой фазы в цистерне 1.6 МПа.

Жидкая фаза поступает в парк хранения. Здесь находятся 7 резервуаров объемом 75 м³ каждый. Резервуары могут наполняться до 85% по объему (согласно ОСТ 153-39.3-052-2003). На резервуарах установлены поплавковые сигнализирующие уровнемеры, оповещающие о достижении максимально допустимого объема. Для визуального получения информации о заполнении резервуара каждый из них оборудован трубкой визуального контроля заполнения. Плотномеры передают информацию о свойстве газа в диспетчерский пункт, куда также поступает информация об уровне газа с каждого резервуара.

В балонно-наполнительное отделение СУГ поступает из резервуара посредством центробежных насосов НК-65. На карусельные установки подаются баллоны соответствующего объема. Карусельная установка представляет собой конвейер с весовыми постами наполнения. В автоматическом режиме установка подключается к баллонам, наполняет их

(баллоны объемом 5, 27, 50л заполняют СУГ массой 2.5, 12 и 22кг соответственно), производит контрольное взвешивание и выводит баллоны к посту загрузки баллонов для транспортировки.

Наполнение автоцистерн происходит с станции налива, заполняются на 85% по объему, пространство, свободное от СУГ, заполняется паровой фазой.

На базе имеется котельная для отопления помещений базы в зимнее время и нагрева воды. СУГ переводится из жидкой фазы в паровую в газораспределительном пункте, откуда подается на котельную и компрессора для слива/наполнения железнодорожных и автоцистерн. Жидкая фаза проходит через фильтр для отделения механических примесей, затем попадает в испаритель. С испарителя газ отстаивается в отстойнике, конденсат с которого сливается и отправляется в резервуар для хранения тяжелых остатков. Далее паровая фаза, проходя через регулятор давления, подается в требуемые отделения предприятия.

В котельной находятся три камеры сгорания, оборудованных счетчиками и датчиками пламени. На входе в котельную установлен электроклапан, закрывающийся при срабатывании газоанализаторов, находящихся в помещении котельной.

В случае аварийных или нештатных ситуаций на АБСГ предусмотрен слив СУГ с железнодорожной эстакады напрямую в автоцистерны, с парка хранения в железнодорожные цистерны и с автоцистерн в парк хранения. Также автоматикой контроля уровня загазованности оборудованы насосно-компрессорное, балонно-наполнительное отделения и газораспределительный пункт.

На въезде на базу установлены автовесы, позволяющие учитывать газ, вывозимый автоцистернами. Данные с весов приходят учетчику, который фиксирует данные, передает их в бухгалтерию для выставления счета заказчику и выдает путевой лист водителю.

2 Сведения о проекте АСУГ АБСГ

2.1 Концепция АСУГ АБСГ

АСУГ АБСГ является автономной системой. В АСУГ АБСГ применяются программно-технические и коммуникационные средства, позволяющие реализовать контроль параметров и управление оборудованием АСУГ АБСГ. Функции контроля и управления в АСУГ АБСГ выполняются в реальном масштабе времени, круглосуточно. АСУГ АБСГ обеспечивает автоматизированный режим работы оборудования, включающий в себя автоматический сбор, передачу, обработку, вывод информации, а также автоматизированный ввод и хранение данных.

Автоматизированный режим работы АСУГ АБСГ является основным режимом работы системы, осуществляющий диспетчерский учет. В автоматизированном режиме управление технологическими процессами осуществляется автоматически.

В ручном режиме управление технологическими процессами и оборудованием одной из смежных систем АСУГ АБСГ осуществляется эксплуатационным персоналом непосредственным воздействием вручную на исполнительные механизмы, отключенные от дистанционного управления (от АРМ оператора). При этом осуществляется автоматизированный контроль состояния исполнительных механизмов и режимных параметров. Ручной режим применяется при проведении ремонтов и при ограничениях выполнения функций системы из-за отключения части программно-технических средств АСУГ АБСГ.

Основной режим работы АСУГ АБСГ – автоматизированный с постоянным присутствием дежурного оперативного персонала.

Проектом предусмотрен контроль наличия дозрывных концентраций горючих газов в воздухе в рабочих помещениях базы, при наличии загазованности выполняется световая и звуковая сигнализация в операторной и на площадке. Система контроля загазованности в данном проекте является

самостоятельной функциональной подсистемой, реализованной в рамках АСУ ТП.

Система ПАЗ является подсистемой АСУ ТП. При нарушении технологического режима и при выходе значений технологических параметров за предаварийные значения срабатывает ПАЗ. При этом срабатывают соответствующие отсечные клапаны, а в операторной выполняется сигнализация срабатывания ПАЗ и сигнализация срабатывания отсечной трубопроводной арматуры (в соответствии с проектными алгоритмами).

2.2 Назначение АСУГ АБСГ

Назначение новой площадки:

- сбор продукции скважин;
- снижение давления скважин;
- выполнение сепарационных операций с продукцией скважин;
- вывод газа и жидкости, полученных в результате сепарационных операций, к точкам сбора.

АСУГ АБСГ обеспечивает:

- автоматизацию процессов АСУГ АБСГ;
- формирование базы данных, ведение суточной и сменной ведомости, архива;
- контроль за техническим состоянием элементов системы АСУ ТП.

2.3 Цели и задачи АСУГ АБСГ

Основными целями создания АСУГ являются:

- технический учёт потребления СУГ;
- оперативный контроль над использованием СУГ;
- анализ потребления газа подразделениями предприятия;

- выявления несоответствий между заявленным и фактическим потреблением газа и оперативного устранения причин перерасхода.

Основные задачи системы:

- автоматический сбор и унификация данных территориально распределённых подразделений предприятия;
- предоставление оперативных данных по состоянию узлов учета газа;
- обеспечение генерации предупредительной сигнализации о нарушении режимов потребления газа;
- обеспечение генерации предупредительной сигнализации о нештатной работе оборудования УУГ;
- обеспечение долговременного и надёжного хранения технологической информации по УУГ и сопутствующих данных;
- повышение эффективности управленческих решений за счёт оперативного использования достоверной информации о фактическом потреблении газа;
- диагностика состояния оборудования для выявления неисправных измерительных приборов и сокращение количества ремонтных работ, уменьшения расходов на обслуживание и поиск неисправностей.

АСУГ АБСГ обеспечивает выполнение всех комплексов операций по контролю, управлению и защите оборудования.

2.4 Соблюдение требований к АСУГ АБСГ

Требования к АСУГ определяются в техническом задании (ТЗ) на объект автоматизации, согласно ГОСТ 24.104-85.

После реализации проекта выполняются проверки систем на соответствие требованиям ТЗ по регламентам, изложенным в ГОСТ 34.603-92 [4]. По результатам каждого из видов проверки, оформляется соответствующий протокол.

2.4.2 Требования к комплектности ПТК и качеству монтажа

Проверка состава и комплектности осуществляется путем сравнения смонтированного оборудования АСУГ АБСГ, и состава ЗИП со спецификацией рабочей документации.

Качество монтажа определяется по внешнему виду монтажа. Кроме того, оценивается соответствие выполненного монтажа требованиям конструкторской и рабочей документации на монтаж АСУГ АБСГ.

2.4.3 Требования к техническому обеспечению

На скомпонованные шкафы ПТК, контроллеры, функциональные модули, блоки питания, рабочие станции и другие составные части технических средств ПТК представляются технические описания на русском языке.

Проверка проектного заполнения шкафов производится на соответствие фактического набора модулей конструкторской документации.

Проверка наличия и количества резервных каналов ввода/вывода производится путем подсчета количества резервных каналов ввода/вывода по каждому виду сигналов - аналоговым и дискретным. Проверка производится с использованием таблиц подключений на любых произвольно выбранных шкафах из состава ПТК.

После подсчета вычисляется процент резерва по следующей формуле:

$$\delta = \frac{(N_{общ} - N_{исп})}{N_{общ}} \times 100\%$$

где $N_{исп}$ – количество используемых каналов;

$N_{общ}$ – общее количество каналов.

Проверка выполнения требований к конструктивному исполнению шкафов КТС выполняется путем проверки реально смонтированного оборудования требованиям рабочей документации.

2.4.4 Требования к информационному обеспечению

Осуществляется сравнение количества сигналов датчиков и исполнительных механизмов в таблицах подключения к соответствующим контроллерам ПТК с объемом и составом информации, указанным в проектной документации, а также с фактически выполненным прикладным программным обеспечением.

Проверяется функция контроля достоверности аналоговых и кодовых сигналов, формируемых выходных сигналов и сигналов управления.

Проверка функций контроля выполняется путём просмотра на экранах рабочих станций значений аналоговых параметров со сравнением текущих значений параметров с допустимыми границами.

Выполняется проверка функции формирования предупредительных и аварийных сообщений по аналоговым и кодовым сигналам при превышении (понижении) параметром значения уставок. Выход параметра за допустимые границы должен сопровождаться появлением соответствующего сообщения. Аварийная сигнализация отображается мерцанием определенного поля группового дисплея, относящемуся к данному сигналу, и звуковой сигнализацией (при необходимости).

Проверка получения аварийных сообщений осуществляется имитацией срабатывания аварийного датчика и автоматическим выводом сообщений на информационную строку рабочих станций, в журналы регистрации сообщений, а также подачей звукового сигнала.

Проверка функций сигнализации состояния исполнительных механизмов выполняется по изменению их состояния на мнемосхеме, выведенной на экраны рабочих станций при имитации перемещения механизмов из одного положения в другое путем замыкания соответствующих клемм или при реальном перемещении исполнительного механизма.

Проверка функций технологических защит и блокировок осуществляется путём имитации аварийного состояния технологического

параметра, отслеживания выдачи команды управления на исполнительный механизм, регистрации аварийного сообщения в журналах сообщений и изменения состояния механизмов на мнемосхеме процесса.

Проверка функции регистрации информации выполняется в процессе проверки функций автоматического отображения информации визуально, путем наблюдения трендов измеряемых величин за заданный промежуток времени.

Проверка функции отображения информации проводится путём вызова на экраны рабочих станций видеокадров:

- технологических схем объектов;
- технологических сводок о режимах работы объектов;
- протокол действий оператора;
- журналов сообщений.

Проверка автоматического отображения информации контролируется визуально по изменениям сигналов и состояния оборудования. При изменении значений параметров и состояния оборудования должна периодически обновляться отображаемая информация.

Проверяется функция формирования архива оперативных данных, архива аварийных сообщений. Проверка производится путем вызова на экран рабочей станции архива оперативных данных и архива аварийных сообщений за время проведения испытаний.

Проверяется функция представления технологической информации в виде текстовой информации (отчетов, сводок) и графической информации (графики, технологические схемы). Проверка производится путем вызова на экран рабочей станции информации (отчетов, сводок) и графической информации (графики, технологические схемы).

Проверяется функция архивирования действий оперативного персонала.

Проверяется функция резервного копирования архивов баз данных на внешнем носителе.

2.4.5 Требования к программному обеспечению

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

2.4.6 Требования к типовым функциям

Испытаниям подлежат следующие типовые функции:

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

Типовые функции измерения и сигнализации проверяются с операторской станции ПТК выборочно по одной функции каждого вида по каждой подсистеме сбора информации. Типовые функции управления ИМ и регулирования проверяются по каждому контуру отдельно.

Имитация аналоговых сигналов производится путем подключения калибратора к соответствующим входным клеммам в шкафах управления. Имитация дискретных сигналов производится путем замыкания соответствующих входных/выходных клемм в шкафах управления. Прохождение команды отслеживается по индикаторам на входных/выходных модулях, и по индикации на соответствующих реле.

Испытание типовой функции «Дискретный вход»:

- замыкание входных клемм модуля;
- контроль сигнализации на АРМ оператора.

Испытание типовой функции «Задвижка» (для крана и клапана аналогично):

- с помощью виртуальной панели (фэйсплейта) открыть задвижку. Убедиться, что задвижка открылась, концевой выключатель сработал, на видеокадре отразилось состояние задвижки «Открыта»;
- с помощью виртуальной панели (фэйсплейта) закрыть задвижку. Убедиться, что задвижка закрылась, концевой выключатель сработал, на видеокадре отразилось состояние задвижки «Закрыта»;
- выполнить имитацию ситуации несрабатывания команд «открыть» и «закрыть». Убедиться, что на видеокадре отразилось состояние задвижки «Ошибка мониторинга», появилось аварийное сообщение, зарегистрированное в журналах сообщений.

Испытание типовой функции «Аналоговые сигналы 4-20 mA»:

- установка 4 mA на входных клеммах стоек АСУГ АБСГ и проверка 0 % диапазона измерения на экране АРМ;
- установка 12 mA на входных клеммах стоек АСУГ АБСГ и проверка 50 % диапазона измерения на экране АРМ;
- установка 20 mA на входных клеммах стоек АСУГ АБСГ и проверка 100 % диапазона измерения на экране АРМ;
- выполнить имитацию обрыва провода и проверку сигнализации на экране АРМ и в журналах сообщений;
- выполнить имитацию нарушения предупредительной верхней границы и проверку сообщения предупреждения и тревоги на экране АРМ и в журналах сообщений;
- выполнить имитацию нарушения аварийной верхней границы диапазона измерения и проверку сигнализации на экране АРМ и в журналах сообщений;
- выполнить имитацию нарушения предупредительной нижней границы и проверку сообщения предупреждения и тревоги на экране АРМ и в журналах сообщений;

- выполнить имитацию нарушения аварийной нижней границы диапазона измерения и проверку сигнализации на экране АРМ и в журналах сообщений.

2.4.7 Требования к лингвистическому обеспечению

Проверяются видеокadres на экранах АРМ на предмет применения сокращенных наименований, принятых в профессиональной лексике пользователей, а также общепринятых в русском языке аббревиатур.

Проверяется наличие инструкции программиста и инструкции оператора на русском языке.

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

2.4.8 Требования к операторскому интерфейсу

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

Проверяются функции регистрации оперативного персонала, сдачи – приема смены.

2.4.9 Требования к самодиагностике системы

Проверка функций диагностики ПТК осуществляется принудительным нарушением работы оборудования (например: вынуть модуль, оборвать цепь, удалить батарею и т.д.). Так проверка информации о наличии связи с рабочим контроллером производится путем отключения питания контроллера или путем отключения контроллера от сети. При этом на экране рабочей станции АРМ, на соответствующем контроллере появятся красная галочка и аварийное сообщение, регистрируемое в журналах сообщений. При восстановлении связи с рабочим контроллером появится зеленая галочка.

2.4.10 Требования к надежности

ПТК не должен выключаться в течение всего периода проведения испытаний. При этом фиксируется наличие незапланированных сбоев или не плановых остановов. Сбои в частях функций (задач) верхнего уровня не должны нарушать работоспособность частей функций (задач), выполняемых на нижних уровнях. Отказы или сбои в выполнении функций не должны приводить объекты управления в неопределённое или критическое состояние. Среднее время наработки на отказ АСУ ТП должно составлять не менее 20 000 часов. Среднее время ремонта АСУ ТП, включая диагностику неисправности, получение и доставку на место необходимых запасных частей и устранение отказа, не должно превышать 24 часа.

2.4.11 Требования к технике безопасности, эргономике и технической эстетике

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».

Проверяются эргономические характеристики и техническая эстетика АРМ оператора.

2.4.12 Требования к организационному обеспечению

Проверяется достаточность аппаратно-программных средств, состав и содержание рабочей документации на систему для выполнения оперативно-технологическим и обслуживающим персоналом своих должностных функций и обязанностей по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту системы.

2.4.13 Требования к информационной безопасности

Проверяется наличие системы защиты от несанкционированного доступа и ее работоспособность. Проверка производится попыткой изменить нормативно – справочную информацию или состояние каких-либо исполнительных механизмов с введением кода доступа, не позволяющим производить подобные действия. Доступ должен быть разрешен только по личному паролю персонала, допущенного к управлению и корректировке системы, и в пределах полномочий, заложенных в личном коде доступа.

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

3 Выбор архитектуры и разработка структуры АСУГ АБСГ

Структура комплекса технических средств АСУГ АБСГ базируется на следующих основных принципах современной концепции построения автоматизированных систем управления [5]:

- централизованное, иерархическое управление оборудованием;
- открытая архитектура информационного взаимодействия различных компонентов системы;
- распределенная структура подсистемы сбора и обработки информации;
- простота обслуживания и высокая степень готовности программно-технических средств;
- короткое время ремонта;
- самодиагностика и выборочное резервирование компонентов КТС.

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

АСУГ АБСГ организована на специализированном программном обеспечении, обеспечивающем автоматизированное выполнение функций.

Нижний уровень – уровень, на котором выполняется сбор, первичная обработка и передача информации по каналу связи на верхний уровень, а также формирование управляющего воздействия на исполнительные механизмы по командам от ПУ.

Проектируемая АСУГ АБСГ выполнена в виде четырех уровневой системы:

- нулевой уровень - полевой КИП;
- первый уровень – ПЛК;

– второй уровень – операторский и диспетчерский уровень (SCADA-система).

Для связи между компонентами АСУГ АБСГ предусмотрено применение коммуникационных технологий, основанных на открытых международных стандартах.

На нулевом уровне АСУ ТП выполняет следующие функции:

– получение и преобразование информации о технологических параметрах работы оборудования:

– автоматическое отключение отдельного оборудования технологической линии, установки при аварийных отклонениях параметров;

– возможность дистанционной аварийной остановки технологического оборудования или всей установки с проектируемого АРМ оператора и перевод технологических сред на факельную линию или аварийную емкость;

– автоматический контроль состояния воздушной среды на объекте с выводом результатов такого контроля на диспетчерский пункт.

На первом уровне АСУ ТП выполняет следующие функции:

– контроль состояния технологического оборудования;

– обработка информации о состоянии технологического процесса;

– реализация заданных режимов работы технологического оборудования, в том числе - выполнение графиков включения/выключения оборудования, организация алгоритмов автоматического регулирования технологического процесса;

– получение и пересылка на второй уровень АСУ ТП данных о параметрах, характеризующих режимы работы оборудования;

– реализация технологических защит и блокировок.

Средний уровень АСУГ АБСГ представляет собой распределенную систему управления, в которую входит центральный процессор противоаварийной защиты и обеспечения безопасности SIMATIC S7-400F/FH.

При потере связи с вышестоящим уровнем устройства управления нижнего уровня продолжают работать в автономном автоматическом режиме по имеющимся на момент потери связи уставками.

На втором уровне АСУ ТП выполняет следующие функции:

- передача командных и настроечных сигналов на нулевой уровень АСУ ТП;
- круглосуточный контроль состояния основных технологических агрегатов и установок;
- опрос с требуемой периодичностью и фиксацией в архиве значений основных технологических параметров управляемых объектов и их предельных значений, системных установок корректируемых оператором, сигналов неисправностей с их временной привязкой;
- прием и передачу сигналов о возникновении ситуаций или событий, требующих в дальнейшем вмешательства работников более высокого уровня управления;
- визуализации технологического процесса, на основе данных полученной извне или сгенерированной внутри АСУ ТП, включая ее сигнализацию, цифровую индикацию и документирование;
- формирования дистанционных управляющих воздействий, определяющих режимы работы технологического оборудования;
- ведение архивов данных о ходе процессов, изменениях параметров, событиях и действиях работников; формирования на базе этих архивов и выдачу по установленным формам технологических и иных журналов отчетов, сводок за заданные периоды времени;
- подготовки и отправки необходимой информации в корпоративную систему Общества «PI -System».

Оборудование верхнего уровня представляет собой:

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

Режим работы АСУГ АБСГ - непрерывный.

АСУГ АБСГ должна функционировать в двух режимах:

- информационно-управляющем;
- информационном.

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

Информационный режим вводится при проведении работ по модификации баз данных как самой АСУГ АБСГ, так и систем контроля и управления уровня верхнего уровня. В информационном режиме должны блокироваться передачи команд управления на технологическое оборудование (краны, станции катодной защиты, пункты секционирования и т.д.).

Переключение между режимами производится на уровне ПУ путем установки признака блокирования команд управления, в том числе с вышестоящих уровней.

В приложении А представлены структурная трехуровневая схема автоматизации АБСГ, а также структурная обобщенная схема автоматизации [6].

4 Разработка функциональной схемы автоматизации учета газа

Объем автоматизации, включающий в себя сепарационный блок АСУГ АБСГ, представлен на функциональной схеме автоматизации в приложении Б [7].

В рамках АСУГ АБСГ, кроме функций контроля и управления отдельными блоками и узлами, выполняется ряд функций, относящихся к контролю состояния АСУГ АБСГ в целом, а также функций по представлению информации эксплуатационному персоналу и функций вспомогательного назначения:

а) по контролю состояния АСУГ АБСГ:

- выявление аварийных ситуаций по соответствующим алгоритмам, включение аварийных защит АСУГ АБСГ;
- сигнализация наличия дозрывоопасной концентрации природного газа в помещениях (технологические блоки и установки);
- пожарная сигнализация;
- сигнализация проникновения на территорию АСУГ АБСГ и в помещения АСУГ АБСГ;

б) самодиагностика технического состояния АСУГ АБСГ, в том числе:

- выявление неисправностей аналоговых датчиков с унифицированным выходом;
- выявление возникновения отказа, с точностью до типового модуля устройства связи с объектом;
- выявление отсутствия связи с верхним уровнем управления;

в) по представлению информации:

- формирование и выдача информации, включая предупредительную и аварийную сигнализацию, на локальный пульт контроля и управления, включение звукового извещателя на АСУГ АБСГ;

- формирование и выдача предупредительных и аварийных сигналов, включение удаленного звукового извещателя;
- г) по функциям вспомогательного назначения:
 - переключение с основного источника питания на резервный, без нарушения алгоритма работы и выдачи ложных сигналов;
 - защита от несанкционированного доступа к информации и управлению;
 - протоколирование событий.
- д) по функциям панели оператора:
 - формирование на мнемосхем оборудования и установок АСУГ АБСГ с отображением режимных параметров их работы;
 - визуализация текущих и расчетных данных по технологическим параметрам и состоянию оборудования;
 - отображение текущего состояния технологических систем и параметров;
 - отображение выхода за пределы аварийных и предупредительных технологических уставок основных параметров;
 - сигнализация (световая, звуковая, предупредительная, аварийная) и регистрация срабатываний сигнализаций о неисправностях в электроэнергетической системе с предоставлением данных архива аварийной и предупредительной информации для разбора аварийной ситуации;
 - обработка, регистрация и вывод на экран информации о событиях в текстовой и табличной форме [6].

Автоматизированные функции АСУГ АБСГ, направленные на достижение установленных целей, подразделяются на информационные, управляющие и вспомогательные функции.

Можно выделить следующие *функциональные* подсистемы:

- подсистема контроля загазованности и сигнализации;
- подсистема пожарной сигнализации и пожаротушения;
- подсистема ПАЗ;

- подсистема автоматического регулирования технологических параметров;
- подсистема технологических расчётов и представления этой информации на АРМ оператора;
- подсистема контроля и управления посредством АРМ оператора;
- подсистема формирования и передачи информации на корпоративный уровень.

В подсистеме технологических расчётов и представления этой информации на АРМ оператора реализуются следующие задачи:

- контроль наработки исполнительного оборудования;
- контроль производительности установки по газу;
- контроль затрат топливно-энергетических ресурсов.

Информационные функции:

- контроль наличия дозрывных концентраций горючих газов в воздухе технологической площадки (при наличии дозрывных концентраций горючих газов выполняется световая и звуковая сигнализация в операторной и снаружи технологической площадке);
- автоматическое измерение, представление оператору и регистрация значений технологических переменных (параметров) объекта;
- предупредительная сигнализация при выходе значений технологических параметров за рабочие пределы;
- измерение и учёт газа, потребляемого на собственные нужды, а также отпускаемого потребителям, то есть в нефтепровод;
- контроль производительности установки по газу;
- контроль затрат топливно-энергетических ресурсов;
- контроль наработки исполнительного оборудования.

Управляющие функции:

- автоматическое регулирование технологических параметров;
- противоаварийная защита технологического оборудования;
- дистанционное управление технологическим процессом оператором из операторной.

Вспомогательные функции:

- автодиагностика оборудования АСУ ТП;
- визуализация хода и результатов технологического процесса;
- построение по запросу отчётов и графиков (генерирование отчётов);
- автоматическая передача на сервер корпоративной информационной системы верхнего уровня значений основных технологических параметров, характеризующих работу технологической установки.

Описание системы классификации и кодирования узлов проекта представлено в таблицах 2-5.

Таблица 2 - Коды технологических параметров

Код	Параметр
L	Уровень
P	Давление
T	Температура
F	Расход
Q	Концентрация
L	Минимальное значение параметра
H	Максимальное значение параметра

Таблица 3 - Коды исполнительных механизмов

Код	Исполнительный механизм
LCV	Клапан запорно-регулирующий с электроприводом по уровню
PSV	Клапан отсечной с электроприводом по давлению
USV	Клапан отсечной с электроприводом по нескольким параметрам
ZV	Клапан
ZD	Задвижка
NS	Насос
HL	Сигнальное устройство световое
HA	Сигнальное устройство звуковое

Таблица 4 - Коды команд управления

Код	Исполнительный механизм
CL	Заккрыть / Отключить
OP	Открыть / Включить

Код	Исполнительный механизм
SP	Стоп

Таблица 5 - Коды состояния исполнительных механизмов

Код	Исполнительный механизм
О	Открыт
С	Закрыт
F	Отказ, неисправность
R	Работа
S	Стоп
М	Ручной
А	Автоматический
S	Состояние

5 Технические средства реализации АСУГ АБСГ

5.1 Решения по выбору контроллерной станции

Для управления АСУГ АБСГ применен программируемый логический контроллер фирмы Siemens S7-400F/H представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Резервированная станция автоматизации Siemens S7-400F/H

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

- программируемые контроллеры с резервированной структурой, обеспечивающие высокую надежность функционирования системы управления;
- для применения в областях, предъявляющих повышенные требования к надежности функционирования системы управления;
- резервирование всех основных функций;
- возможность использования стандартных конфигураций систем ввода-вывода;
- горячее резервирование: автоматическое безударное переключение на резервный блок в случае отказа ведущего бока;
- конфигурации на основе двух стандартных или одной специализированной монтажной стойки;
- высокий коэффициент готовности системы ввода-вывода, обеспечиваемый применением переключаемых и резервированных конфигураций системы ввода-вывода;

- использование резервированных сетей PROFIBUS DP для построения переключаемых конфигураций системы ввода-вывода;
- системы автоматизации для построения систем противоаварийной защиты (систем ПАЗ).
- 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 S7-400H и станций распределенного ввода-вывода ET 200M с модулями систем безопасного управления (F-модулями), станций ET 200S PROFIsafe и ET 200eco PROFIsafe.
- одновременная поддержка функций противоаварийной автоматики и функций стандартного управления.

