

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

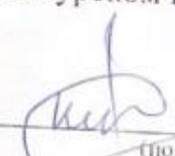
И. о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 19 » июня 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизация технологического процесса воздушной
компрессорной установки на Амурском ГПЗ

Исполнитель
студент группы 941 об

 19.06.2023
(подпись, дата)

А.В. Кириллов

Руководитель
доцент, канд. техн. наук

 19.06.2023
(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд. техн. наук

 19.06.2023
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль
профессор, д-р техн. наук

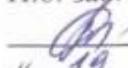
 19.06.2023
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
И.о. зав. кафедрой
 О.В. Скрипко
« 19 » июль 2023 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Кириллова Андрея Владимировича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизация технологического процесса воздушной компрессорной установки на Амурском ГПЗ
(утверждена приказом от 20.04.2023
№ 951-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): 26.06.2023

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

1) Рабочая и конструкторская документация Амурского ГПЗ; 2) Приказ об утверждении темы бакалаврской работы; 3) Материалы, собранные в ходе практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

1) Описание объекта автоматизации;

2) Обзор технических средств автоматизации;

3) Разработка программного прототипа системы управления в CoDeSys;

4) Безопасность и экологичность

5. Перечень материалов приложения:

укрупнённая

Лист 1: Укрупнённая технологическая схема Амурского ГПЗ;

Лист 2: Общая технологическая схема;

Лист 3: Функциональная схема (подключение технических средств полевого уровня к ПЛК);

Лист 4: Принципиальная электрическая схема (часть 1);

Лист 5: Принципиальная электрическая схема (часть 2