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-400F/FH предназначены для построения систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности. При появлении нештатных ситуаций такие системы выполняют перевод части или всего защищаемого оборудования в безопасные состояния, обеспечивая надежную защиту обслуживающего персонала и окружающей природной среды. Контроллеры выпускаются в двух базовых вариантах:

При обнаружении ошибок в работе системы автоматизации включает резервные секции и продолжает управление процессом производства. При срабатывании защитных устройств обеспечивает перевод технологического оборудования в безопасные состояния и остановку процесса.

Наряду с задачами противоаварийной защиты и обеспечения безопасности, программируемые контроллеры S7-400F/FH способны решать и стандартные задачи управления. В системе ввода-вывода этих контроллеров допускается использовать смешанный состав модулей стандартного назначения, F- и PROFIsafe модулей. Программирование и

конфигурирование всей системы выполняется с использованием одного и того же набора инструментальных средств.

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

- два центральных процессора CPU 412-3H/ CPU 414-4H/ CPU 417-4H с F-
Runtime лицензией;
- две линии PROFIBUS DP;
- станции ET 200M, по два интерфейсных модуля IM 153-2 на станцию;
- F модули ввода/ вывода.

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

S7-400F/FH находят применение для построения систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности, отвечающих требованиям:

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

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

Сигнальные модули выполняют мониторинг входных и выходных сигналов, проверяют их на соответствие друг другу, используют для проверки работоспособности испытательные сигналы.

Центральный процессор проверяет правильность функционирования системы, выполняя функции самодиагностики, проверкой результатов выполнения команд, логики и хронологии выполнения программы.

Дополнительно он проверяет работоспособность системы ввода/ вывода путем послыки тестовых сигналов.

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

F-Runtime лицензия должна загружаться в центральные процессоры S7-400F/FH. Для каждого контроллера S7-400F/FH нужна одна такая лицензия.

S7-400F/FH программируются теми же способами, что и другие системы SIMATIC S7. Для программирования стандартных задач управления могут использоваться все возможности пакета STEP 7.

Опциональный пакет "S7 F Systems" необходим для программирования функций противоаварийной защиты и обеспечения безопасности (разработки F секции программы). Пакет содержит библиотеку функций и функциональных блоков для F секции программы. Для разработки F секции программы на компьютере/ программаторе должны быть установлены:

- STEP 7 от V5.1;
- CFC от V5.23;
- S7-SCL от V5.1 SP 1;
- S7 H Systems V5.1 (опция для S7-400FH).

Разработка F секции программы выполняется на языке CFC с использованием программных блоков пакета S7 F Systems. Использование языка CFC позволяет заменить трудоемкие операции классического программирования удобными и наглядными операциями графического проектирования системы противоаварийной защиты и обеспечения безопасности [8].

5.1.1 Интерфейсный модуль IM153-2HF

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

IM 153-2 могут быть использованы для подключения станций ET 200M к резервированным сетям PROFIBUS DP и построения систем распределенного ввода-вывода резервированных контроллеров SIMATIC S7-400H или SIMATIC S7-400FH. Модули поддерживают функций синхронизации и снабжения телеграмм отметками даты и времени. Также осуществляется поддержка функций тактовой синхронизации.

Станция ET 200M способна работать в одноканальных (без резервирования каналов связи) или переключаемых (с резервированием каналов связи) конфигурациях системы распределенного ввода-вывода резервированных систем автоматизации SIMATIC S7-400H. В первом случае станция комплектуется любыми интерфейсными модулями IM 153, во втором - только интерфейсными модулями IM 153-2 HF.

Дополнительно интерфейсные модули IM 153-2 HF позволяют подключать станцию ET 200M к дублированным системам распределенного ввода-вывода программируемых контроллеров SIMATIC S5-155H, а также программируемых контроллеров SIMATIC S7, работающих под управлением пакета Redundancy.



Рисунок 2 - Интерфейсный модуль IM 153-2HF

5.1.2 Модуль аналогового ввода (AI) SM331

Для ввода в АСУ аналоговых сигналов используются модули SM331, используемые в составе программируемых логических контроллеров SIMATIC S7-300 и станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Различные модификации модулей ввода аналоговых сигналов SM331 позволяют подключать датчики с унифицированными сигналами напряжения и силы тока, термопары, датчики сопротивления и термометры сопротивления.

Модули ввода аналоговых сигналов выполняют аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов контроллера и формируют цифровые значения мгновенных значений аналоговых величин. Эти значения используются центральным процессором в ходе выполнения программы.

Модули SM 331 характеризуются следующими показателями:

- разрешающая способность от 9 до 15 бит + знак (с различными временами преобразования), конфигурируется;
- возможность использования большинства модулей для измерения различных видов аналоговых сигналов на различных пределах измерения. Выбор вида аналогового сигнала производится аппаратно с помощью модулей выбора вида входного сигнала или соответствующей схемой подключения датчика. Выбор предела измерения выполняется программным путем с помощью "Hardware Configuration" STEP 7. В многоканальных модулях допускается выполнение индивидуальной настройки различных каналов на измерение заданного вида аналогового сигнала с заданным пределом измерений;
- поддержка прерываний: модули способны формировать диагностические прерывания, а также прерывания при достижении измеряемым параметром предельных значений;
- диагностика: модули способны пересылать в центральный процессор большой объем диагностической информации.

Подключение входных аналоговых сигналов показано в документе 1712910/1852-102-60000-АОЭ-СБ.



Рисунок 3 - Модуль аналогового ввода SM 331

5.1.3 Модули дискретного ввода (DI) SM321

Для ввода в АСУ дискретных сигналов используются модули SM321, используемые в составе программируемых логических контроллеров SIMATIC S7-300 и станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Модули ввода дискретных сигналов предназначены для преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы. Модули могут работать как с контактными датчиками, так и с бесконтактными датчиками BERO, подключаемыми по 2-проводным схемам.

Подключение входных дискретных сигналов показано в документе 1712910/1852-102-60000-АОЭ-СБ.



Рисунок 4 - Модуль дискретного ввода SM 321

5.1.4 Модули дискретного вывода (DO) SM322

Для вывода из АСУ дискретных сигналов используются модули SM322, используемые в составе программируемых логических контроллеров SIMATIC S7-300 и станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

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

Некоторые модификации модулей позволяют выполнять непосредственное подключение исполнительных устройств или промежуточных коммутационных аппаратов.

При управлении цепями с низкими токами утечки (например дискретным входом ИЕС типа I), цепь нагрузки может коммутироваться таким образом, чтобы исключить формирование ложного сигнала включения.

Подключение выходных дискретных сигналов показано в документе 1712910/1852-102-60000-АОЭ-СБ.



Рисунок 5 - Модуль дискретного вывода SM322

5.1.5 Модули аналогового вывода (АО) SM322

Модули вывода аналоговых сигналов предназначены для цифро-аналогового преобразования внутренних цифровых величин контроллера S7-300 в его выходные аналоговые сигналы.

Модули характеризуются следующими показателями:

- разрешающая способность от 12 до 15 бит;
- выходные сигналы напряжения и силы тока: выбор вида аналогового сигнала производится программным способом для каждого выходного канала;
- поддержка прерываний: при возникновении ошибок модули способны формировать прерывания для центрального процессора;
- диагностика: модули способны пересылать в центральный процессор большое количество диагностической информации.



Рисунок 6 - Модуль аналогового вывода SM 332

5.1.6 Коммуникационный процессор CP 341

Коммуникационный процессор CP 341 обеспечивает скоростной обмен данными через PtP интерфейс, разгружая центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач. Он может использоваться в программируемых контроллерах SIMATIC S7-300 и станциях распределенного ввода-вывода ET 200M, работающих под управлением SIMATIC S7-300/ S7-400/ C7/ WinAC.

PtP соединения могут устанавливаться с:

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

Коммуникационный модуль характеризуется следующими показателями:

- пластиковый корпус формата S7-300 шириной 40мм;
- светодиоды индикации режимов работы и состояний:
- "Send" (передача);
- "Receive" (прием);
- "Fault" (отказ).
- Коммуникационный интерфейс.

Модуль имеет три модификации, отличающиеся типом используемого последовательного интерфейса:

- RS 232C (V.24);
- 20 мА токовая петля (TTY);
- RS 422/RS 485 (X.27).



Рисунок 7 - Коммуникационный процессор CP 341

5.1.7 Модули ввода дискретных сигналов для ПАЗ SM 326 F-DI

Модули ввода дискретных сигналов для систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности на базе программируемых контроллеров SIMATIC S7.

Допускают подключение:

- стандартных дискретных датчиков и датчиков BERO с 2-проводными схемами подключения;
- датчиков NAMUR, контактных датчиков, а также дискретных датчиков Ex-зон.
- Поддержка функций противоаварийной защиты и обеспечения безопасности на аппаратном уровне модуля.
- Использование в режиме работы F-модулей:
- в системе локального ввода-вывода программируемых контроллеров S7-300F с CPU 31xF-2 DP;
- в станциях систем распределенного ввода-вывода ET 200M, работающих под управлением программируемых контроллеров SIMATIC S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

Использование в режиме стандартных модулей ввода дискретных сигналов с расширенным набором диагностических функций.

F-модули ввода дискретных сигналов предназначены для построения цепей ввода дискретных сигналов систем противоаварийной защиты, отвечающих специализированным требованиям необходимого класса, уровня или категории безопасности. Они могут использоваться в системах локального ввода-вывода программируемых контроллеров S7-300F с центральными процессорами CPU 315F-2DP/ CPU 317F-2 DP (только модуль 6ES7 326-1BK00-0AB0), а также в станциях распределенного ввода-вывода ET 200M, работающих под управлением программируемых контроллеров S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH. Во всех остальных случаях F-модули способны выполнять только функции стандартных модулей ввода дискретных сигналов.

Функции автоматики безопасности поддерживаются на аппаратном уровне F-модуля. Объем этих функций определяется схемой его включения.

F-модули ввода дискретных сигналов выпускаются в пластиковых корпусах, совместимых по конструкции и способам монтажа с модулями программируемого контроллера S7-300.



Рисунок 8 - Модули ввода дискретных сигналов для систем противоаварийной защиты SM 326 F-DI

5.1.8 Модули ввода дискретных сигналов для ПАЗ SM 326 F-DO

F-модули вывода дискретных сигналов для систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности на основе программируемых контроллеров SIMATIC S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

Для подключения соленоидных вентилей, контакторов постоянного тока, индикаторных ламп и т.д.

Встроенные функции автоматики безопасности, поддерживаемые на аппаратном уровне.

При работе с поддержкой F-функций возможность установки:

- в систему локального ввода-вывода программируемого контроллера S7-300F;
- в станции систем распределенного ввода-вывода ET 200M, работающие под управлением программируемых контроллеров S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

Использования в качестве стандартных модулей вывода дискретных сигналов с поддержкой расширенного набора диагностических функций.

F-модули вывода дискретных сигналов способны управлять соленоидными вентилями, контакторами постоянного тока, индикаторными лампами и т.д. Схемы подключения нагрузки могут отвечать различным уровням, классам и категориям безопасности.

F-модули вывода дискретных сигналов обеспечивают поддержку функций противоаварийной защиты на аппаратном уровне. Они могут устанавливаться в системы локального ввода-вывода программируемых контроллеров S7-300F, а также в станции распределенного ввода-вывода ET 200M, работающие под управлением программируемых контроллеров S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

F-модули могут использоваться в стандартных режимах работы модулей вывода дискретных сигналов S7-300.

F-модули вывода дискретных сигналов выполняют преобразование логических сигналов центрального процессора S7-300F в выходные дискретные сигналы контроллера. Функции автоматики безопасности и противоаварийной защиты поддерживаются на аппаратном уровне F-модулей.



Рисунок 9 - Модули ввода дискретных сигналов для систем противоаварийной защиты SM 326 F-DO

5.1.9 Модуль ввода аналоговых сигналов систем ПАЗ SM 336

F-модуль ввода аналоговых сигналов систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности на основе программируемых контроллеров SIMATIC S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

Измерение унифицированных сигналов силы тока, поддержка протокола HART.

Встроенные функции обеспечения безопасности, поддерживаемые на аппаратном уровне.

Реализация функций противоаварийной защиты при работе в системах локального ввода-вывода программируемых контроллеров S7-300F с CPU 317F-2 DP, а также в станциях распределенного ввода-вывода ET 200M, работающих под управлением программируемых контроллеров SIMATIC S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

Использование в качестве стандартных модулей ввода аналоговых сигналов при работе в составе программируемых контроллеров S7-300 или в станциях ET 200M, работающих под управлением стандартных ведущих DP устройств SIMATIC S7/ C7/ WinAC.

Наличие встроенных блоков питания датчиков с защитой от коротких замыканий.

С помощью F-модулей ввода аналоговых сигналов производится ввод унифицированных сигналов силы тока и обслуживаются схемы подключения датчиков, соответствующие требованиям различных уровней, классов и категорий безопасности. Поддержка протокола HART осуществляется только при установке модуля в станции ET 200M.

F-модули способны поддерживать функции противоаварийной защиты на аппаратном уровне. Они могут устанавливаться в системы локального ввода-вывода программируемых контроллеров S7-300F с CPU 317F-2 DP, а также в станции распределенного ввода-вывода ET 200M, работающие под управлением программируемых контроллеров S7-300F/ S7-400F/ S7-400FH.

При необходимости F-модуль способен выполнять функции стандартного модуля ввода аналоговых сигналов S7-300/ ET 200M.

Модуль выполняет аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов и формирует цифровое представление мгновенных значений измеряемых параметров, которые используются центральным процессором в ходе выполнения программы.

Функции обеспечения безопасности поддерживаются на аппаратном



уровне модуля.

Рисунок 10 - Модуль ввода аналоговых сигналов систем противоаварийной защиты SM 336

5.2 Управляемые коммутаторы серии SCALANCE X-200

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

Встроенный менеджер резервирования для построения кольцевых структур Fast Ethernet со скоростным реконфигурированием сети (исключая SCALANCE X208 PRO).

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

Реконфигурирование кольцевой сети Fast Ethernet, объединяющей коммутаторы SCALANCE X-300, SCALANCE X-200 и OSM/ESM.

Прочный компактный металлический корпус для установки на стандартную профильную шину S7-300, профильную шину DIN или на стену.

Прочные PROFINET-совместимые соединители RJ45 промышленного исполнения, обеспечивающие надежную фиксацию штекеров подключаемых кабелей.

Использование резервированных цепей питания.

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

Формирование сигналов о наличии ошибок с помощью сигнального контакта, настраиваемого с помощью кнопки SET.

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

В типовом варианте модули SCALANCE X200 со степенью защиты IP30 устанавливаются в одном шкафу управления с подключаемыми к сети станциями. Модуль SCALANCE X208PRO может устанавливаться вне шкафов управления



Рисунок 11 - Управляемые коммутаторы серии SCALANCE X-200

5.3 Комплектация АРМ оператора

Управление АСУГ АБСГ происходит посредством человеко-машинного интерфейса с АРМ оператора, в состав которого входят:

- монитор 24”;
- промышленный компьютер HP Z420;
- клавиатура;
- манипулятор типа “мышь”;
- принтер отчетов;
- звуковые колонки.

АРМ оператора в качестве примера представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 - АРМ оператора

Рабочая станция HP Z420 характеризуется следующими показателями [9]:

- интеллектуальное шасси, которое не требует инструментов для доступа к внутреннему объему;
- процессоры Intel Xeon серий E5-1600 и E5-2600 с тактовой частотой до 3,6 ГГц и новый чипсет Intel C602;
- поддержка 8 процессорных ядер;
- поддержка графики нового поколения PCIe Gen3 с возможностью оснащения профессиональными графическими платами AMD и NVIDIA: от Pro 2D до трехмерных решений и NVIDIA Quadro 5000;
- 600-ваттный блок питания с КПД 90%;

- поддержка до 8 мониторов HP Performance Display;
- поддержка SATA и SAS RAID;
- 8 слотов DIMM и 4-канальная архитектура памяти, общий объемом до 64 ГБ при тактовой частоте 1600 МГц;
- конфигурация без бронированных огнезащитных составов и ПВХ и с сертификацией ENERGY STAR®.



Рисунок 13 - Рабочая станция HP Z420

5.4 Решения по выбору датчиков

5.4.1 Массомер Micro-Motion F-200S



Рисунок 14 - Сенсор Micro-Motion F-200S

Применение в проекте АСУГ АБСГ: учет объемного и массового расхода СУГ;

Особенности: возможность работы с двухфазным потоком; подходит для коммерческого учета; самодиагностика; требует специального преобразователя типа Micro Motion 2700;

Сигнал: 4...20 мА; дискретный; HART/WirelessHART; Modbus;

Диапазон измеряемых температур: -100...+200 °С;

Погрешность по расходу жидкости: $\pm 0.10\%$;

Погрешность по расходу газа: $\pm 0.5\%$;

Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP65 по ГОСТ 14254;

Взрывозащита: могут применяться во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров, горючих жидкостей с воздухом категории IIС группы Т6 или Т5 по ГОСТ 12.1.011;

Питание: от искробезопасных цепей блоков питания (барьеров), имеющих вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia" для взрывоопасных смесей группы IIС по ГОСТ Р 51330.0 и пропускающих HART-сигнал;

Управление ИПТ осуществляется дистанционно, при этом обеспечивается настройка датчика:

- выбор его основных параметров;
- перенастройка диапазонов измерений;
- запрос информации о самом ИПТ (типе, модели, серийном номере, максимальном и минимальном диапазонах измерений, фактическом диапазоне измерений).

В Метран-286 реализована возможность выбора единиц измерения: градусы Цельсия, °С;

- градусы Кельвина, К;
- градусы Фаренгейта, F;
- градусы Ренкина, R;
- Омы;
- милливольты.

5.4.2 Датчики давления Метран-150TG4-IM-Exia/ TG3-IM-Exia



Рисунок 16 - Метран-150TG

Применение в проекте АСУГ АБСГ:

-контроль давления паровой фазы газа в резервуарах и станциях слива/налива;

Особенности: Exia – искробезопасные датчики для цепей класса "ia"; используют HART-протокол (5 и 7 версии) для передачи данных; самодиагностика; защита от переходных процессов и входных помех; индикация на датчике [11];

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

Среды: жидкости, нефтепродукты, пар, газ, газовые смеси;

Тип измерения: избыточное давление;

Диапазон измеряемого давления:

TG4: до 500 КПа (минимально), до 25 МПа (максимально);

TG3: до 120 КПа (минимально), до 6 МПа (максимально);

Диапазон рабочих температур среды: -40...+149 °С;

Погрешность по аналоговому сигналу: $\pm 0.075\%$;

Материал корпуса: Нерж. сталь 316L, сплав С-276, Тантал;

Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP66 по ГОСТ 14254;

Взрывозащита: Датчики давления Метран-150 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;

Межповерочный интервал: 4 года;

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

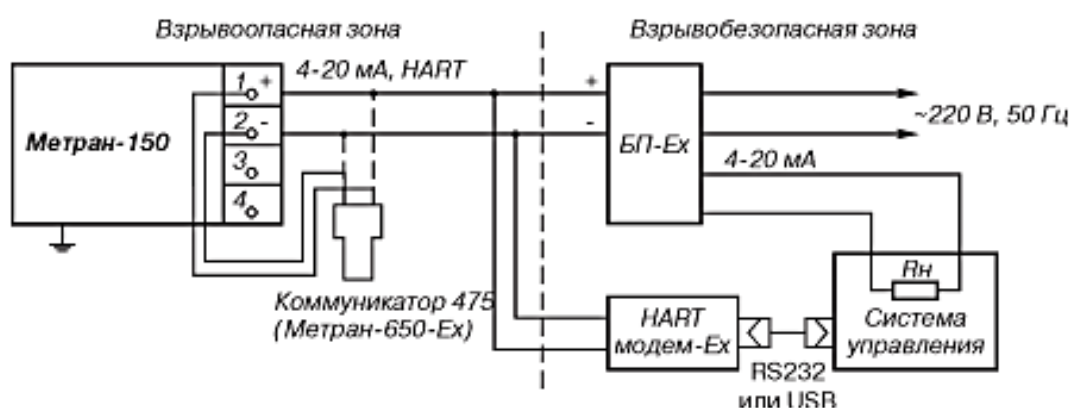


Рисунок 17 - Схема внешних соединений Метран-150TGX-IM-Exia (искрозащита и HART-модем)

5.4.3 Уровнемер ПМП-201



Рисунок 18 – Уровнемер ПМП-201

Применение в проекте АСУГ АБСТ: контроль уровня заполнения резервуаров хранения и определение массы СУГ в них;

Тип датчика: поплавковый. Измерение уровня жидкости осуществляется при помощи поплавка со встроенным магнитом, который магнитным полем воздействует на чувствительный элемент - стержень из магнитострикционного сплава, находящийся в направляющей ПМП;

Особенности: ПМП осуществляет измерение уровня, температуры, плотности, уровня раздела сред, производит измерительные преобразования и вычисления, и выдает числовые значения параметров измеряемой среды;

Сигнал: 4...20 мА;

Среды: жидкости, нефтепродукты, СУГ, одоранты, жидкие пищевые продукты и др.;

Диапазон рабочих температур среды: -51...+60°C;

Предельное давление: не более 2,5 МПа;

Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP66 по ГОСТ 14254;

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

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

Межповерочный интервал: 1 год;

Питание 12-24 В - для выходного сигнала 4...20 мА от искробезопасных цепей блоков питания (барьеров), имеющих вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" с уровнем искробезопасности электрической цепи "ia" для взрывоопасных смесей группы IIС по ГОСТ Р 51330.0 и пропускающих HART-сигнал.

5.5 Интеллектуальные электроприводы Rotork серии IQML



Рисунок 21 - Интеллектуальный электропривод Rotork IQ3

Применение в проекте АСУГ АБСГ: LCV2/1, LCV2/2, LCV6/1 и LCV6/2 на ФСА;

Rotork IQ представляет собой полный диапазон приводов, пригодных для всех областей применения многооборотных приводов, требующих гибкости управления и индикации. В данном случае – *трехфазные приводы серии IQML* [14]. IQ представляет набор важных функций:

- встроенный регистратор данных, входящий в стандартный комплект;

- совместимый IrDA для местного и дистанционного анализа привода через программное обеспечение InSight;
- четкие, удобные в пользовании средства управления и индикации;
- многоязычный текстовый дисплей для индикации состояния и настройки;
- упрощенный контроль крутящего момента и положения для повышения надежности;
- комплексное управление;
- одобрен для использования в областях применения класса безопасности SIL.

Приводы IQ *влагонепроницаемые* (по IP68) и *взрывозащищенные* (Exia IIC T4). Диапазон крутящего выходного момента от 34 Нм до 3000 Нм.

Линейные скорости: 0.9...21.6 мм/с;

Создаваемые регулирующие усилия: 8...21 кН;

Номинальные усилия: 16...28 кН.

Регулирующая версия привода IQML имеет тиристорный реверсивный пускатель вместо электромеханических контакторов. Привод холостого хода удален, а вместо него установлены быстродействующие цепи дистанционного контроля для обеспечения оперативности управления. Привод IQML способен осуществлять до 1200 пусков в час. Тиристорный пускатель также имеет функцию электронного 'тормоза' двигателя, который улучшает позиционирование. Привод модели IQML оснащен прямоходным механизмом, обеспечивающим регулирующее усилие до 150 кН.

Решения, обеспечивающие надежность привода:

- автоматический контроль чередования фаз;
- защита от потери фазы;
- защита от заклинивания арматуры;
- термостатическая защита;
- самодиагностика;

- защита от мгновенного реверса.

Поддерживаемые протоколы:

- Profibus;
- Foundation Fieldbus;
- DeviceNet;
- Modbus.

5.6 Выбор сигнализаторов системы ПАЗ

5.6.2 Газоанализатор СГОЭС-метан



Рисунок 23 - СГОЭС-метан

Применение в проекте АСУГ АБСГ: ПАЗ уровня загазованности (QY2-1, QY2-2, QY2-3 и QY2-4 на ФСА);

Тип анализатора: оптический инфракрасный;

Особенности:

- взрывозащищенность;
- аналоговые, релейные и цифровые выходы;
- устойчивость к вибрации;
- эффективно работает в условиях тумана и повышенной влажности;
- контроль загрязнения ИК оптического сенсора (пыль, краска).

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: -60...+85°C;

Диапазон срабатывания: 0...100% НКПР;

Погрешность по уровню: $\pm 5\%$ НКПР;

Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP66 по ГОСТ 14254;

Взрывозащита: СГОЭС сертифицирован для использования в потенциально опасных газо- паро-содержащих условиях окружающей среды в соответствии со стандартом ГОСТ Р 51330.13-99, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах подгрупп IIА, IIВ, IIС температурных классов Т1-Т4 по ГОСТ Р 51330.9-99;

Питание: 18...32 В.

6 Проектирование шкафа управления АСУГ АБСГ

Шкаф управления выполнен на базе шкафа линейного TS8 фирмы Rittal [17]. Структурная схема шкафа управления АСУГ АБСГ представлена на рисунке 24. Принципиальные схемы шкафа – приложение В.

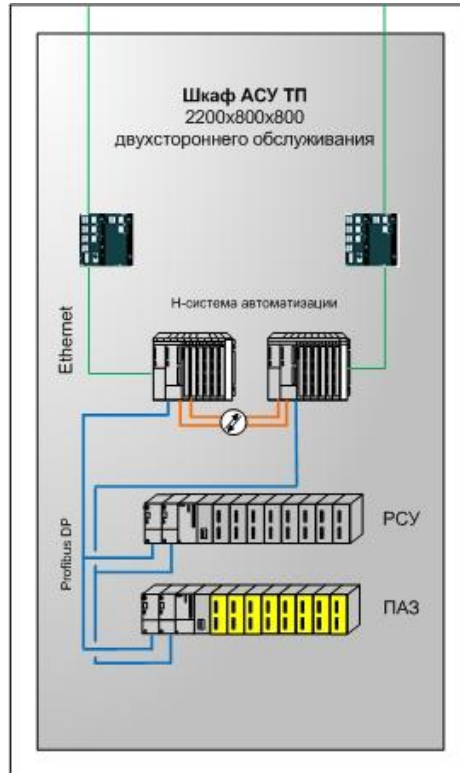


Рисунок 24 - Структурная схема шкафа управления АСУГ АБСГ

Размеры шкафа управления (ШхГхВ): 800 мм х 800 мм х 2000 мм;

Вес шкафа: 300 кг;

Особенности монтажа: шкаф управления установлен на цоколь высотой 100 мм; шкаф предназначен для установки на пол со съемными панелями; ввод кабеля расположен снизу;

Степень защиты: IP 55 по ГОСТ 14254-96;

Вид климатического исполнения: по ГОСТ 15150-69-УХЛ;

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

Потребляемая мощность шкафа управления: не более 3000 Вт;

Шкаф управления снабжен системой приточно-вытяжной вентиляции с автоматическими терморегуляторами для поддержания заданного диапазона рабочих температур внутри шкафа, системой освещения, срабатывающей от открытия двери шкафа. Шкаф управления снабжен датчиком открытия дверей, замком для ограничения доступа.

7 Проектирование размещения технических средств

Оборудование среднего уровня АСУ ТП (шкаф управления, ИБП) размещаются в обогреваемых помещениях.

Шкаф управления и ИБП размещаются в аппаратной здания операторной объекта. АРМ оператора и АРМ инженера размещаются в операторной здания операторной. План расположения оборудования приведен в приложении Г.

8 Принципиальные электрические схемы ТС АСУ ТП

8.1 СЭП питания шкафа АСУ ТП

Организация питания шкафа управления выполняется по схеме, указанной на рисунке 25. Питание шкафа управления осуществляется от ИБП. Питание ИБП осуществляется от существующих электрических сетей.

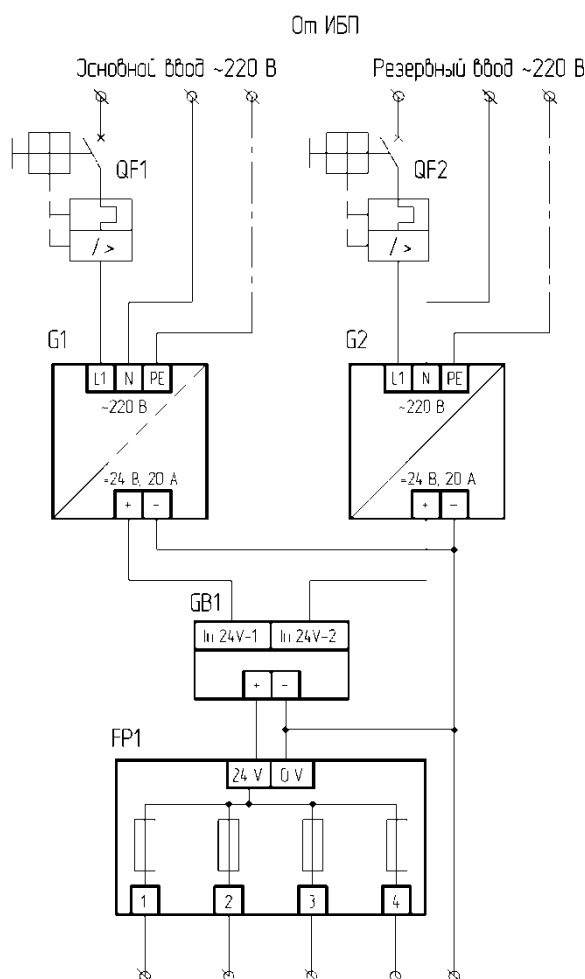


Рисунок 25 - Организация питания шкафа управления

В шкафу управления питание потребителей осуществляется источниками питания G1, G2 постоянного напряжения 24В [18]. Параллельная работа источников питания (резервирование) осуществляется за счет модуля резервирования GB1 в сочетании с четырехканальным модулем диагностики цепей питания FP1. Питание коммутаторов осуществляется двумя отдельными источниками питания постоянного напряжения 24В также запитанными от ИБП.

8.2 СЭП заземления шкафа АСУ ТП

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

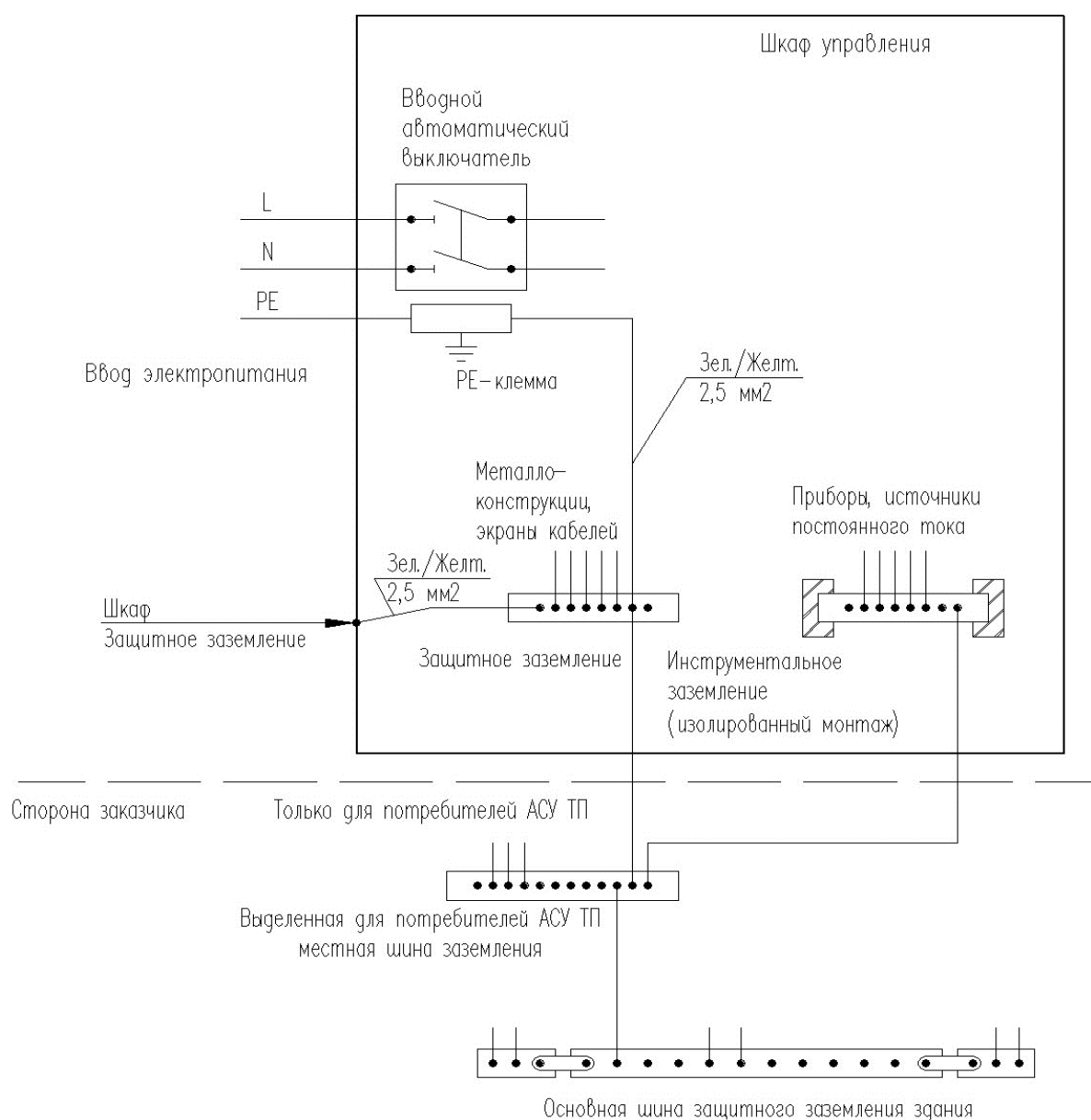


Рисунок 26 - Схема заземления шкафа управления

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

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

Шина сигнального заземления должна быть медной сечением не менее 50 мм², и соединена одним заземляющим проводником с SE-заземлителем.

Защитное заземление должно быть выполнено в соответствии с ПУЭ.

Присоединение заземляющих проводников к шинам «SE» и «PE» осуществляется болтовыми соединениями. Жилы заземляющих проводников оконцовываются медными лужеными наконечниками соответствующего типоразмера посредством пайки. Прокладка заземляющих проводников к шкафу управления осуществляется в лотках:

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

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

Заземлители сигнального заземления выполняются из такого же материала и должны иметь размеры не менее указанных для заземлителей защитного заземления.

8.3 Компоновка ПЛК в шкафу АСУ ТП

Данный раздел служит пояснением структуры приводимых ниже СЭП ПЛК. Компоновка ПЛК Simatic S7-400H и станции распределенного ввода-вывода ET-200M шкафа управления приведена на рисунке 27.

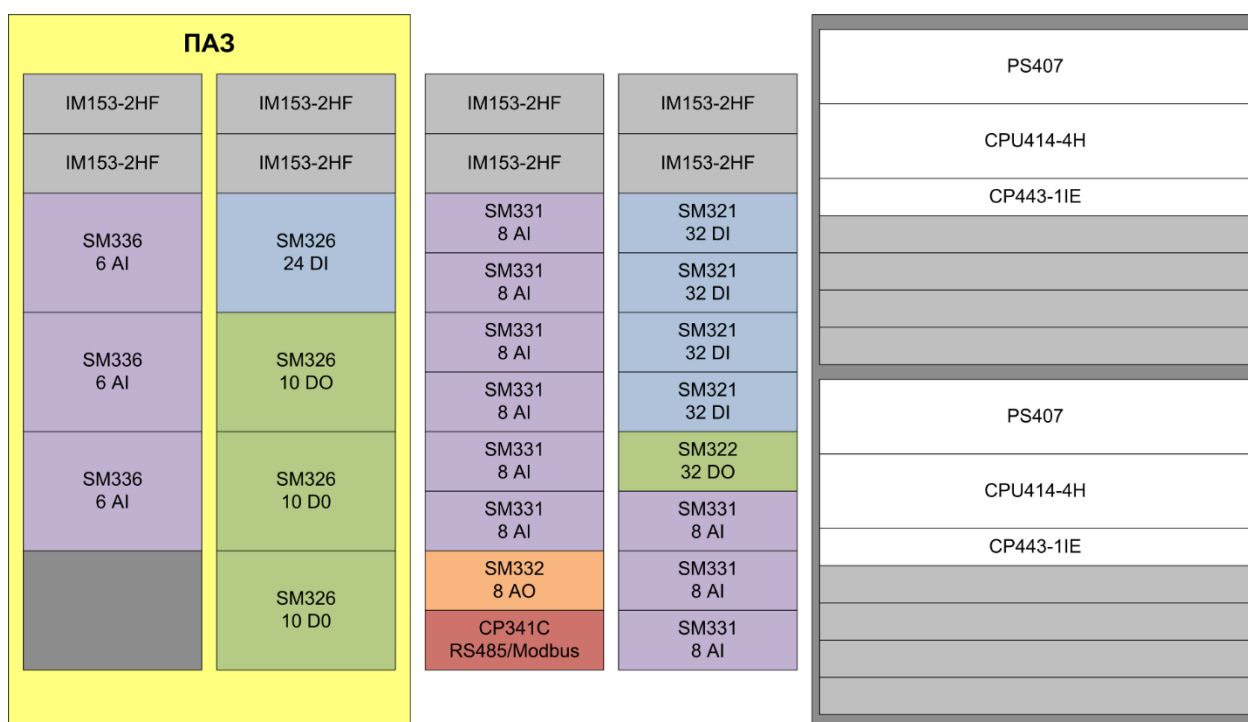


Рисунок 27 - Компоновка ПЛК Simatic S7-400H и станций ET200M

На рисунке 27 использованы следующие обозначения:

- PS407 – блок питания = 24 В;
- CPU414-4H – центральный процессор Simatic S7-400H;
- CP443-1 – коммуникационный процессор Industrial Ethernet;
- IM153-2HF – интерфейсный модуль ET200M;
- SM321, 32 DI – модуль ввода дискретных сигналов, 32 канала;
- SM322, 32 DO – модуль вывода дискретных сигналов, 32 канала;

- SM331, 8 AI – модуль ввода аналоговых сигналов, 8 каналов;
- SM321, 8 AO– модуль вывода аналоговых сигналов, 8 каналов;
- SM326, 24 DI– ПАЗ модуль ввода дискретных сигналов, 24 каналов;
- SM326, 10 DO– ПАЗ модуль вывода дискретных сигналов, 10 каналов;
- SM336, 6 AI– ПАЗ модуль ввода аналоговых сигналов, 6 каналов.

8.4 СЭП подключения ПЛК и станций ET200M

В приложении Д приведена электрическая принципиальная схема подключения головной контроллерной станции Siemens S7-400F/H с резервированием, а также электрические принципиальные схемы подключения модулей расширения Siemens S7-ET200M для систем ПАЗ и контуров АСУ с резервированием (для пояснения см. рисунок 27).

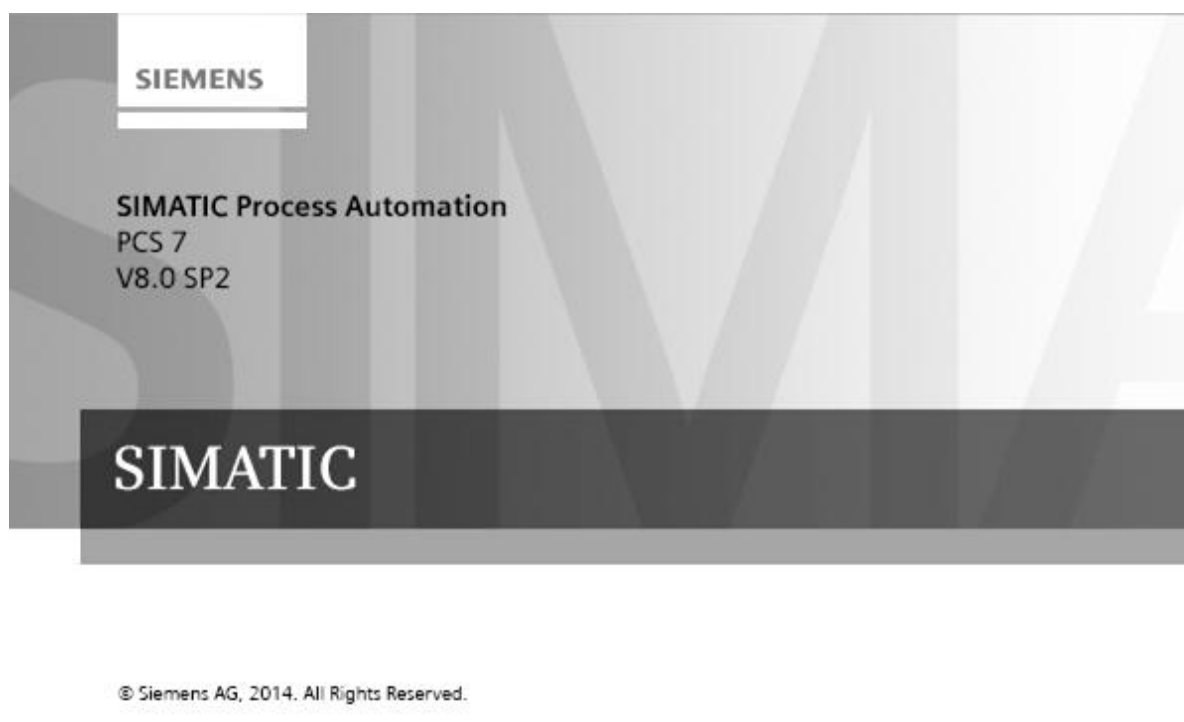
9 Разработка схем внутренних соединений шкафа АСУ ТП

В приложении Е представлены схемы подключения аналоговых датчиков контуров АСУГ АБСГ к AI-модулям станций расширения ET200M, показанных в приложении Д, листы 4, 5 по ГОСТ 2.701-84 [19].

Часть 2. Проектирование программно-алгоритмических средств АСУГ АБСГ

10 Общая информация о среде разработки Simatic PCS

В качестве среды разработки используется программный продукт Simatic Process Control System 7 (PCS 7 v8) компании Siemens [20], являющийся распределенной системой управления, которая интегрирует среду программирования контроллеров линейки Simatic S7 3xx и 4xx Simatic Step 7, SCADA-систему Simatic WinCC, а также конфигуратор станций, предназначенный для интеграции двух вышеописанных программных средств, - Station Configurator.



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

- простое и безопасное управление процессами;
- удобство оперативного управления и визуализации;
- эффективное, быстрое и однородное проектирование;
- гибкое использование сетей полевого уровня;

- возможность использования гибкого пакетного управления;
- открытость, возможность использования оборудования других производителей;
- широкое использование IT-технологий, непосредственное включение в среду ERP.

Собственно, у разработчиков проекта выбор пал именно на линейку программного обеспечения и технических средств от компании Siemens, ввиду относительной дешевизны продукта, при высоких показателях надежности, умеренной простоте разработки и проектирования программно-технических средств, а также отличных эксплуатационных характеристиках комплекса. По неофициальным данным, по меньшей мере 75% рынка интегрированных средств автоматизации в России занимает продукт компании Siemens.

В основе работы Step 7 лежит концепция проекта, под которым понимается комплексное решение задачи автоматизации, включая несколько взаимосвязанных контроллеров на базе физических [микроконтроллеров](#), соединяющие их [сети](#) и системы [человеко-машинного интерфейса](#). Работу с проектом в целом обеспечивает главная утилита Step 7 - Simatic Manager.

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

- LAD – графический язык ладдерных диаграмм, или иначе – язык релейно-контактной логики;
- FBD – графический язык функциональных блоков;
- STL – низкоуровневый ассемблероподобный язык инструкций на базе IL (Instruction List) IEC 61131-3;
- SCL – структурированный паскалеподобный язык программирования на базе языка ST IEC 61131-3;
- SFC – графический высокоуровневый язык последовательностных функциональных диаграмм состояния на базе математического аппарата

сетей Петри (описывает последовательности состояний и условий переходов);

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

Помимо стандартных языков IEC 61131-3 [21], пакет Step 7 включает в себя возможность программирования на языке CFC (Continuous Function Chart) – язык непрерывных функциональных чартов. Данный язык является некоей графической высокоуровневой комбинацией языков FBD и GRAPH, позволяющей программировать (в сущности, объединять в чартовые диаграммы) взаимосвязи между функциональными блоками, написанными на прочих вышеописанных языках. Наличие данного предельно удобного языка программирования является основным преимуществом программного комплекса проектирования распределенных сетей управления Simatic PCS 7.

В частности, данный проект выполняется с использованием языков FBD, STL и SCL, интегрируемых с помощью языка чартовых диаграмм CFC.

Более того, среда Simatic Step 7 позволяет без труда конвертировать самописные функции и библиотеки между языками FBD, LAD и SCL.

13 Написание алгоритмов проекта АСУГ АБСТ

13.1 Подготовка проекта к описанию алгоритмов

В утилите Simatic Manager (с использованием вида Component view), как было замечено, отображается полное дерево проекта. Выполнив Simatic H Station/CPU 414-4 H/Insert New Object/CFC, разработчик автоматически генерирует следующие подкаталоги в S7 Program CPU:

- **Charts**, который содержит файлы чартовых диаграмм проекта на языке CFC (был создан CFC(1));

- **Sources**, который хранит исходные коды самописных блоков проекта; пользователь может самостоятельно писать и добавлять в библиотеки собственные функции, функциональные блоки, а также блоки данных (подробнее об этом см. ниже);

- **Blocks**, который интегрирует все использующиеся в проекте блоки (как стандартные, заложенные в библиотеки Simatic, так и самописные).

Таким образом, основными единицами алгоритмического программирования в Simatic PCS являются блоки следующих типов, распознаваемые системой:

- организационные блоки (OB) – аппаратные контейнеры для выполнения тел программ, принадлежащих тому или иному объектному блоку, в. т. ч. выполняющие прерывания; организационные блоки имеют различное назначение и управляют обработкой программы, запуском процессора и поведением в случае ошибки. Характеристики используемых OB приведены в таблице 6.

- функции (FC) - содержат программные алгоритмы, разделенные по технологическим или функциональным признакам;

- функциональные блоки (FB) - служат для программирования часто повторяющихся или сложных функций. Функциональный блок может быть вызван многократно, при этом ему можно задавать различные входные параметры. Блоку ставится в соответствие память, в которой могут

сохраняться переменные (т. е. для них выделяются системные блоки данных);

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

- системные функции (SFC) - предварительно запрограммированные функции, которые находятся в CPU. SFC не должна работать с блоками данных DB;

- системный функциональный блок (SFB) - блок, который находится в CPU и которому подчинен DB, загружаемый с программами пользователя;

- системные блоки данных (SDB) - область памяти CPU с данными, необходимыми для процесса управления.

Таблица 6 - Характеристики организационных блоков

№ блока	Функции и критерий вызова	Приоритет
ОВ1	Свободный цикл	1
ОВ10 - ОВ17	Прерывания по времени	2
ОВ20	Прерывания с задержкой	3
ОВ21		4
ОВ22		5
ОВ23		6
ОВ30	Циклические прерывания с циклом 5 с	7
ОВ31	с циклом 2 с	8
ОВ32	с циклом 1 с	9
ОВ33	с циклом 500 мс	10
ОВ34	с циклом 200 мс	11
ОВ35	с циклом 100 мс	12
ОВ36	с циклом 50 мс	13
ОВ37	с циклом 20 мс	14
ОВ38	с циклом 10 мс	15
ОВ40	Прерывания по сигналам от процесса	16
ОВ41		
ОВ42		
ОВ43		
ОВ44		
ОВ45		
ОВ46		
ОВ47		
Прерывания по асинхронной ошибке		
ОВ80	Ошибка по времени	26 (или 28, если вызывается в программе запуска)
ОВ81	Неисправность блока питания	
ОВ82	Диагностическое прерывание	
ОВ83	Прерывание при снятии / установке модуля	
ОВ84	Аппаратная ошибка CPU	
ОВ85	Ошибка класса приоритета	
ОВ86	Выход из строя носителя модулей	
ОВ87	Коммуникационная ошибка	
ОВ100	Новый пуск	27
ОВ101	Повторный пуск	27
ОВ121	Ошибка программирования	Приоритет ОВ, вызвавшего ошибку
ОВ122	Ошибка доступа	

13.2 Настройка программных блоков приема-передачи сигналов

Первой практической задачей при разработке и построении логики команд проекта является добавление в тело программы (чартовой диаграммы) и дальнейшая настройка функциональных блоков приема и передачи сигналов с модулей ввода-вывода станции. Это необходимо для осуществления преобразования сигналов, а также их простой передаче на верхний уровень системы (SCADA), более надежной и корректной их обработки, а также для проверки качества монтажа оборудования в шкафах АСУ ТП. Данная процедура выполняется для каждого сигнала, используемого в проекте (согласно таблице сигналов).

Для настройки и мониторинга неисправностей используются стандартные функциональные блоки из библиотеки PCS:

- FB1871 (Pcs7DiIn) – драйвер цифрового входа;
- FB1873 (Pcs7DiOu) – драйвер цифрового выхода;
- FB1869 (Pcs7AnIn) – драйвер аналогового входа;
- FB1870 (Pcs7AnOu) – драйвер аналогового выхода.

На рисунках 38-39 показана процедура настройки и отладки программных блоков приема-передачи информации и модулей ввода-вывода.

В приложении Ж показана диаграмма отладки этих функциональных блоков. Здесь следует обратить внимание на следующие особенности:

- ножки «Mode» каждого из модулей служат для кодирования режима работы физических модулей ввода вывода: 16#80010203 используется для четырехпроводных схем подключения аналоговых датчиков/исполнительных механизмов с токовым сигналом 4...20 мА; 16#8001FFFF – для цифровых входов; 16#8001FFFE – для цифровых выходов;

- ножки Scale аналоговых драйверов необходимы для конвертирования аналогового сигнала в диапазон вещественных чисел от 0 до X, где «X» - значение, подаваемое на ножку Scale;

- как видно из рисунка, объектный блок, в котором по умолчанию выполняются данные функциональные блоки – OB35, что означает

циклический опрос периферийных модулей станции с частотой 100 мс. Двойной клик по данной области позволяет сменить объектный блок для обработки функций опроса.

На вход блока обработки сигнала цифрового выхода в режиме онлайн подается единица. Вывод блока подключен к порту Q40.0 (на закрытие клапана LCV2/1), поэтому на соответствующем физическом модуле FDO10 загорается светодиод, что означает успешность конфигурации контроллерной станции, а также корректность монтажа модуля. На рисунке 38 показано окно Monitor/Modify, вызываемое соответствующей командой для FDO10 в HW Config, которое считывает данные уже с физического периферийного устройства, где видно изменение значения бита Q40.0. Данная процедура выполняется для всех модулей дискретного ввода/вывода.

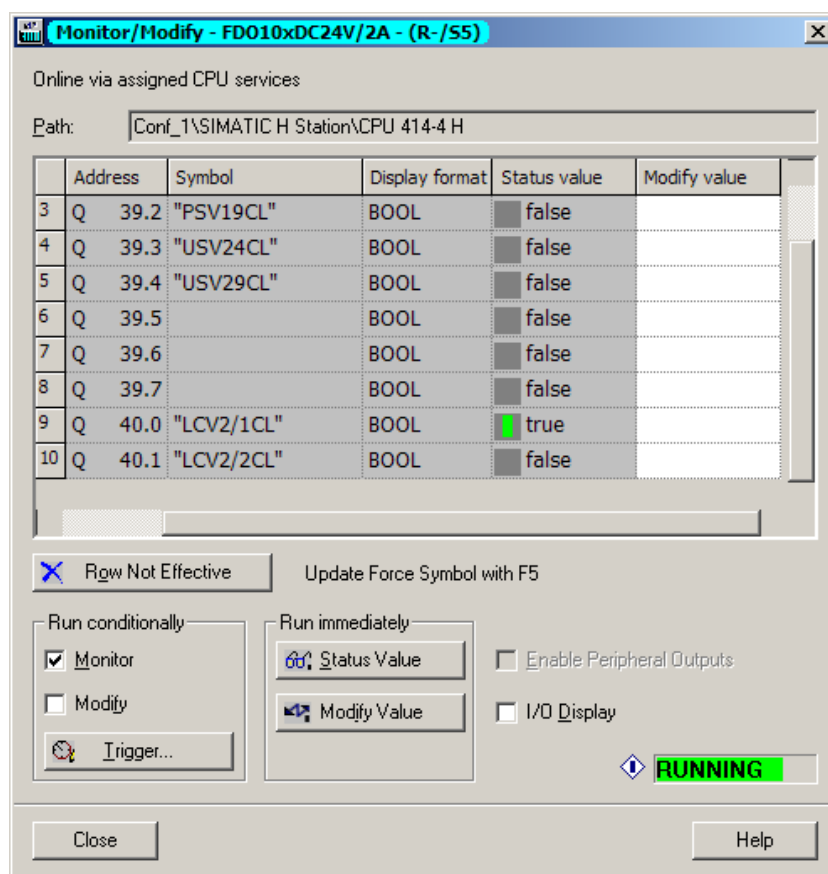


Рисунок 38 - Проверка работы модуля дискретного вывода станции

На вход блока обработки сигнала аналогового выхода в режиме онлайн подается значение «50». Вывод блока подключен к порту QW640 (регулирует положение клапана LCV2/1). Как видно из приложения Ж, выходное значение PV_Out – 16#3600, что соответствует 10#13824 (кодируется в выходной сигнал 12 мА). Значение 16#6C00, иначе 10#27648 (в 2 раза больше предыдущего) соответствует 20 мА, при использовании токовой петли.

Мультиметром с клемной коробки U3.9.1 (см. приложение Е), расположенной у задней стенки шкафа АСУ ТП, было снято значение 12 мА, что означает успешность конфигурации контроллерной станции, а также корректность монтажа модуля. На рисунке 39 показано окно Monitor/Modify, вызываемое соответствующей командой для модуля АО8, содержащего адрес QW640, в HW Config. Здесь также видно изменение значения слова QW640 на 16#3600. Данная процедура выполняется для всех модулей аналогового вывода для значений 0 (4 мА), 25 (8 мА), 50 (12 мА), 75 (16 мА) и 100 (20 мА).

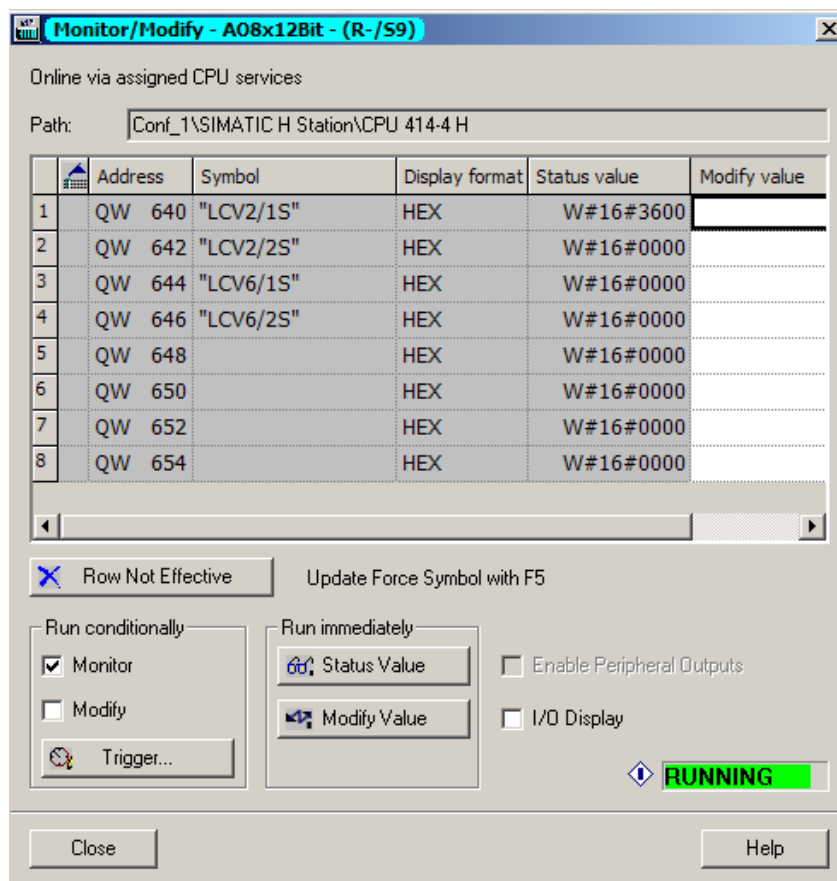


Рисунок 39 - Проверка работы модуля аналогового вывода станции

На клеммы 5.1 и 5.2 клемной коробки U3.6.4 (рис. 39) эталонным источником тока подается сигнал 8 мА. Данные клеммы соединены с модулем AI8, содержащим адрес IW606. Этот адрес, означающий уровень воды в сепараторе С-1/1, подключен к входу PV_In драйвера аналогового входа (приложение Ж). Выход функционального блока драйвера выдает значение 25, что соответствует сигналу в 8 мА (и входу 16#1B00 функции) и означает успешность конфигурации контроллерной станции, а также корректность монтажа модуля. Данная процедура выполняется для всех модулей аналогового ввода для значений 4, 8, 12, 16, а также 20 мА.

13.3 Реализация алгоритма тарировки сепарационных емкостей

13.3.1 Постановка задачи тарировки

Резервуары хранения СУГ являются горизонтально-ориентированными и имеют специфическую форму, вследствие чего уровень жидкости/газа в емкости находится в нелинейной зависимости от объема жидкости/газа в ней.

Данная нелинейная зависимость устанавливается эмпирически для дискретных значений объема/уровня и представляется в таблице 7.

Таблица 7 - Тарировочная таблица для резервуаров СУГ

Уровень в сепараторе, %	Объем среды в сепараторе, м ³
0	0
10	5,25
20	12,5
30	20
40	28
50	37,5
60	47
70	55
80	62,5
90	69,75
100	75

Необходимо реализовать алгоритм пересчета уровня среды в ее объем в резервуарах СУГ для непрерывного вещественного множества входных значений уровня, а также алгоритм пересчета объема среды в ее уровень.

Данная задача решается для дальнейшей передачи объема среды в резервуаре на верхний уровень (SCADA), а также для корректной реализации алгоритма автоматической защиты от переполнения.

13.3.2 Построение математической модели алгоритма

Рассмотрим математическое описание алгоритма пересчета уровня среды в объем с использованием тарифовочной таблицы. Для обратного преобразования будет использоваться аналогичный алгоритм.

Линеаризуем зависимости объема среды от уровня для промежуточных значений входных данных – уровней среды, значения которых находятся между соседними строками тарифовочной таблицы. Зависимость объема среды от ее уровня в резервуаре $V(L)$, в таком случае, будет выражаться функцией (1).

$$V(L) = \left(\frac{L - L_i}{0.2} \right) \cdot (V_a - V_i) + V_i, \quad (1)$$

где L_m – соседнее меньшее значение уровня (относительно входного), согласно тарифовочной таблице;

V_m – значение объема, соответствующее L_m по тарифовочной таблице;

V_o – значение объема, на одну позицию большее V_m по тарифовочной таблице.

13.3.3 Реализация алгоритма в Simatic PCS

Создается файл исходного кода для блока данных, который будет содержать тарифовочную таблицу на языке SCL - S7 Program/Sources/Insert New Object/SCL Source. Листинг кода объявления и задания блока данных DB1 с тарифовочной таблицей представлен в приложении И.

Окно среды программирования представлено на рисунке 40. Окно мониторинга переменных блока данных – на рисунке 41 (двойной клик по сгенерированному DB в директории Blocks).

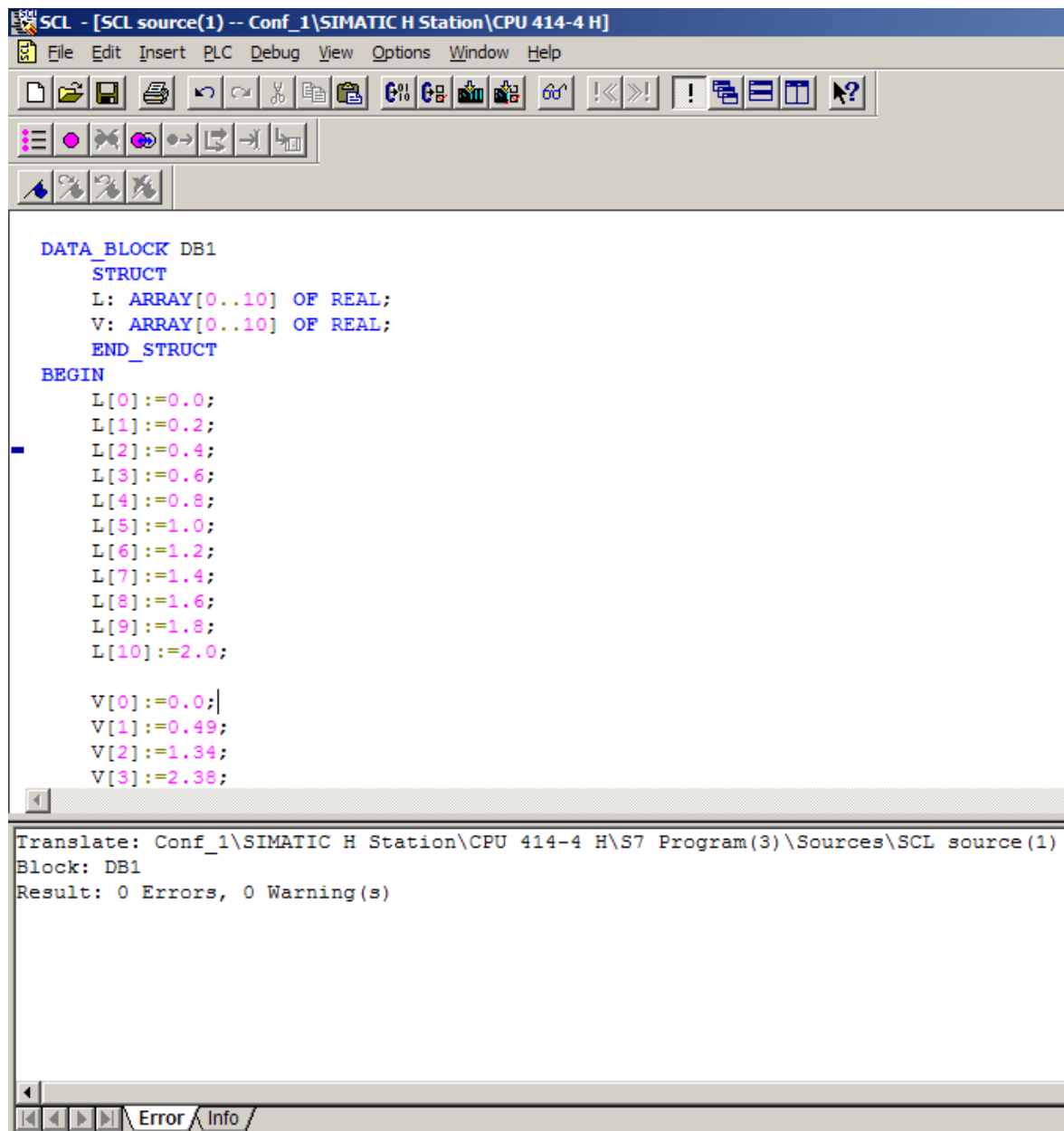


Рисунок 40 - Окно среды программирования на языке SCL

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	
84.0	V[10]	REAL	0.000000e+000	9.43	

Рисунок 41 - Мониторинг значений блока данных с тарифовочной таблицей

Для написания алгоритма, описывающего зависимость (1), создается еще один исходный файл. Его листинг также представлен в приложении И.

Алгоритм был успешно протестирован при различных входных значениях. На рисунке 42 показан пример теста в окне разработки чартовых диаграмм в режиме онлайн. Здесь показано использование самописного блока (листинг 2) FB44.

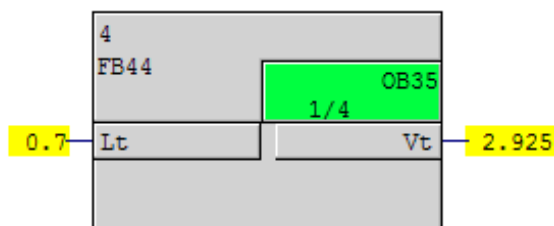


Рисунок 42 - Пример теста реализованного алгоритма тарифовки

Как видно из рисунка 42, при входном значении уровня в 0.7 м., аналитический объем среды в сепараторе составляет 2.925 м³, что соответствует аналитической зависимости (1).

13.4 Реализация алгоритмов автоматического регулирования по отклонению технологических процессов АСУГ АБСТ

13.4.1 Постановка задачи автоматического регулирования

Алгоритм предназначен для решения задачи автоматической защиты от переполнения в резервуарах путём регулирования клапанов наполнения.

Условием прекращения решения задачи автоматизированным способом (т. е. с участием оператора) является перевод контура регулирования с ручного режима в автоматический. В этом случае инициатором управляющего воздействия на регулирующий ИМ становится не оператор, а сам регулятор. Работоспособность датчиков регулируемых параметров обеспечивает слесарь КИПиА, а регулирующих ИМ – слесарь-ремонтник.

Подстройка регуляторов в дальнейшем может потребоваться при изменении инерционных свойств объекта регулирования.

На верхнем уровне АСУ регулятор представляется ползуном с возможностью числового ввода и индикации для изменения уставки, а также кнопкой переключения на ручной/автоматический режим регулирования.

13.4.2 Построение математической модели алгоритма

При решении задачи используется так называемая модель регулирования по отклонению [23], показанная в общем виде на рисунке 43, где y_z – заданное значение регулируемого параметра (уставка);
 y – актуальное (текущее) значение регулируемого параметра;
 ε – значение отклонения $y_z - y$.



Рисунок 43 - Структурная схема модели регулирования по отклонению

Объектом управления для данной конкретной задачи регулирования является полноценная система, состоящая из трех объектов: электропривода, регулирующего клапана и сепарационной емкости. Рассмотрим математическое описание каждого из этих объектов. В качестве допущения, исключим из описания инерционные силы – сухие трения рабочих органов, а также вязкие трения среды.

1. Электропривод Rotork IQML, управляющий положением регулирующего клапана, представляет собой трехфазный асинхронный двигатель с частотным преобразователем и расширенной обвязкой датчиков.

В ходе эксплуатации двигатель работает в единственном статическом режиме, т. к. нет нужды регулировать рабочую частоту вращения его вала. Поэтому в данной задаче нас не интересуют его внутренние параметры, детальное описание структуры, а также его подробное математическое описание, с точки зрения контура входного напряжения-выходной частоты.

При рассмотрении электропривода как составляющей компоненты разрабатываемой системы управления, разработчика интересует его выходная реакция (переходная характеристика частоты вращения вала) на ступенчатое воздействие, разрешающее пуск двигателя в его единственном используемом статическом режиме работы. Данная характеристика была получена эмпирически, после чего аппроксимирована до апериодического звена первого порядка, имеющего постоянную времени и коэффициент передачи, соответствующие реальному объекту.

Выходным параметром регулирующего клапана как объекта управления является коэффициент его открытия $a(t)$ (в долях или процентах,

в конкретном случае в долях, 1 – клапан открыт, 0 – закрыт, 0.5 – наполовину открыт),

$$a(t) = k_{кл} \cdot \Delta\varphi(t) + a_0, \quad (2)$$

где $\Delta\varphi(t)$ выражает угол относительного поворота клапана приводом (относительно начального положения) в радианах, a_0 – начальное положение клапана, а $k_{кл}$ – коэффициент пересчета радиан в доли открытия клапана.

$$\Delta\varphi(t) = \int \frac{\omega \ddot{\delta}}{T_{\ddot{e}e}} dt; \quad (3)$$

здесь $T_{кл}$ выражает полное время открытия клапана (от 0 до 100%), иначе постоянную времени клапана, $\omega_{пр}$ – постоянная частота вращения вала привода.

$\omega_{пр}$, является функцией воздействия u (4), разрешающего пуск двигателя.

$$T_{\ddot{\delta}} \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega \ddot{\delta}(t) \right) + \omega \ddot{\delta}(t) = k_{\ddot{\delta}} u(t); \quad (4)$$

Таким образом, структурная схема математической модели электропривода и регулирующего клапана, описываемая уравнениями (2) – (4), представляется на рисунке 44.

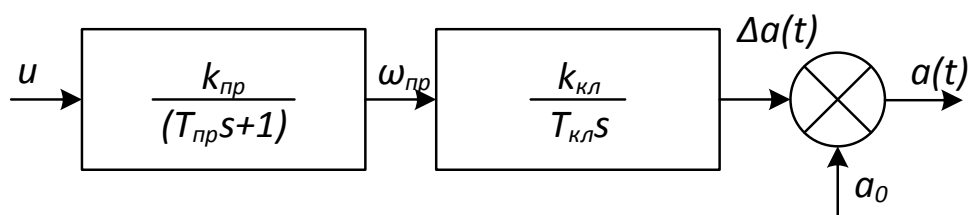


Рисунок 44 - Структурная схема мат. модели электропривода и клапана

2. Изменение объема среды в сепараторе равняется алгебраической сумме всех входящих и выходящих из него потоков среды. Для рассматриваемой системы этот процесс описывается уравнениями (5) или (6).

$$\frac{d}{dt} V(t) = \sum_n F_n(t) = F_{i\delta}(t) - F_{i\delta\hat{a}}(t) - F_{i\delta\hat{a}}(t); \quad (5)$$

$$V(t) = \int F_{i\delta}(t) - F_{i\delta\hat{a}}(t) - F_{i\delta\hat{a}}(t) dt, \quad (6)$$

где $V(t)$ – объем среды в сепараторе, м³;

$F_{np}(t)$ – приток среды в емкость, м³/с;

$F_{omz}(t)$ – отток отсепарированного газа, м³/с;

$F_{ome}(t)$ – отток воды из емкости, м³/с.

Расход воды из сепаратора регулируется регулирующим клапаном, математическое описание которого представлено выше. Уравнение (7) связывает параметры клапана и уровень среды в сепараторе, при небольших давлениях газа в сепараторе (около 0,01 МПа), без учета вязких трений [24].

$$F_{i\delta\hat{a}}(t) = S \cdot \sqrt{2g \cdot L(t)}; \quad (7)$$

здесь g – ускорение свободного падения; $L(t)$ – уровень среды в сепараторе. Площадь сечения оттока $S = k \cdot a$, где a – коэффициент открытия клапана в долях, k – коэффициент пересчета доли открытия клапана в площадь сечения оттока. Связь объема $V(t)$ и уровня $L(t)$ среды в сепараторах описывается нелинейной функцией, заданной таблицей 7.

Структурная схема нелинейной математической модели сепарационной емкости представлена на рисунке 45.

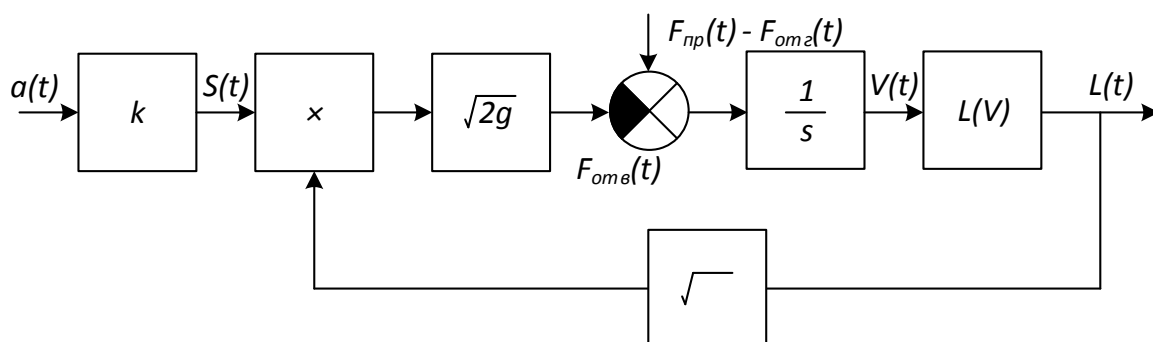


Рисунок 45 - Структурная схема сепарационной емкости АСУГ АБСГ

4. Разрабатываемый регулятор (см. рис. 43) управляет разрешением пуска электропривода. При построении регулятора не использовались методов ПИД-регулирования по следующим причинам:

- выход регулятора не является аналоговой величиной - может принимать значения -1, 0 и 1, в зависимости от необходимости пуска двигателя и направления его вращения;

- самый инерционный процесс в системе – интегрирование объема жидкости в сепараторе, на постоянную времени которого повлиять не представляется возможным; ПИД-регулирование не способно повысить качество требуемого переходного процесса в данной системе;

Идея построения данного регулятора заключается в следующем:

Регулятор системы имеет 2 режима работы, строго переключаемые логикой ПЛК; в первом режиме он запускает электропривод в нужном направлении, в зависимости от знака ошибки регулирования уровня $\varepsilon_1(t)$ и, соответственно, полностью открывает или закрывает регулирующий клапан (8) (это обеспечивает наименьшее время стабилизации уровня).

$$\varepsilon_1(t) = L_z - L(t). \quad (8)$$

При приближении ошибки к нулевому значению на заданную величину (определяется как мертвая зона, в качестве настроечного коэффициента синтезируемого регулятора, λ), логика регулятора переключается во второй режим работы.

Второй режим работы обеспечивает стабилизацию требуемого уровня среды в сепараторе. Говоря о стабилизации уровня, центральное место занимает процесс детектирования равновесного состояния клапана в каждый момент времени $a_p(t)$, которое описывает такое положение клапана, при котором сумма всех притоков в сепаратор равняется сумме всех оттоков из него (9) – условие стабилизации уровня в сепараторе.

$$F_{np}(t) = F_{отвp}(t) + F_{отz}(t); \quad (9)$$

С учетом уравнений (7) и (9), выражение $a_p(t)$ будет выглядеть следующим образом:

$$a_p(t) = \frac{F_{om\bar{p}}(t)}{k \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{L_3}} = \frac{F_{np}(t) - F_{om\bar{z}}(t)}{k \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{L_3}}. \quad (10)$$

Синтезируемый регулятор во втором режиме работы сравнивает текущее значение положения клапана с равновесным, в зависимости от знака разности, разрешая пуск электропривода в нужном направлении (11).

$$\varepsilon_2(t) = a(t) - a_p(t). \quad (11)$$

На построение данного регулятора вводится важное ограничение: величина мертвой зоны λ , которая порождает статическую ошибку регулирования в системе, выбирается таковой, чтобы время выхода уровня среды в сепараторе (время увеличения уровня при закрытом клапане, или уменьшения – при открытом) за пределы мертвой зоны было меньше времени, необходимого для перевода положения клапана в равновесное состояние ($\varepsilon_2(t)=0$), при любых экстремальных значениях необходимого изменения положения клапана, а также скоростях изменения уровня. Невыполнение данного требования не уводит систему из устойчивого состояния, тем не менее, в ряде экспериментов приводит к астатическим режимам работы, (в которых заклинивается электропривод), а также в десятки раз ухудшается время переходных процессов.

При изменении уставки по уровню системы, резких скачках входного давления в сепараторе, а также выходе из строя датчиков уровня в емкости, регулятор из второго режима работы переходит в первый.

Структурная схема регулятора, а также полная структурная схема математической модели разрабатываемой САУ АСУГ АБСГ представлены в приложении К.

13.4.3 Моделирование системы в Simulink

Необходимо промоделировать рассматриваемую систему (приложение К), с целью ее исследования в различных статических режимах и определения ширины мертвой зоны λ регулятора [25]. Численные значения параметров сведены в таблицу 10.

Модель исследуемой системы с указанными ниже числовыми коэффициентами в Simulink также представлена в приложении К.

Таблица 10 - Численные значения коэффициентов исследуемой системы

Параметр	Численное значение	Единица измерения	Примечание
$L_3(t)$	0.4	м	Для проверки достоверности модели при уменьшении уровня в сепараторе (статический режим 1)
	0.7	м	Для проверки достоверности модели при увеличении уровня в сепараторе (статический режим 2*) * эксперименты проводились для большего количества статических режимов
V_0	2.38	м ³	Соответствует начальному значению уровня $L_0 = 0.6$ м, согласно тарифовочной таблице; при моделировании таблица не использовалась, т. к. $L(V)$ была линеаризована
a_0	0.8		Начальное значение положения клапана
$F_{пр}(t)-F_{отг}(t)$	0.0204	м ³ /с	Постоянное значение алгебраической суммы прочих потоков в емкости, получено из анализа дебета скважин (данные в таблице 1)
λ	± 0.01	м	Ширина мертвой зоны; получено экспериментально. Минимальное достигнутое время ее прохождения (при максимальном нулевом значении уровня $L_0 = 2$ м) составило 9 секунд, в то время как полное открытие клапана (от 0 до 1) составляет 4 с
$k_{пр}$	-5000		Эмпирические значения для аппроксимации переходной характеристики электропривода в единственном используемом статическом режиме. Обеспечивают разгон до рабочей частоты 5000 с ⁻¹ за 1.5 с
$T_{пр}$	0.5	с	
k	0.01	м ²	При радиусе проходного сечения спускного клапана 0.056 м в открытом состоянии, площадь полного сечения соответствует 0.01 м ²
$(2g)^{0.5}$	4.427	м ^{0.5} с	
$k_{кл}/T_{кл}$	0.00005	с ⁻¹	Обеспечивает полное открытие клапана за 4 с

На рисунках 46-47 представлена переходная характеристика уровня $L(t)$ в сепараторе для статических режимов 1-2. На рисунках 48-49 - переходная характеристика статической ошибки регулирования уровня $\varepsilon_1(t)$ для этих режимов (не более 0.01 м). Рисунки 50-51 показывают изменение ошибки $\varepsilon_2(t)$ – перерегулирование на 80/31 с. означает переключение регулятора во второй режим работы; дальнейшее устранение ошибки – результат движения системы к равновесному положению клапана. Рисунки 52-53 отображают графики переключения регулятора из первого режима работы во второй.

Рисунок 54 иллюстрирует переходную характеристику положения клапана во втором статическом режиме. Первый линейный участок графика моделирует полное закрытие клапана из начального положения «открыт на 80%», для максимизации скорости притока среды в сепаратор, с целью повышения уровня. Второй линейный участок, на котором сохраняется положение «клапан закрыт», сохраняется до приближения текущего уровня в сепараторе к уставке на 0.01 м. Третий участок моделирует поведение системы при переходе регулятора во второй режим работы, при открытии клапана в равновесное положение. Четвертый участок – стабилизация положения клапана в равновесном состоянии, ведущая за собой переход системы к установившемуся заданному значению уровня среды в сепараторе.

По результатам анализа переходных процессов в системе можно сделать вывод о целесообразности предпочтения данного двухконтурного регулятора одноконтурному. Его использование делает выходную функцию изменения уровня статической (при одноконтурном регулировании, на выходе системы наблюдался бы устойчивый динамический процесс), а также минимизирует расходы электроэнергии на периодический запуск электропривода, с целью корректировки выходного уровня при устойчивых динамических колебаниях выходной величины. Введение в контур регулирования равновесного значения положения клапана в сотни раз уменьшает период нарастания ошибки регулирования, уменьшая периодичность требуемого для регулировки пуска привода.

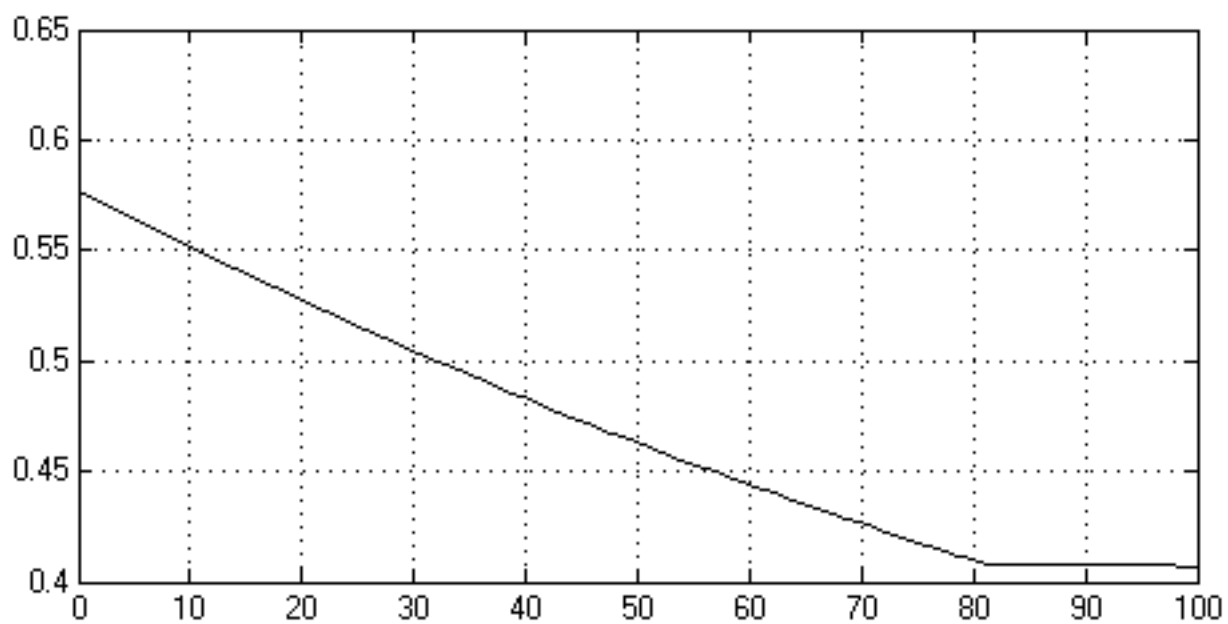


Рисунок 46 - Переходная характеристика текущего уровня в сепараторе в статическом режиме 1

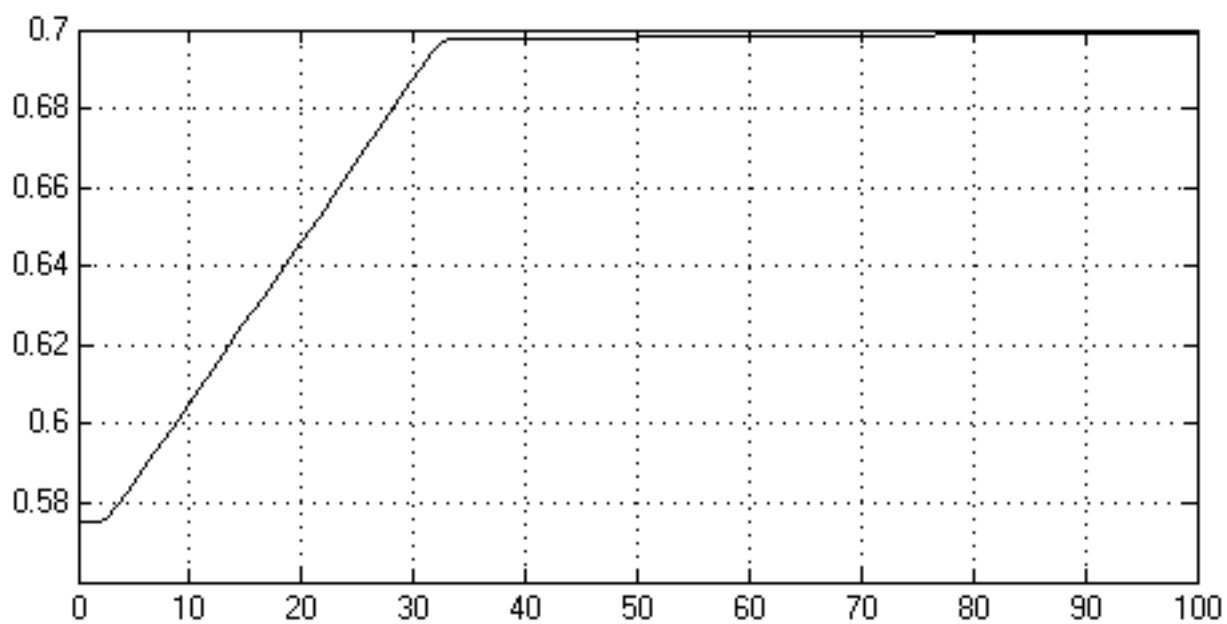


Рисунок 47 - Переходная характеристика текущего уровня в сепараторе в статическом режиме 2

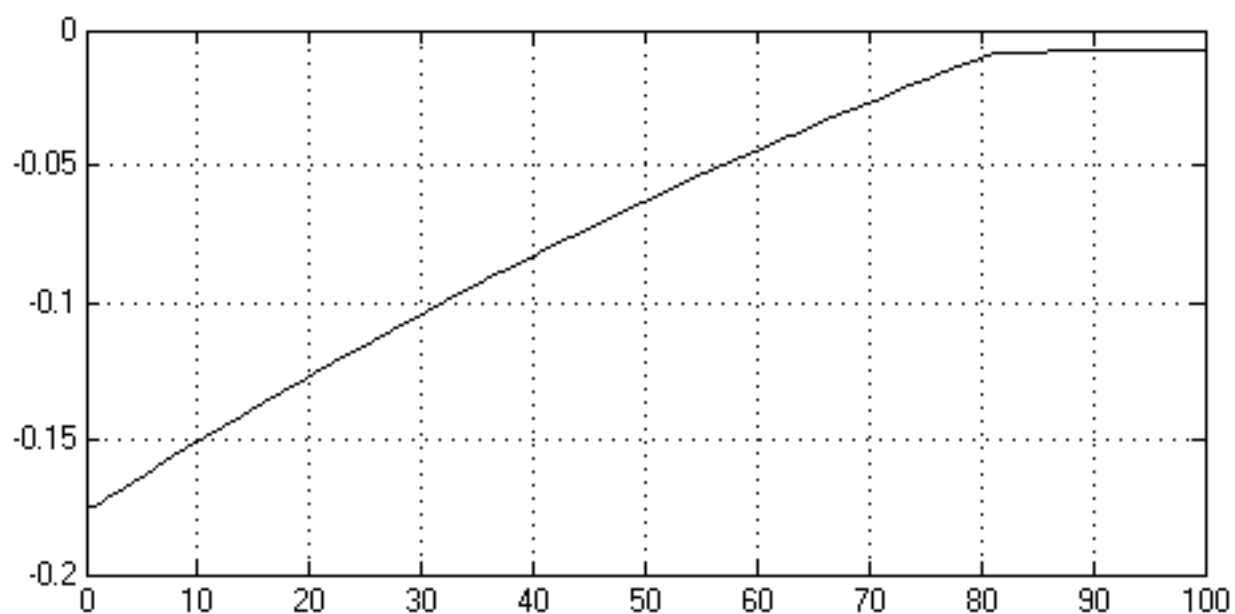


Рисунок 48 - Переходная характеристика ошибки регулирования по уровню в статическом режиме 1

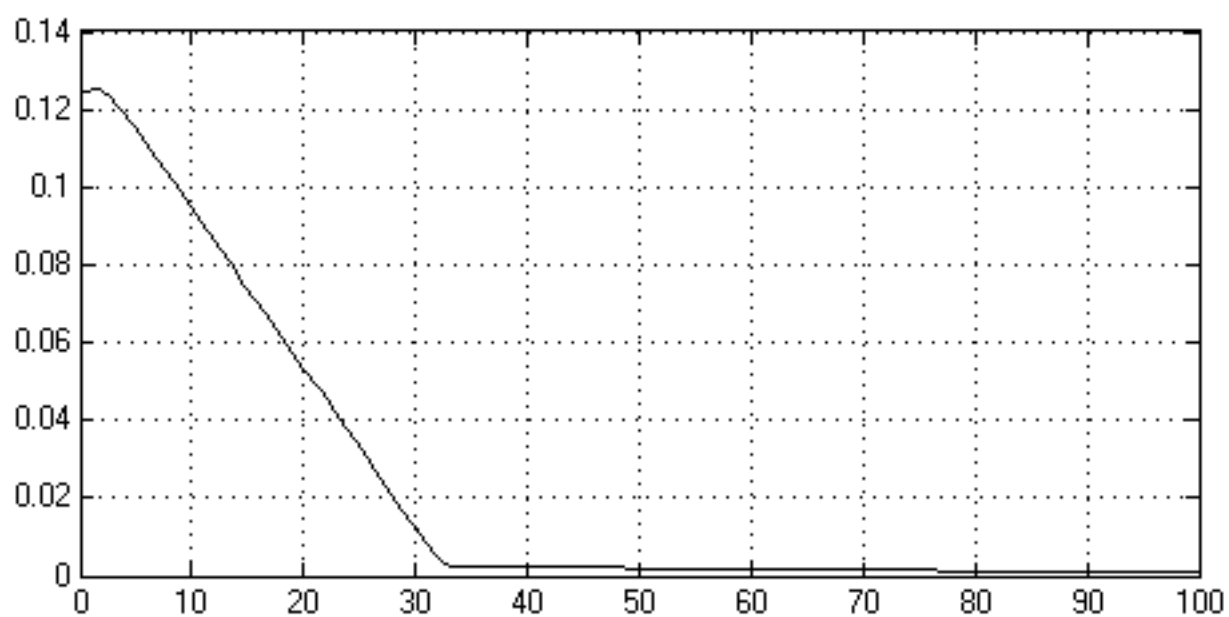


Рисунок 49 - Переходная характеристика ошибки регулирования по уровню в статическом режиме 2

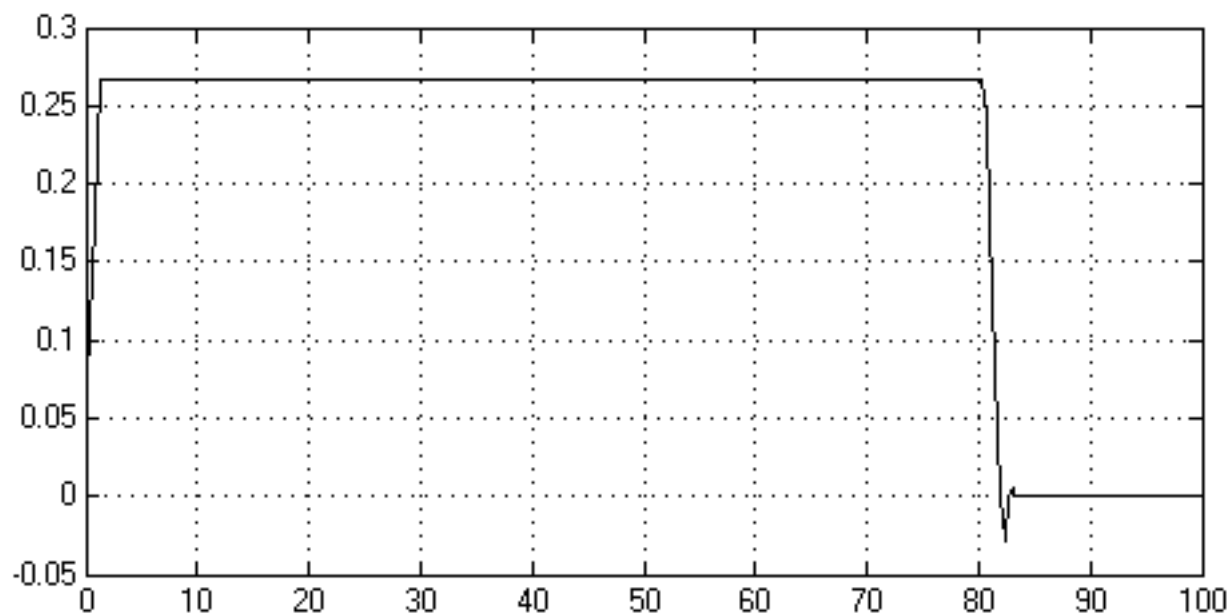


Рисунок 50 - Переходная характеристика отклонения от равновесного состояния клапана в статическом режиме 1

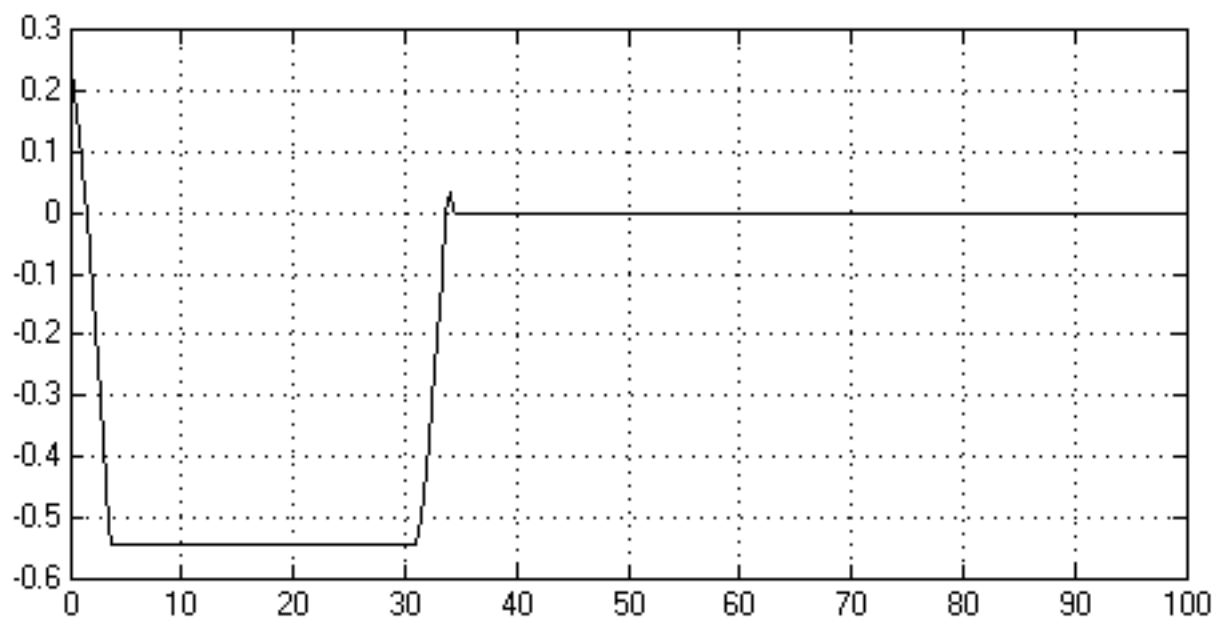


Рисунок 51 - Переходная характеристика отклонения от равновесного состояния клапана в статическом режиме 2

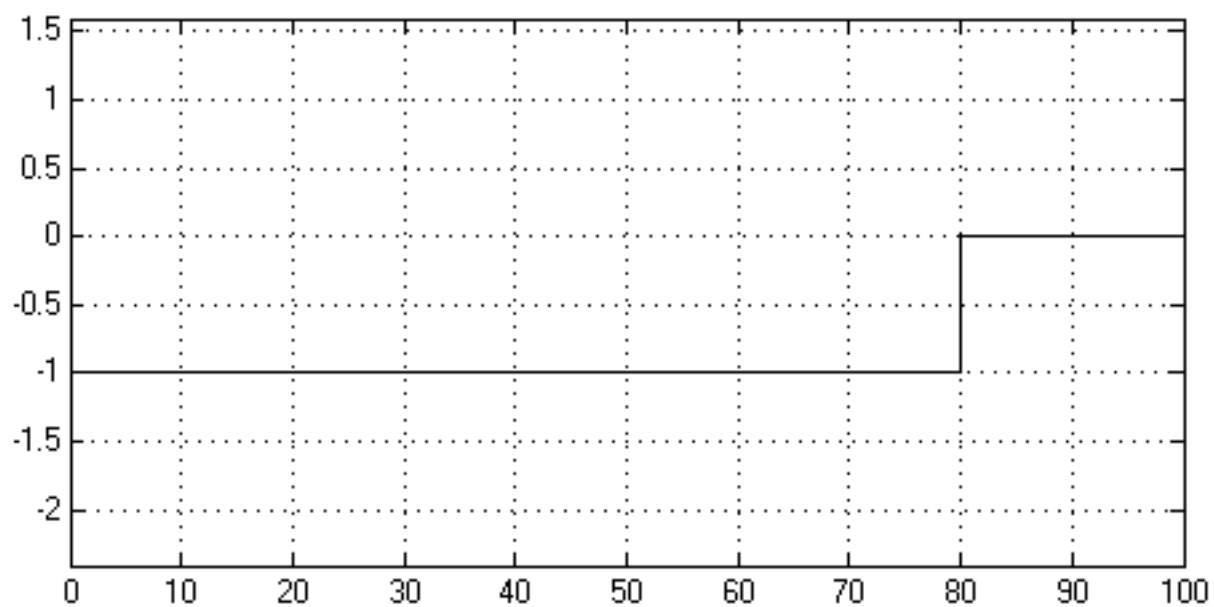


Рисунок 52 - Смена режима работы регулятора в статическом режиме 1

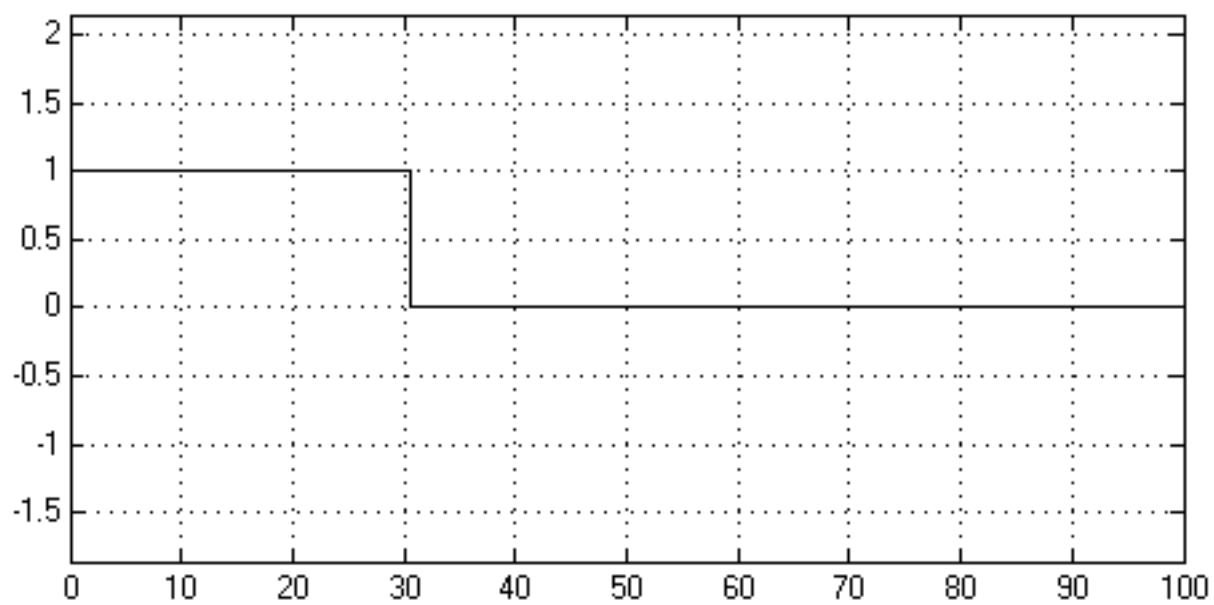


Рисунок 53 - Смена режима работы регулятора в статическом режиме 2

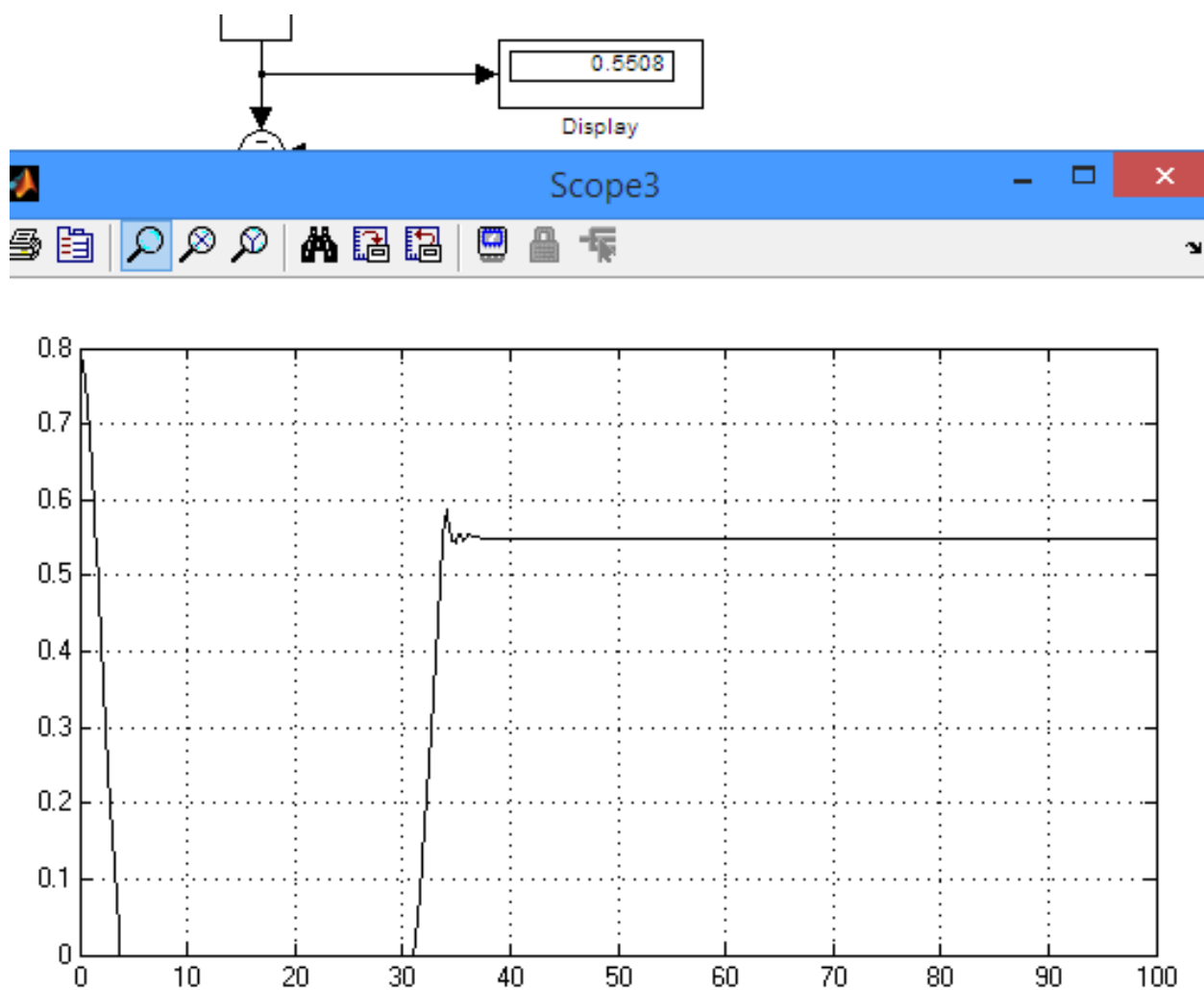
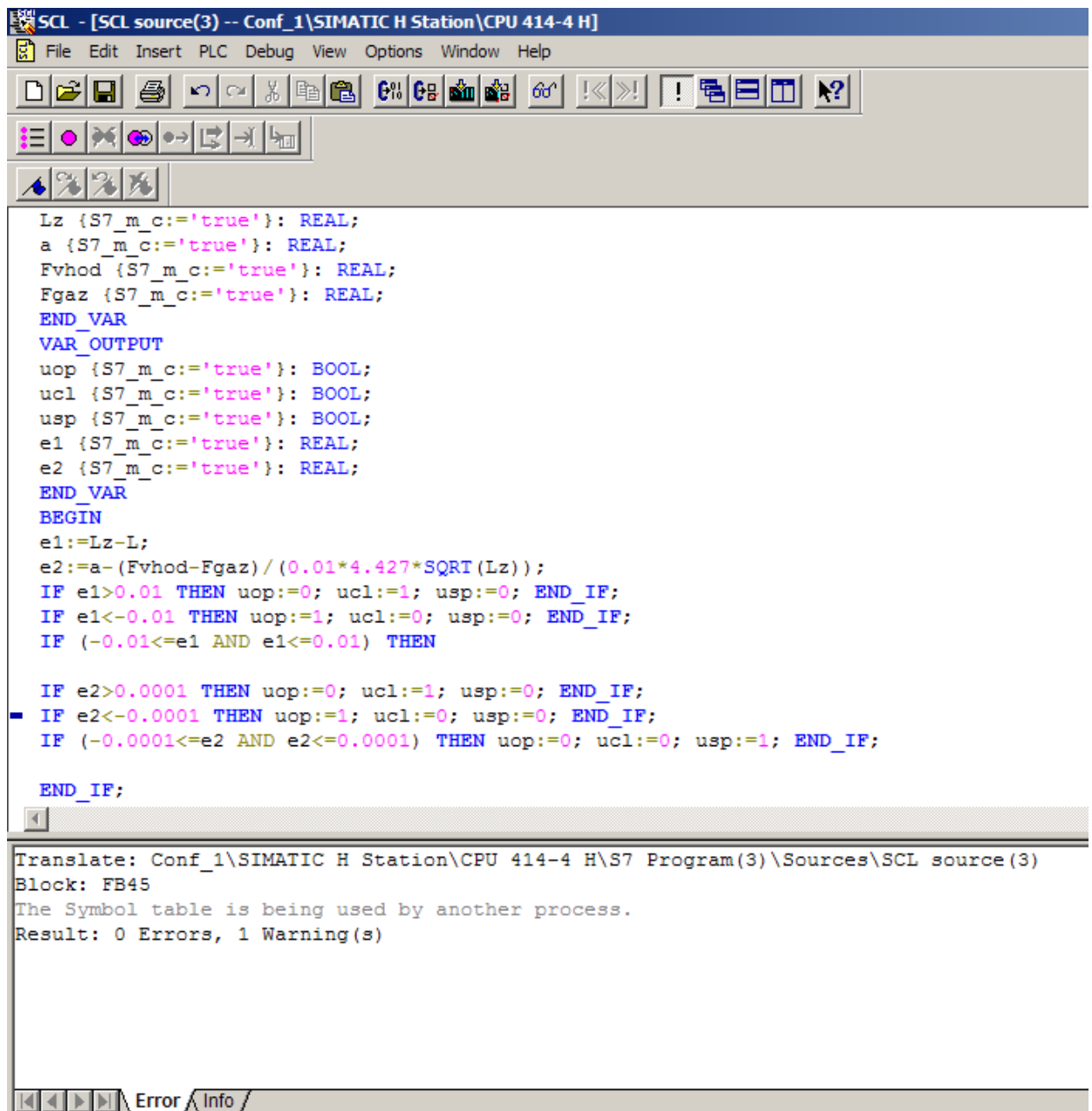


Рисунок 54 - Положение регулирующего клапана в статическом режиме 2

13.4.4 Реализация алгоритма в Simatic PCS

В разрабатываемый проект контроллерной станции добавляется новый исходный код для функционального блока, реализующего регулятор, показанный в приложении К. Его листинг представлен в приложении И.

Окно редактора программного кода на языке SCL в Simatic PCS представлено на рисунке 55. В приложении Ж представлена чартовая диаграмма алгоритма на языке CFC, с использованием самописного блока.



```
Lz {S7_m_c:='true'}: REAL;
a {S7_m_c:='true'}: REAL;
Fvhod {S7_m_c:='true'}: REAL;
Fgaz {S7_m_c:='true'}: REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
uop {S7_m_c:='true'}: BOOL;
ucl {S7_m_c:='true'}: BOOL;
usp {S7_m_c:='true'}: BOOL;
e1 {S7_m_c:='true'}: REAL;
e2 {S7_m_c:='true'}: REAL;
END_VAR
BEGIN
e1:=Lz-L;
e2:=a-(Fvhod-Fgaz)/(0.01*4.427*SQRT(Lz));
IF e1>0.01 THEN uop:=0; ucl:=1; usp:=0; END_IF;
IF e1<-0.01 THEN uop:=1; ucl:=0; usp:=0; END_IF;
IF (-0.01<=e1 AND e1<=0.01) THEN

IF e2>0.0001 THEN uop:=0; ucl:=1; usp:=0; END_IF;
IF e2<-0.0001 THEN uop:=1; ucl:=0; usp:=0; END_IF;
IF (-0.0001<=e2 AND e2<=0.0001) THEN uop:=0; ucl:=0; usp:=1; END_IF;

END_IF;
```

Translate: Conf_1\SIMATIC H Station\CPU 414-4 H\S7 Program(3)\Sources\SCL source(3)
Block: FB45
The Symbol table is being used by another process.
Result: 0 Errors, 1 Warning(s)

Рисунок 55 - Процесс реализации алгоритма регулирования уровнем в сепараторах АСУГ АБСГ

13.5 Реализация алгоритмов ПАЗ оборудования АСУГ АБСГ

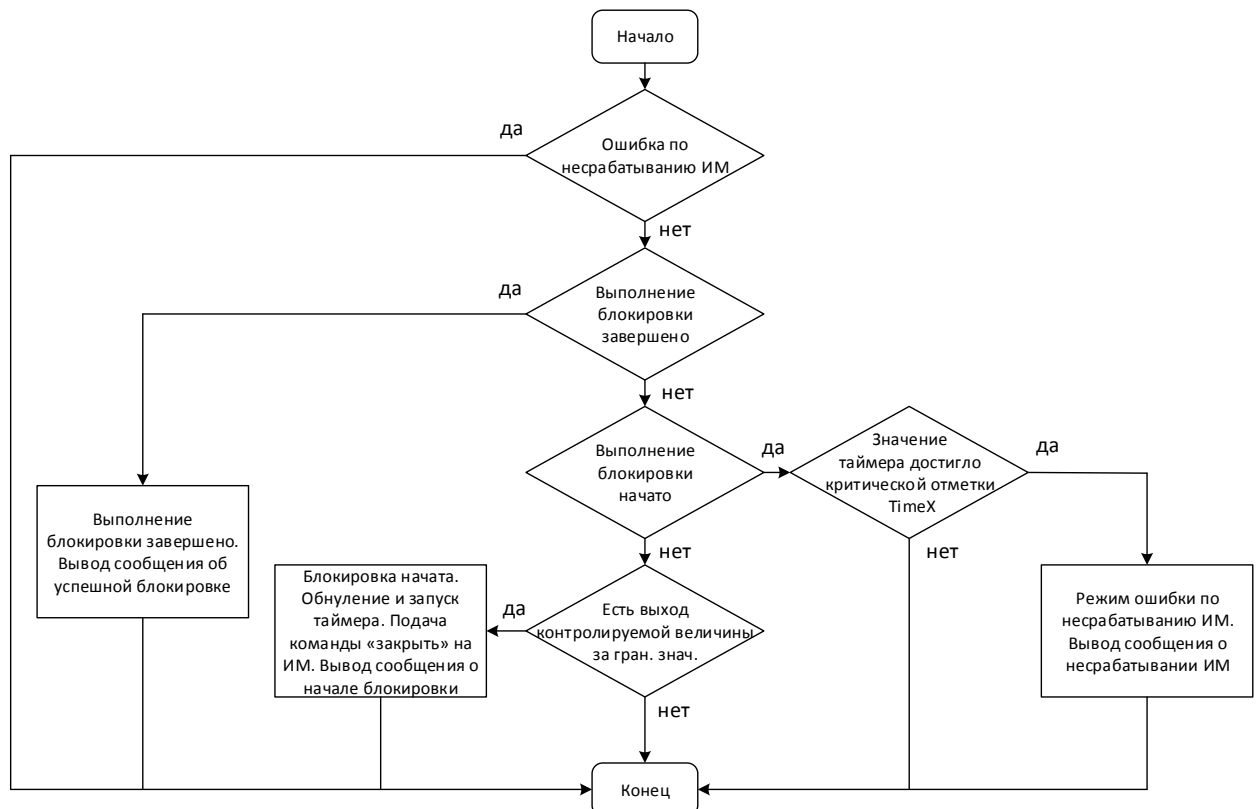
13.5.1 Постановка задачи реализации ПАЗ

Задача предназначена для автоматического выполнения следующих операций:

- контроля технологических параметров АСУГ АБСГ, участвующих в инициировании блокировок работы оборудования;
- сигнализации оператору АСУ ТП о возникновении условий инициирования блокировок;
- выполнения команд блокировок работы оборудования;
- сигнализации оператору АСУ ТП о завершении блокировок;
- сигнализации оператору АСУ ТП о несрабатывании исполнительных механизмов, участвующих в реализации алгоритмов блокировок, при выполнении блокировок или проведении аварийного останова.

13.5.2 Построение алгоритма реализации ПАЗ

Алгоритм реализации всех контуров ПАЗ, описываемых таблицей 11, представлен на рисунке 56.



13.5.3 Реализация алгоритма в Simatic PCS

Рассмотрим пример построения алгоритма для контура PISA 15 (см. ФСА, приложение Б). Алгоритм реализуется с использованием стандартных компонентов библиотеки функциональных блоков Simatic PCS. Его чартовая диаграмма представлена в приложении Ж. Она соответствует алгоритму, представленному на рисунке 56. 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.

13.6 Реализация алгоритмов автоматизации учета СУГ

13.6.1 Постановка задачи реализации автоматического учета

Задача предназначена для учета количества газа, используемого для наполнения баллонов и автоцистерн. В качестве источников входной информации выступают следующие датчики расхода:

- F1 – приход СУГ с железнодорожной эстакады (основной приход);
- F2 – расход СУГ на наполнение баллонов (расход НКО);
- F3 – расход СУГ на наполнение автоцистерн.

Необходимо реализовать алгоритмы автоматического учета производительности АСУГ АБСГ по расходу газа в сутки (по часам), за месяц (посуточно), а также за год (по месяцам).

13.6.2 Математическое описание алгоритма

Учет количества газа, проходящего через АСУГ АБСГ, ведется интегрированием (суммированием) по времени усредненных соответствующих текущих расходов газа. Количество газа F_t (м³) за время t определяют по формулам (12)-(15).

$$F_{\div} = \sum_{t=1}^{3600} F_{\tilde{r}}; \quad (12)$$

$$F_{\tilde{r}\acute{o}\grave{o}} = \sum_{t=1}^{24} F_{\div}; \quad (13)$$

$$F_{\grave{i}\grave{a}\tilde{n}} = \sum_{t=1}^{\ddot{a}} F_{\tilde{r}\acute{o}\grave{o}}; \quad (14)$$

$$F_{\tilde{a}} = \sum_{t=1}^{12} F_{\grave{i}\grave{a}\tilde{n}}. \quad (15)$$

Здесь F_c – показания датчиков расхода, м³/с.

13.6.3 Реализация алгоритма в Simatic PCS

Рассмотрим пример построения алгоритма общего почасового учета производительности АСУГ АБСГ за сутки по расходу из общего трубопровода газа на выходе из сепарационного блока.

Создадим новый пользовательский блок данных DB2 (рисунок 57), 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, содержит текущий час.

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		

Рисунок 57 - Окно мониторинга переменных блока данных DB2

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

Чартовая диаграмма алгоритма представлена в приложении Ж. Здесь следует обратить внимание на функцию SFC1 (READ_CLK), которая считывает и передает системное время, а также на работу самописного блока FB46 в цикле OB30, обеспечивающему частоту опроса датчиков в 5 с.

14 Создание HMI проекта АСУГ АБСГ в WinCC

14.1 Подготовка проекта WinCC

Добавим в проект PCS станцию ПК – Insert New Object/Simatic PC Station, после чего переименуем ее, задав имя компьютера (Мой компьютер/Свойства/Имя компьютера).

Откроем утилиту HW Config (Configuration в Simatic Manager, в ветке Simatic PC Station) и добавим в проект, в качестве компонентов, модуль WinCC Application (из библиотеки HMI), а также модуль IE General (из библиотеки Industrial Ethernet, см. рисунок 58).

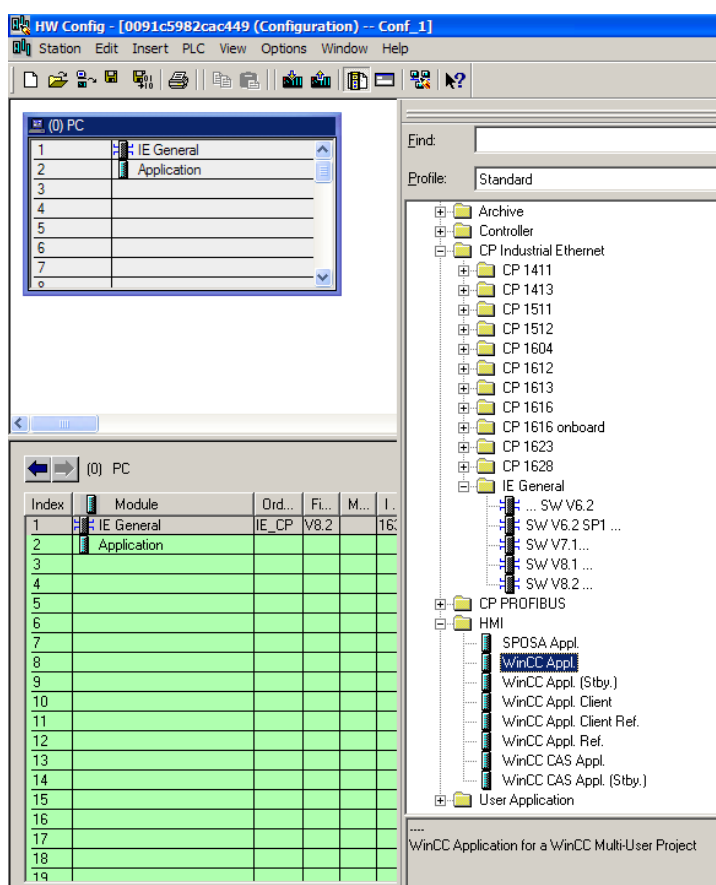


Рисунок 58 - Настройка PC в HW Config

В появившемся диалоговом окне настройки модуля IE General укажем IP-адрес сетевой карты компьютера, как показано на рисунке 59, предварительно сменив его, добавив в подсеть контроллерной станции. MAC

адрес здесь указывать нежелательно. После выполнения описанных операций, проект компилируется.

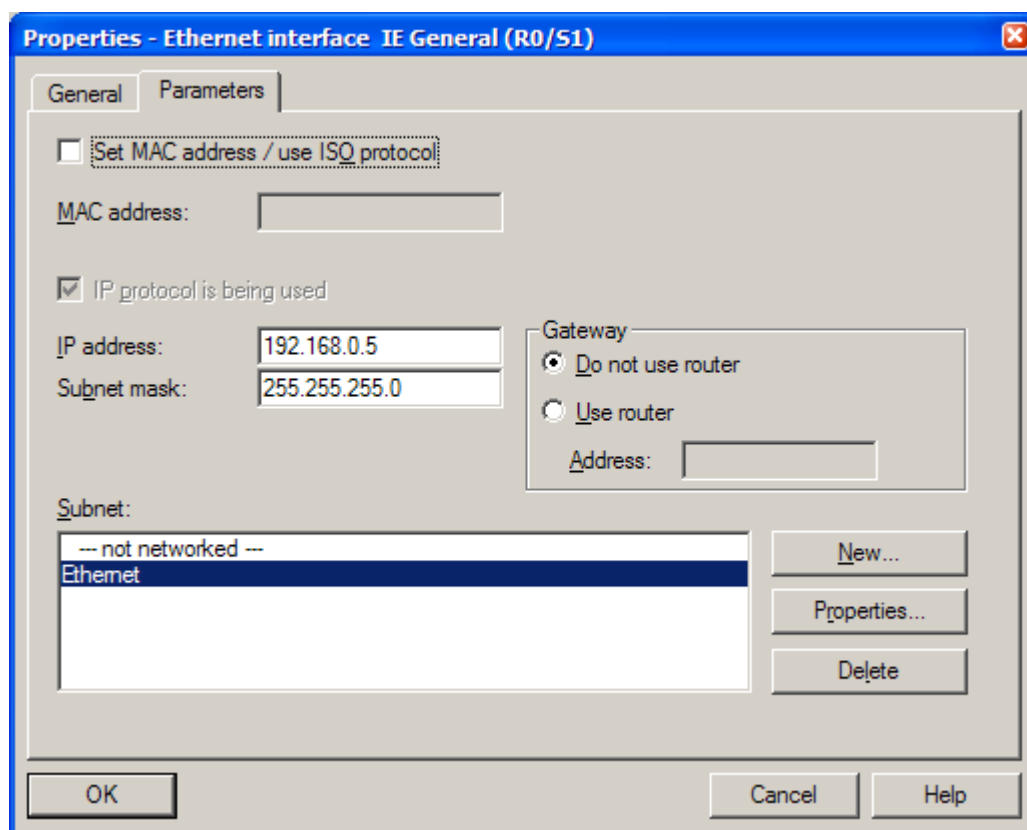


Рисунок 59 - Настройка сетевой карты в Simatic PCS

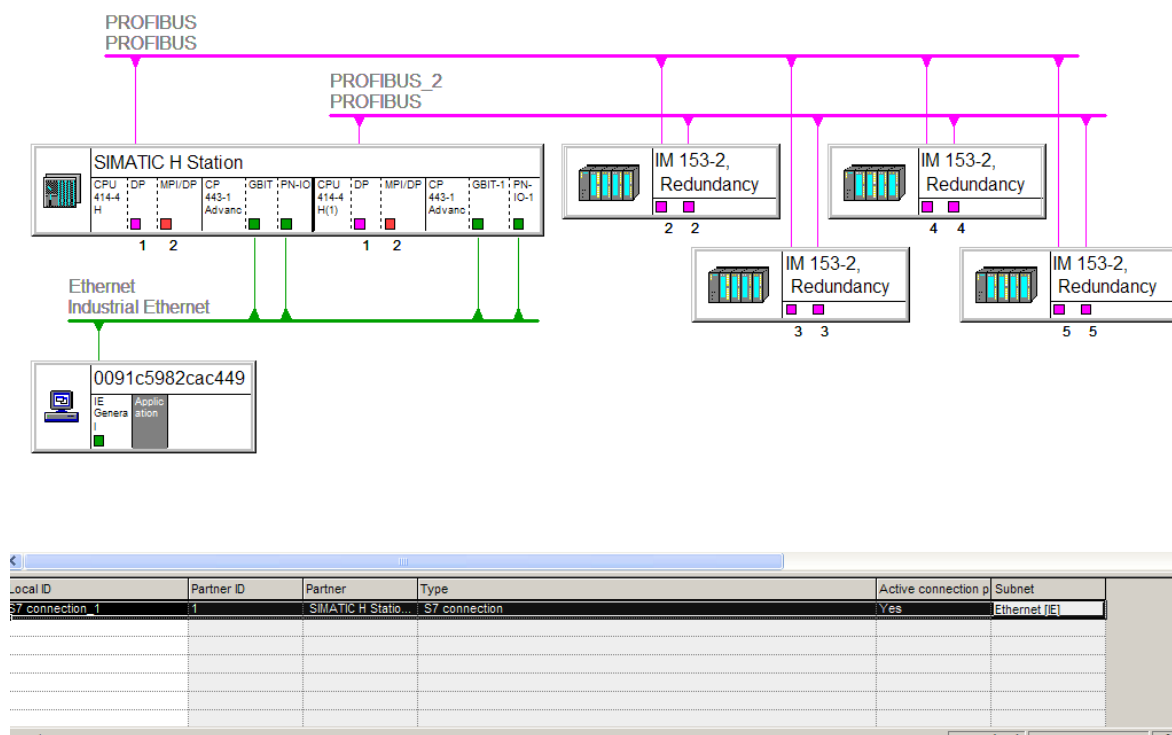


Рисунок 60 - Завершение конфигурирования PC-станции

В NetPro (Configure Network в Simatic Manager), добавляется новое соединение S7_Connection между WinCC Application и H-станцией, как показано на рисунке 60. После чего конфигурация сети компилируется и заливается в контроллер (примечание: конфигурации H и PC-станций нужно заливать отдельно, выделяя соответствующие блоки и нажимая кнопку Download). При компиляции, NetPro создает *.xdb-файл, который вручную импортируется кнопкой Import Station в утилите Station Configuration Editor (рисунок 61).

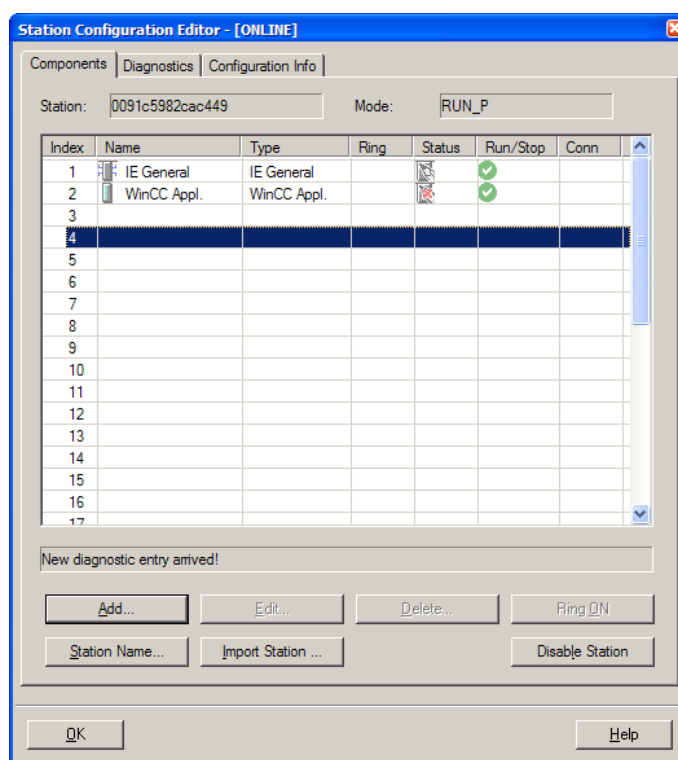


Рисунок 61 - Окно Station Configuration Editor

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 62. После успешной компиляции, двойной клик по созданному объекту Picture откроет созданный проект WinCC, с необходимыми внешними тегами.

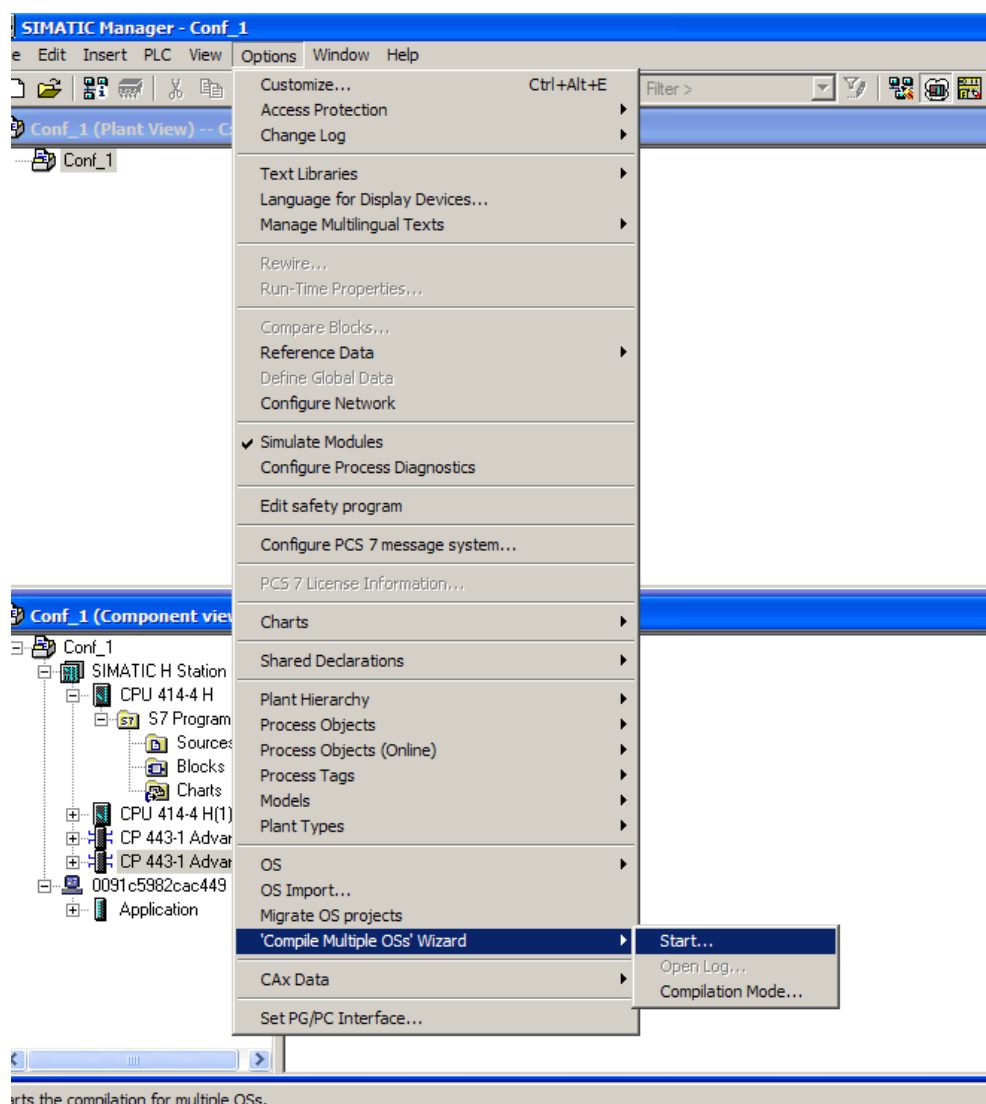


Рисунок 62 - Процесс передачи PLC-тегов на SCADA уровень. Завершение создания проекта WinCC

14.2 Разработка экранных форм SCADA проекта

14.2.1 Описание графических элементов SCADA

Цвета, применяемые на видеокадрах

В таблице 12 представлены все цвета, используемые в отображении графических элементов видеокадров, а в таблице 13 – цветовое обозначение трубопроводов по NUREG-0700 [26].

Таблица 12 - Кодировка цветов

Цвет	Название	Код RGB
	Белый	255, 255, 255
	Сине-зеленый	0,128,128
	Голубой	0, 112, 192
	Синий	0, 0, 128
	Желтый	255, 255, 0
	Ярко зеленый	0, 255, 0
	Красный	255, 0, 0
	Розовый	255, 0, 255
	Коричневый	55, 55, 0
	Серый	128, 128, 128
	Черный	0, 0, 0

Таблица 13 - Цветовое и буквенное кодирование трубопроводов

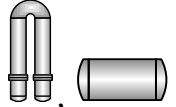
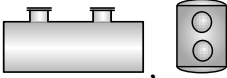
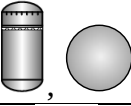
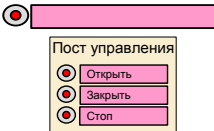
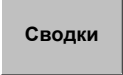
Наименование продуктопровода	Цвет	
Газ (метанол)	 Г 	Желтый
Вода из сепараторов	 ВС 	Синий
Дренаж	 Д 	Серый
Вода (теплоноситель)	 В 	Голубой
Нефтегазоводяная смесь	 НГ 	Коричневый

Условные графические обозначения элементов

В таблице 14 приведены условные графические обозначения элементов.

Таблица 14 - Графические обозначения используемых элементов

Обозначение	Описание
	Устройство регулирующее (дресселирующее)
	Задвижка с ручным приводом

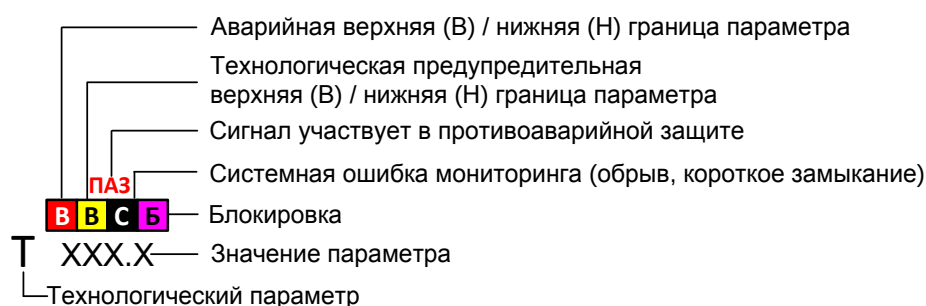
Обозначение	Описание
	Регулятор прямого действия
	Отсечной клапан, задвижка с электроприводом
	Клапан запорно-регулирующий с электроприводом
	Газовая скважина
	Счетчик газа
	Насос
	Пост световой сигнализации системы контроля загазованности
	Пост звуковой сигнализации системы контроля загазованности
	Свеча
	Теплообменник
	Емкость дренажная
	Сепаратор
	Бак расширительный мембранный
	Пост управления кнопочный
	Кнопка навигации по видеокадрам

Условные обозначения динамических элементов

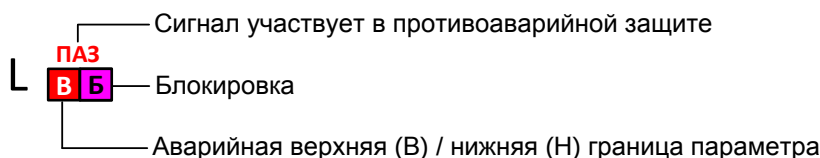
На чертежах форм документов и видеокадрах технологические параметры обозначаются буквами согласно ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах»:

Р - давление;
Т - температура;
F - расход;
L - уровень;
Q - концентрация.
-

Аналоговый параметр отображается следующим образом:



Дискретный параметр - сигнализация состояния технологических параметров обозначается следующим образом:



Состояние клапанов, задвижек, постов сигнализации, насосов и других динамических графических элементов на видеокадре можно определить по изменению их цвета, миганию и появлению определенных символов рядом с изображением исполнительного механизма (см. таблицу 15).

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

Запорная арматура отображается следующим образом:

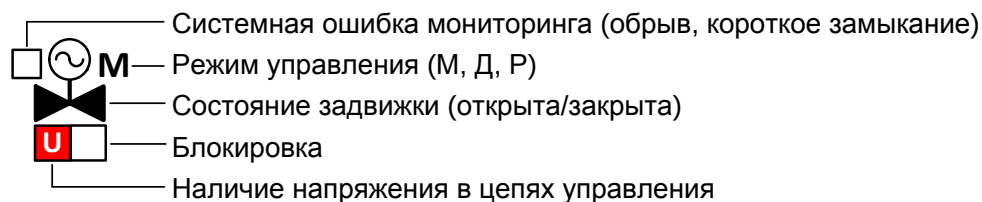
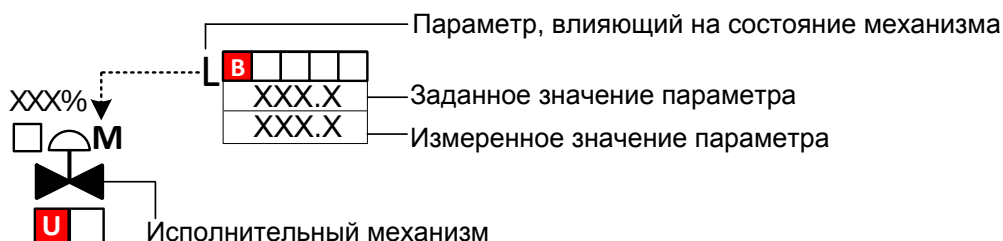


Таблица 15 - Цветовое кодирование состояний запорной арматуры

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

Контур регулирования аналоговых величин на видеокадрах показывается следующим образом:



14.2.2 Чертежи видеокадров

В приложении Л представлены следующие чертежи видеокадров АСУГ АБСГ « »:

- видеокадр общего вида АСУГ АБСГ;
- видеокадр площадки сепараторов;
- видеокадр сводок производительности АСУГ АБСГ.

Часть 3. Учет прочих составляющих проекта АСУГ АБСГ

15 Изменения в организационной структуре предприятия

АСУ ТП АСУГ АБСГ является новой системой, вводимой на производстве, и, соответственно, на текущий момент не определены функциональные обязанности обслуживающего ее персонала.

Схема обслуживающей АСУ ТП АСУГ АБСГ подсистемы организационного аппарата представлена на рисунке 63.

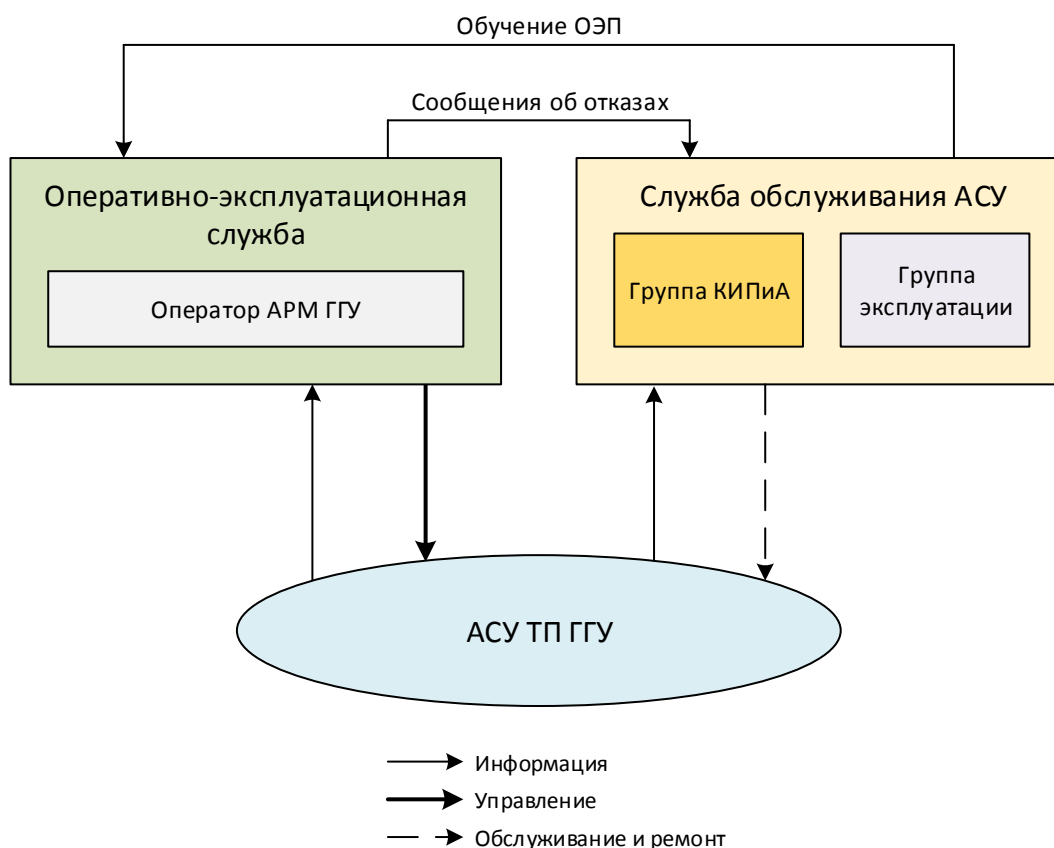


Рисунок 63 - Схема подсистемы орг. структуры АСУ ТП АСУГ АБСГ

С целью обеспечения надежного функционирования требуется наличие персонала:

- оперативно-эксплуатационного – пользователей (операторов) АСУ ТП;

- обслуживающего – специалисты по обслуживанию АСУ ТП АСУГ АБСГ, а также специалисты КИПиА.

15.1 Оперативно-эксплуатационный персонал

- выполняет оперативный централизованный контроль работы объектов и оборудования АСУ 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 АСУ ТП АСУГ АБСГ.

При вводе в действие АСУ ТП АСУГ АБСГ и эксплуатации кадровый состав оперативно-производственного персонала АСУГ АБСГ должен состоять, по меньшей мере, из трех операторов АРМ АСУГ АБСГ. Режим работы круглосуточный, трехсменный.

Оператор должен знать:

- организацию структуры ПТС;
- порядок обращения с программным обеспечением элементов системы автоматизации;
- пользовательские функции АРМ;
- порядок обращения с проектной документацией;
- принципы расчетов, производимых прикладным программным обеспечением;
- устройство средств автоматизации и их размещение;
- характеристики интеллектуальных устройств средств автоматизации полевого уровня;
- организацию электропитания средств АСУ;
- организацию сервисных функций ПТС, принципы диагностирования элементов систем автоматизации и каналов связи.

Перед началом работы проводится обучение пользователей АСУ ТП АСУГ АБСГ. Во время эксплуатации необходимо периодически проводить проверку знаний пользователей АСУ ТП АСУГ АБСГ.

Перечень работ, производимых оперативно-эксплуатационным персоналом представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Регламентные работы, проводимые персоналом эксплуатации АСУ ТП

Наименование работ	Периодичность
<u>АРМ оператора</u>	
1.1 Сверка и корректировка системного времени	Ежедневно
1.2 Проверка состояния файловой системы	Ежедневно
1.3 Резервное копирование проекта	1 раз в 3 месяца
1.4 Проверка работоспособности устройств	Еженедельно
1.5 Проверка линий и устройств ЛВС	Еженедельно
1.6 Очистка монитора и клавиатуры	Еженедельно
1.7 Резервное копирование списка аварийных сообщений	1 раз в 2 недели
<u>Программно-логические контроллеры, коммуникационное оборудование</u>	
2.1 Проверка заземления	1 раз в год
2.2 Проверка работоспособности	1 раз в месяц
2.3 Калибровка измерительных каналов	1 раз в год
2.4 Замена аккумуляторов ИБП	1 раз в 3 года

15.2 Специалисты по обслуживанию АСУ

- обеспечивают работу АСУ ТП АСУГ АБСГ в нормальном режиме;
- осуществляют общее сопровождение АСУ ТП АСУГ АБСГ;
- проводят обучение оперативно-производственного персонала по использованию средств АСУ ТП АСУГ АБСГ;

- контролируют ведение технического обслуживания, документации и выполнения технологического регламента;
- участвуют в приемке объемов выполнения работ, в том числе с подрядными организациями;
- проводят техническое руководство и контроль правильной эксплуатации комплекса технических средств (КТС) АСУ ТП АСУГ АБСГ;
- обеспечивают организацию бесперебойной и надежной эксплуатации КТС;
- разрабатывают на основе Положения о планово-предупредительном ремонте (ППР) годовые, квартальные и месячные планы и графики всех видов профилактических и ремонтных работ оборудования КТС, а также контроль и качество их выполнения;
- разрабатывают и организывают внедрение мероприятий по предотвращению несанкционированных аварий КТС, а также разбор аварий, в дальнейшем их предупреждение или ранее выявление и устранение причин и последствий;
- разрабатывают нормы расхода основных и вспомогательных материалов и комплектующих изделий для ремонтно-эксплуатационных нужд;
- ведут учет расходуемых материалов и запчастей, определяют потребности в них, подготавливают заявки и своевременно подают их в отдел материально-технического снабжения.

Персонал по обслуживанию АСУ ТП АСУГ АБСГ делится на:

- обслуживания КИПиА;
- эксплуатации АСУ ТП АСУГ АБСГ.

Обеспечение функционирования АСУ ТП осуществляется группа КИПиА (шесть штатных единиц. Режим работы – трехсменный), в функции которой входит:

- эксплуатация технических и программных средств АСУ 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 АСУ ТП;
- методическое руководство ОПП по использованию средств АСУ ТП;
- проведение совместно с организациями-разработчиками испытаний АСУ ТП;
- совместно с организациями-разработчиками внедрение новых и совершенствование существующих алгоритмов и программ по контролю и управлению процессом предварительной подготовки газа.

В группу эксплуатации АСУ ТП АСУГ АБСГ входят:

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

Инженер-программист обязан:

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

Перед началом работы с АСУ ТП АСУГ АБСГ инженер-программист обязан пройти курс обучения (с получением сертификатов):

- по программному обеспечению АСУ ТП АСУГ АБСГ;

- по техническому обслуживанию АСУ ТП АСУГ АБСГ

Инженер-электронщик обязан:

- проводить техническое обслуживание ПТК АСУ ТП АСУГ АБСГ;
- 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 АСУ ТП АСУГ АБСГ инженер-электронщик обязан пройти курс обучения (с получением сертификата) по техническому обслуживанию ПТК.

16 Социальная ответственность

В разделе 15 предложен рекомендуемый штат сотрудников, обеспечивающих работу АСУ ТП АСУГ АБСГ, состоящий из 11 единиц, 5 из которых работают в одну смену, по месту расположения комплекса технических средств АСУГ АБСГ (приложение Г), а также на объектах автоматизации.

При организации рабочего места необходимо однозначно решить вопросы производственной безопасности, эргономики, промышленной санитарии в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (НТД). Производственные здания сооружения, оборудование, технологические процессы должны отвечать всем требованиям, обеспечивающим здоровые и безопасные условия труда. При этом необходимо рационально и правильно использовать производственные помещения, обеспечивать защиту работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов, содержать рабочие места в строгом соответствии с санитарно-гигиеническими нормами и правилами.

16.1 Соблюдение санитарных норм на территории АСУГ АБСГ и редуцирование вредных производственных факторов

Производится анализ основных элементов производственного процесса на предмет образования вредных производственных факторов АСУГ АБСГ. Результаты анализа сведены в таблицу 17.

Таблица 17 - Вредные факторы, связанные со спецификой производственного процесса

Группа фактора	Подгруппа	Вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ	Нормативные документы
Физические	Электро-безопасность	Повышенное электромагнитное излучение	ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ [27];
		Статическое электричество	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [28]
	Освещенность	Пониженный уровень освещенности	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [29]
		Работа за ЭВМ	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [30]
	Шум	Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ [31]
	Воздушная среда	Пониженная подвижность воздуха	ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.) ССБТ [32]
		Пониженная температура воздуха рабочей зоны	
Психофизиологические	Нервно-психические перегрузки	Монотонность труда	Р 2.2.2006-05 [33]
		Эмоциональные нагрузки	
		Умственное перенапряжение	
		Перенапряжение зрительных и слуховых анализаторов	

16.1.1 Выполнение требований к микроклимату производственного помещения

Габариты помещения обслуживания АСУ ТП АСУГ АБСГ, согласно приложению Г, составляют 9×9×4.5 м. Площадь помещения – 81 м², при объеме в 364.5 м³. Санитарные нормы, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [32], устанавливают, что площадь помещения для работников из расчета на одного человека, следует предусматривать величиной не менее 6 м², а объем - не менее 24 м³, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

В рассматриваемом помещении работает от одного до пяти человек в смену, поэтому на одного сотрудника приходится, по меньшей мере, 72,9 м³ объема помещения и 16.2 м² площади, что соответствует нормативному документу [32].

Работы производственного персонала относятся к категории Іб, с интенсивностью энергозатрат 121 - 150 ккал/ч, т. к. производятся сидя, стоя или связанные с ходьбой, а также сопровождаются небольшим физическим напряжением.

В таблице 18 представлены результаты анализа микроклимата в рабочей зоне АСУГ АБСГ, для категории работ Іб, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [32].

Таблица 18 - Результаты анализа микроклимата

Сезон года	Температура, С ⁰		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Теплый	25-36	20-28	15-75	15-75	0.15	0.2
Холодный	12-20	19-24			0.05	0.1

По результатам анализа, делается вывод, что при наличии естественной вентиляции (воздух поступает и выводится через вытяжное отверстие, двери и щели, а в теплое время года – через окно), скорость движения воздуха в помещении не соответствует допустимым значениям. В помещении устанавливается принудительная вытяжная вентиляция, обеспечивающая увеличение скорости движения воздуха, по меньшей мере, на 0.1 м/с.

Также, в помещении, по месту размещения технических средств, проектируется тепловой пункт (обозначен (1) на схеме приложения Г), который обеспечивает допустимые значения температуры по месту работы в холодный период. Проектируются узлы кондиционирования воздуха, для нормализации температуры в теплое время года.

16.1.2 Анализ уровня шума на объектах АСУГ АБСГ

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на 5-12% производительность труда. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90дБ снижает производительность труда на 30-60%.

Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука, с учетом ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999 г. [31], а также реальные уровни звукового давления от оборудования представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Уровни звукового давления на месте размещения технических средств АСУГ АБСГ

Допустимые величины звукового давления										
Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в зависимости от частот, Гц									Итого, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места в производственных помещениях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Реальные величины звукового давления										
ЭВМ	5	22	10	15	15	18	18	16	11	24
Узел отопления	10	25	19	30	22	11	6	0	0	34
Узлы кондиционирования	0	5	12	20	20	19	21	17	14	22
Оборудование АСУ ТП и прочие излучения пром. сетей	8	40	20	31	30	25	25	20	5	36

Анализируя таблицу 19, делается вывод о превышении уровня шума нормативных значений в среднем диапазоне частот – 250-1000 Гц. Шум данных частот устраняется, при наличии герметичных дверей между зонами проектируемого помещения.

16.1.3 Устранение электромагнитных излучений

Источниками электромагнитного излучения являются электрические сигналы цепей при работе ЭВМ и оборудования АСУ ТП. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

ЖК-дисплеи формируют изображение методом, принципиально отличающимся от ЭЛТ-мониторов. Поэтому проблем рентгеновского излучения и статического заряда на поверхности экрана у них просто не существует.

Неионизирующие излучения, применительно к дисплеям, можно разделить на следующие классы:

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

Последние достижения науки, в области производства LCD-дисплеев, позволяют значительно снизить уровень излучений и электромагнитных полей. Используемые дисплеи соответствуют стандарту ТСО'03, гарантируя диапазоны частот < 2.5 В/м, что удовлетворяет нормам [30].

16.1.4 Планирование освещения блока размещения технических средств АСУГ АБСГ

Разрабатываемое помещение в сущности является залом ЭВМ, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [29], с использованием совмещенного комбинированного освещения и двумя рабочими поверхностями:

- горизонтальной, на высоте 0.8 м над полом;
- вертикальной, на высоте 1.2 м (дисплей).

Нормируемые параметры освещения для такого рода объекта, согласно, имеют следующий вид:

1. Коэффициент естественной освещенности КЕО=2.1%;
2. Требуемая освещенность в горизонтальной плоскости 500 люкс;
3. Требуемая освещенность в вертикальной плоскости 200 люкс.

В качестве источников местного освещения, выбираются закрытые светильники, с использованием светодиодных ламп теплого белого света (ЛТБ). В качестве общего освещения – открытые светильники и светодиодные лампы дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ).

16.1.5 Нормирование работы за ЭВМ

На помещение для эксплуатации ЭВМ накладываются следующие требования по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [30]:

- пол помещения должен быть ровный, с антистатическим покрытием;
- отделка помещения полимерными материалами нежелательна;
- рабочее место должно располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева;
- окна в помещениях с ВДТ и ПЭВМ должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (жалюзи, занавески, внешние козырьки и т.д.);
- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должны быть не менее 2 ,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;
- монитор, клавиатура и корпус компьютера должны находиться прямо перед оператором; высота рабочего стола с клавиатурой должна составлять 680 – 800 мм над уровнем пола; а высота экрана (над полом) –900–1280см;
- монитор должен находиться от оператора на расстоянии 60 – 70 см на 20 градусов ниже уровня глаз;
- пространство для ног должно быть: высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной не менее 450 мм. Должна быть предусмотрена подставка для ног работающего шириной не менее 300 мм с

регулировкой угла наклона. Ноги при этом должны быть согнуты под прямым углом. Рабочее место с ВДТ должно иметь легко перемещаемые пюпитры для документов.

Допустимые параметры цветопередачи дисплеев сведены в таблицу 20.

Таблица 20 - Допустимые визуальные параметры дисплеев ЭВМ

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\pm 20\%$
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться

16.1.6 Устранение нервно-психических перегрузок персонала

По Р 2.2.2006-05 [33], организация работы с ЭВМ осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. В данном случае, трудовую деятельность относят к группе В - творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ. По суммарному времени работы с ПЭВМ за рабочую смену, данную деятельность относят к третьей категории тяжести. Суммарное время регламентированных перерывов, при 8-ми часовой смене составит 90 минут.

Характер работы требует постоянного взаимодействия с ЭВМ с напряжением внимания и сосредоточенностью, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности. Рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы с ЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 ч. Ежедневная работа высокой интенсивности и с нервно-эмоциональным напряжением по 12 и более часов не допускается.

16.2 Соблюдение техники безопасности на территории АСУГ АБСГ и редуцирование опасных производственных факторов

Производится анализ основных элементов производственного процесса на предмет влияния опасных производственных факторов АСУГ АБСГ. Результаты анализа сведены в таблицу 21.

Таблица 21 - Опасные факторы, связанные со спецификой производственного процесса

Группа фактора	Подгруппа	Опасные факторы по ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ	Нормативные документы
Физические	Электро-безопасность	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ [34]; ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ [28]
Химические	По характеру воздействия на организм человека	Токсические	ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ [35]

16.2.1 Меры предотвращения поражения персонала электрическим током

В проектируемом помещении, представленном в приложении Г, присутствует электрощитовая (4), а также щит электропитания в аппаратной (2), включающие в себя элементы силовой электроники и высоковольтные сети питания.

Само помещение, по ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ [28], 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.

С учетом вышеизложенных факторов, в рабочих зонах АСУГ АБСТ 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 [34];
- 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.

16.2.2 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 [35].

Характеристика концентрации метана как опасного производственного фактора

Метан [36] – 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/м³ (примерно 0.45%).

Меры по предотвращению загазованности рабочих зон

1. Проект АСУГ АБСГ 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 АСУГ АБСГ), с использованием газоанализаторов СГОЭС-метан (QY2-1, QY2-2, QY2-3 и QY2-4 на ФСА, пункт 5.6.2 работы).

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 0.45% объема в воздухе или ПДК метана) – сигнализация о достижении предельного значения;
- 50% НКПР (соответствует 2.2% 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 АСУГ АБСГ.

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

16.2.3 Расчет воздухообмена для очистки воздуха от метана

Необходимый воздухообмен определяется по формуле (16).

$$L = \frac{G}{x_d - x_l}, \quad (16)$$

где L , м³/ч - потребный воздухообмен;

G , мг/ч - количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, рассчитывается по формуле (17);

x_d , мг/м³ - предельно допустимая концентрация метана в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1], 7000 мг/м³;

x_n , мг/м³ - максимально возможная концентрация метана в воздухе, 42000 мг/м³ (60% НКПР, т. к. на 50% НКПР начнет производиться аварийный сброс газа на свечу).

$$G = F_{\text{сум}} \cdot \rho \cdot k = 14.5775 \cdot 557000 \cdot 0.99 = 8038000, \text{ мг/ч}; \quad (17)$$

здесь $F_{\text{сум}}$ – суммарный расход АСУГ АБСГ по газу, определяется из таблицы 1 и составляет 14,5775 м³/ч;

ρ – плотность газа, мг/м³, по таблице 1 соответствует 557000;

k – максимальная доля содержания метана в природном газе, 0.99.

С учетом вышеописанных величин, необходимый воздухообмен имеет вид (18).

$$L = \frac{8038000}{42000 - 7000} = 229.7, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (18)$$

Определим кратность воздухообмена $n, \text{ с}^{-1}$, которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении, по формуле (19).

$$n = \frac{L}{V_{\text{п}}} = \frac{229.7}{364.5} = 0.63, \text{ ч}^{-1}, \quad (19)$$

где, $V_{\text{п}}$ – объем помещения, равный 364.5 м^3 (см. п. 16.1.1).

Это означает, что воздух полностью сменяется в помещении в течение 95 минут. Величина кратности воздухообмена меньше 10, т. е. соответствует нормам СН 245-71 [37].

Требуемая величина воздухообмена в теплое время года достигается без использования дополнительных устройств кондиционирования, в холодное же – требуется наличие кондиционеров, которые предусмотрены в проекте.

16.3 Обеспечение норм пожарной и взрывной безопасности

В условиях возможности превышения ПДК легковоспламеняющегося взрывоопасного метана в воздухе (температура вспышки -186°C , самовоспламенения $+595^\circ\text{C}$, при содержании в воздухе от 4.4 до 17%), особое внимание в проекте АСУГ АБСГ 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) [38].

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 [39], 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 [40]. Все оборудование раздела 5 работы 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;

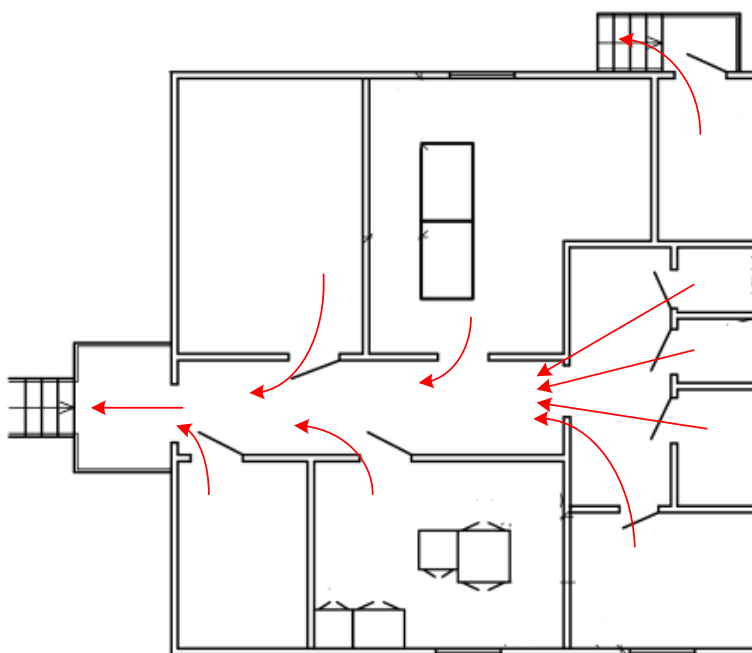
- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;

- проведение периодического инструктажа по пожарной безопасности;

- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

16.4 Разработка плана эвакуации персонала в случае пожара

План эвакуации персонала из помещения, представленного в



приложении Г, изображен на рисунке 64.

Рисунок 64 - План эвакуации из помещения при пожаре

17 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

17.1 Составление смет учета итоговой стоимости проекта

Результирующая стоимость проекта определяется стоимостью монтажных и стоимостью пусконаладочных работ.

Расчет оценочной стоимости монтажных работ представлен в смете таблицы 22. По результатам расчета:

Сметная стоимость монтажных работ:	9127119,07 руб.
Средства на оплату труда:	225588,29 руб.
Сметная трудоемкость:	1929,1 чел. час.

Расчет оценочной стоимости пусконаладочных работ представлен в смете таблицы 23. По результатам расчета:

Сметная стоимость прочих:	907885,2 руб.
Средства на оплату труда:	410891,45 руб.
Сметная трудоемкость:	2420,49 чел. час.

Расчет оценочной стоимости проекта АСУГ АБСГ представлен в смете таблицы 24. По результатам расчета:

Сметная стоимость:	10035010 руб.
Средства на оплату труда:	636480 руб.

Таблица 22 - Сметный расчет стоимости монтажных работ и оборудования АСУ ТП АСУГ АБСГ « »

№ пп	Наименование	Кол.	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Т/з осн. раб.на ед.	Т/з осн. раб. Всего	Т/з мех. на ед.	Т/з мех. Всего
			Всего	В том числе			Всего	В том числе						
				Осн.3/ п	Эк.Ма ш	З/пМе х		Осн.3/п	Эк.Маш	З/пМех				
Раздел 1. Монтажные работы														
Шкаф АСУ ТП														
1	Щиты и пульты, масса: до 250 кг НР (1161,07 руб.): 80%*0,85 от ФОТ СП (819,58 руб.): 60%*0,8 от ФОТ	1	535,7	110,2 3	47,53	1,97	535,7	110,23	47,53	1,97	14,6	14,6	0,19	0,19
ИБП Symmetra														
2	Щиты и пульты, масса: до 350 кг НР (150505,73 руб.): 80%*0,85 от ФОТ СП (106239,34 руб.): 60%*0,8 от ФОТ	99	703,58	144,2 1	63,8	2,7	69654,42	14276,79	6316,2	267,3	19,1	1890,9	0,26	25,74
АРМ оператора														
3	Щиты и пульты, масса: до 50 кг НР (383,19 руб.): 80%*0,85 от ФОТ СП (270,49 руб.): 60%*0,8 от ФОТ	1	137,05	36,62	10,83	0,41	137,05	36,62	10,83	0,41	5,15	5,15	0,04	0,04
4	Аппарат настольный, масса: до 0,015 т (принтер, монитор, клавиатура, мышь) НР (335,6 руб.): 92%*0,85 от ФОТ СП (223,16 руб.): 65%*0,8 от ФОТ	4	22,48	7,05	15,29		89,92	28,2	61,16		1,03	4,12		
АРМ Инженера														
5	Щиты и пульты, масса: до 50 кгНР (383,19 руб.): 80%*0,85 от ФОТСП (270,49 руб.): 60%*0,8 от ФОТ	1	137,05	36,62	10,83	0,41	137,05	36,62	10,83	0,41	5,15	5,15	0,04	0,04
6	Аппарат настольный, масса: до 0,015 т (принтер, монитор, клавиатура, мышь) НР (335,6 руб.): 92%*0,85 от ФОТ СП (223,16 руб.): 65%*0,8 от ФОТ	4	22,48	7,05	15,29		89,92	28,2	61,16		1,03	4,12		
Пульт аварийного останова														
7	Щиты и пульты, масса: до 50 кг НР (383,19 руб.): 80%*0,85 от ФОТ СП (270,49 руб.): 60%*0,8 от ФОТ	1	137,05	36,62	10,83	0,41	137,05	36,62	10,83	0,41	5,15	5,15	0,04	0,04
Раздел 2. Оборудование														
8	Шкаф АСУ ТП, ИБП Symmetra, АРМ оператора, АРМ инженера, пульт аварийного останова, ЗИП	1	6003511				6003511							
Раздел 3. Прикладное программное обеспечение														
9	Прикладное программное обеспечение АСУ ТП АСУГ АБСГ (согласно требованиям технического задания и техно-рабочего проекта)	1	697923				697923							

Продолжение таблицы 22

Наименование	Общая стоимость, руб.				Т/з осн. раб. Всего	Т/з мех. Всего
	Всего	Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМех		
Итого прямые затраты по смете в ценах 2001г.	6772215,83	14553,28	6518,54	270,5	1929,19	26,05
Итого прямые затраты по смете с учетом коэффициентов к итогам	7187294,92	221471,82	43380,88	4116,47	1929,19	26,05
В том числе, справочно:						
Индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ; ОЗП=15,218; ЭМ=6,655; ЗПМ=15,218; МАТ=4,446 (Поз. 1-3, 5, 7, 4, 6)	415079,09	206918,54	36862,34	3845,97		
Накладные расходы	153487,58					
В том числе, справочно:						
80%*0,85 ФОТ (от 224729,99) (Поз. 1-3, 5, 7)	152816,39					
92%*0,85 ФОТ (от 858,3) (Поз. 4, 6)	671,19					
Сметная прибыль	108316,72					
В том числе, справочно:						
60%*0,8 ФОТ (от 224729,99) (Поз. 1-3, 5, 7)	107870,4					
65%*0,8 ФОТ (от 858,3) (Поз. 4, 6)	446,32					
Итого по смете:						
Монтаж оборудования:						
Итого Поз. 1-3, 5, 7	70601,27	14496,88	6396,22	270,5	1920,95	26,05
Всего с учетом «Индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ	484182,88	220613,52	42566,84	4116,47	1920,95	26,05
Накладные расходы 80%*0,85 ФОТ (от 224 729,99)	152816,39					
Сметная прибыль 60%*0,8 ФОТ (от 224 729,99)	107870,4					
Итого с накладными и см. прибылью	744869,67				1920,95	26,05
Монтаж радиотелевизионного и электронного оборудования:						
Итого Поз. 4, 6	179,84	56,4	122,32		8,24	
Всего с учетом «Индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ	1677,32	858,3	814,04		8,24	
Накладные расходы 92%*0,85 ФОТ (от 858,30)	671,19					
Сметная прибыль 65%*0,8 ФОТ (от 858,30)	446,32					
Итого с накладными и см. прибылью	2794,83				8,24	
Материалы для монтажных работ:						
Итого Поз. 8-9	6701434,72					
Итого	7449099,22				1929,19	26,05
В том числе:						
Материалы	6922442,22					
Машины и механизмы	43380,88					
ФОТ	225588,29					
Накладные расходы	153487,58					
Сметная прибыль	108316,72					
Временные 1,8%	134083,79					

Наименование	Общая стоимость, руб.				Т/з осн. раб. Всего	Т/з мех. Всего
	Всего	Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМех		
Итого	7583183,01					
Непредвиденные затраты 2%	151663,66					
Итого с непредвиденными	7734846,67					
НДС 18%	1392272,4					
ВСЕГО по смете	9127119,07				1929,19	26,05

Продолжение таблицы 22

Таблица 23 - Сметный расчет стоимости пусконаладочных работ и оборудования АСУ ТП АСУГ АБСГ « »

№ пп	Наименование	Кол.	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.		Затраты требуемых рабочих, не занятых обслуживанием машин	
			Всего	Оплата труда	Всего	Оплата труда	На ед.	Всего
Раздел 1. Пусконаладочные работы. Основание:								
1	Автоматизированная система управления II категории технической сложности с количеством каналов (Кобщ): 160	1	15000,65	15000,65	15000,65	15000,65	1263	1263
2	Автоматизированная система управления II категории технической сложности с количеством каналов (Кобщ): за каждый канал свыше 160 до 319 добавлять к расценке 02-01-002-11	87	86,58	86,587	7532,46	7532,46	7,29	634,23

Каналы информационные:	200
Аналоговые:	76
Дискретные:	124
Каналы управления:	47
Аналоговые:	5
Дискретные:	42
Коэффициент метрологической сложности:	М 1
Коэффициент развитости информационных функций:	И 1,51

Коэффициент развитости управляющих функций:

У 1

Наименование	Общая стоимость, руб.	Затраты требуемых рабочих, не
--------------	-----------------------	-------------------------------

Продолжение таблицы 23

	Всего	Оплата труда	занятых обсл, машин, всего
Итого прямые затраты по смете в ценах 2001г.	22533,11	22533,11	1897,23
Итого прямые затраты по смете с учетом коэффициентов к итогам	410891,5	410891,5	2420,49
В том числе, справочно:			
Фми*Фу=1,0738*1,1881=1,2758 ОЗП=1,2758; ТЗ=1,2758 (Поз. 1-2)	6214,63	6214,63	523,256
Индекс изменения сметной стоимости пусконаладочных работ. ОЗП=14,293 (Поз. 1-2)	382143,7	382143,7	
Накладные расходы	227017,5		
В том числе, справочно:			
65%*0,85 ФОТ (от 410891,45) (Поз. 1-2)	227017,5		
Сметная прибыль	131485,3		
В том числе, справочно:			
40%*0,8 ФОТ (от 410891,45) (Поз. 1-2)	131485,3		
Итоги по смете:			
Пусконаладочные работы: 'вхолостую' - 80%, 'под нагрузкой' - 20%:			
Итого Поз. 1-2	22533,11	22533,11	1897,23
Всего с учетом "Фми*Фу=1,0738*1,1881=1,2758 ОЗП=1,2758; ТЗ=1,2758"	28747,74	28747,74	2420,49
Всего с учетом "Индекс изменения сметной стоимости пусконаладочных работ. ОЗП=14,293"	410891,5	410891,5	2420,49
Накладные расходы 65%*0,85 ФОТ (от 410 891,45)	227017,5		
Сметная прибыль 40%*0,8 ФОТ (от 410 891,45)	131485,3		
Итого с накладными и см. прибылью	769394,2		2420,49
Итого	769394,2		2420,49
В том числе:			
ФОТ	410891,5		
Накладные расходы	227017,5		
Сметная прибыль	131485,3		
НДС 18%	138491		
ВСЕГО по смете	907885,2		2420,49

Таблица 24 - Сметный расчет проекта АСУ ТП АСУГ АБСГ « »

№ пп	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость					Средства на оплату труда	Показатели единичной стоимости
		строительных работ	монтажных работ	оборудования, мебели и инвентаря	прочих затрат	всего		
1.	Монтажные работы и оборудование. АСУ ТП АСУГ АБСГ “ ”.	--	916,09	8211,03		9127,12	225,59	--
2.	Пусконаладочные работы. АСУ ТП АСУГ АБСГ “ ”.	--	--	--	907,89	907,89	410,89	--
ВСЕГО ПО СМЕТЕ		--	916,09	8211,03	907,89	10035,01	636,48	

17.2 Организация и планирование комплекса работ

Результаты организации и планирования комплекса работ и учета ресурсозатрат, с учетом трудоемкости и продолжительности каждого этапа разработки, сведены в таблицу 25. Таблица 26 иллюстрирует календарный план мероприятий по реализации проекта АСУ ТП АСУГ АБСГ. Итоговая длительность реализации всех стадий проекта составила 245 календарных дней.

Таблица 25 - Организация комплекса работ над АСУ ТП АСУГ АБСГ

№ пп	Стадия разработки	Исполнитель	Штат ед.	Тр-сть, чел-ч.	Прод, час.
1.	Технико-экономическое обоснование реализации проекта	Отдел финансового планирования	4	460	115
2.	Обработка ТЗ и разработка конструкторской документации АСУГ АБСГ	Отдел проектирования	9	1700	189
3.	Монтажные работы по сбору шкафов АСУ ТП	Отдел организации монтажных работ	11	1930	175,5
4.	Разработка программно-алгоритмического обеспечения	Отдел программирования АСУ ТП	6	2400	400
5.	Разработка рабочей документации	Отдел программирования АСУ ТП и отдел проектирования	11	1400	127,3
6.	Пусконаладочные работы до сдачи проекта «под ключ»	Отдел пуско-наладочных работ	6	2420,5	403,4

Таблица 26 - Календарный план мероприятий по реализации проекта АСУ ТП АСУГ АБСГ

№ пп	Наименование работы	Прод, кален. дн.	Уд. вес, %	Готов %	Продолжительность выполнения работ, дни																							
					Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь			Июль			Август		
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
1	Технико-экономическое обоснование реализации проекта	21	9	9																								
2	Обработка ТЗ и разработка конструкторской документации АСУГ АБСГ	34	14	23																								
3	Монтажные работы по сбору шкафов АСУ ТП	30	12	35																								
4	Разработка программно-алгоритмического обеспечения	69	28	63																								
5	Разработка рабочей документации	21	9	72																								
6	Пусконаладочные работы до сдачи проекта «под ключ»	70	28	100																								

Заключение

В ходе данной работы было произведено исчерпывающее описание реализации основных типов программно-алгоритмических средств автоматизации технологических процессов в нефтегазовой отрасли на языках стандарта IEC 61131-3, с использованием среды разработки Simatic PCS 7 от Siemens, применительно к реальному объекту промышленного сектора хозяйственной деятельности в России, а именно:

- описание реализации алгоритмов непрерывного регулирования величин контуров АСУ по отклонению;
- практическое воплощение алгоритмов технологических и противоаварийных защит технических средств по превышению граничных значений величин технологических параметров;
- реализация алгоритмов автоматического учета и контроля производительности технологических объектов.

Описание процессов реализации вышеописанных алгоритмов рекомендовано использовать в дальнейшем обучении молодых специалистов, обучающихся по направлению 220301: Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли).

Список публикаций студента

1. Соловьев П. А. Разработка испытательного стенда нагревательной установки для отработки навыков синтеза и настройки цифровых регуляторов. [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13-16 Ноября 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 288-290. - Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C04/C04.pdf>.

2. Соловьев П. А. Усовершенствование технологии предварительного сброса воды на объектах добычи нефти. [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13-16 Ноября 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 286-288. - Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C04/C04.pdf>.

3. Соловьев П. А. Принцип безударного управления установкой магистрального центробежного насоса. [Электронный ресурс] // Труды XIV Научно-технической конференции молодежи ОАО «Центрсибнефтепровод», Томск, 26-27 Ноября 2013. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Conferences/2013/K04/p11.pdf>.

4. Solovyev P. A. Designing a heating appliance model to practice digital controllers synthesizing [Electronic resorces] // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 14-18 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 309-310. - Mode of access: <http://portal.tpu.ru/files/conferences/ctt/proceedings/ctt-2014-2-Tom.pdf>.

5. Соловьев П. А. Фазоимпульсное управление испытательным стендом нагревательной установки, предназначенным для синтеза цифровых регуляторов. // [ISBN 978-5-89070-969-1] Перспективы развития информационных технологий: труды Всероссийской молодежной научно-

практической конференции, Кемерово, 29-30 Мая 2014. - Кемерово: ГОУ КузГТУ, 2014 - С. 284-285.

6. Solovyev P. A., Tutov I. A., Pichugova I. L. Cybernetic Model of Companies' Organisation Structure. Solution of Planning, Coordination and Motivation Problems [Electronic resorces] // [ISSN 2306-9007]. International Review of Management and Business Research, March 2015, Volume 4, Issue 1. – Academy of IRMBR - pages 104-109. - Mode of access: <http://www.irmbrjournal.com/papers/1425720110.pdf>.

7. Соловьев П. А. Применение концепции мобильных штабов и кибернетической модели организационной структуры предприятий к решению проблем планирования как функции менеджмента. // [ISBN 978-5-9906615-0-9]. Материалы VII научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Т. 2, Томск, 27-30 Апреля 2015. – Томск: Графика. 2015. С. 320-333.

Список используемых источников

1. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. СПб.: Недра. 2008. – 488 с.
2. Башта Т. М. Гидравлические следящие приводы. М.: Машгиз. 1960. – 283 с.
3. ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. М.: Информационная технология.
4. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем. М.: Информационная технология.
5. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие, 2-е изд. М.: Энергоатомиздат. 1990. – 464 с.
6. Громаков Е. И. (2010). Проектирование автоматизированных систем. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. – 172 с.
7. ANSI/ISA-5.1-2009. American National Standard. Instrumentation Symbols and Identification. North Carolina: International Society of Automation.
8. Резервированные системы автоматизации Simatic S7-400H [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens.ru/automation>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.
9. HP Z420 Workstation [Электронный ресурс]. URL: Режим доступа http://h10010.www1.hp.com/wwpc/pscmisc/vac/us/product_pdfs/Z420_datasheet-highres.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.
10. Интеллектуальные преобразователи температуры серии Метран-280 [Электронный ресурс]. URL: http://www.pea.ru/docs/fileadmin/files/emerson/datch_temp/Metran-281_Metran-286_Metran-288.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

11. Датчики давления Метран [Электронный ресурс]. URL: http://metran.nt-rt.ru/images/showcase/Datchiki_davleniya2013.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

12. Расходомеры Rosemount 3051SFC и 3095MFC на базе диафрагм Rosemount серии 405 [Электронный ресурс]. URL: http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount_3051SFC_3095MFC.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

13. Каталог продукции СКБ «Приборы и системы» (2011) [Электронный ресурс]. URL: <http://xn---9sb0awge.xn--p1ai/files/catalog.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

14. Серия IQ – Rotork [Электронный ресурс]. URL: www.rotork.com/doc-dl/11983, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

15. Сигнализаторы уровня ультразвуковые [Электронный ресурс]. URL: <http://amhim.ru/data/catalogue/docs/YZS-4M-guuh1fjk5p.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

16. Газоанализаторы СГОЭС [Электронный ресурс]. URL: http://electronstandart-pribor.com/shared/docs/manual/sgoes_re.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

17. Шкафы Rittal TS8 [Электронный ресурс]. URL: http://rittal.simetaplus.ru/raspr_sh_big_ts8.html, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

18. ГОСТ Р 55950-2014. Телекоммуникации. Нормы на параметры интерфейсов систем электропитания. Интерфейс постоянного тока. М.: АНО «НТЦИ».

19. ГОСТ 2.701-84. Правила выполнения схем.

20. Система управления процессами SIMATIC PCS7 [Электронный ресурс]. URL: http://dfpd.siemens.ru/assets/files/infocenter/catalogs_and_brochures/as/brochures/SIMATIC_PCS7_r.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.05.2015 г.

21. IEC 61131-3. Programming Industrial Automation Systems. Forchheim: Dipl.-Inform. 1995.
22. Альтерман И. З. Программируемые контроллеры Simatic S7. 3-й уровень профессиональной подготовки: Учебное пособие. М.: Промышленная автоматизация. 2011. – 204 с.
23. Малышенко А. М. Математические основы теории систем. Томск: ТПУ. 2008. – 336 с.
24. Уткин М. А., Иванов С. А., Исаков М. И. Математические модели управляемых технологических процессов перевалки сжиженных углеводородных газов. М.: ВСПУ. 2014.
25. Воронин А.В. Моделирование мехатронных систем: Учебное пособие. Томск: ТПУ. 2008. – 137 с.
26. NUREG-0700. Human-System Interface. Design Review Guidelines. Washington: Energy Sciences & Technology Department. 2002.
27. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
28. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
29. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор.
30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор.
31. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
32. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

33. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценки факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России. 1999.
34. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
35. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
36. Лазарев Н.В., Левина Э.Н. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Том 2. Органические вещества. М.: Л. «Химия». 1976. – 624 с.
37. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. М.: Издательство литературы по строительству. 1972.
38. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. 2013.
39. ГОСТ 12.1.011-78 ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.
40. ГОСТ Р 51330.0. Электрооборудование взрывозащищенное. 2001.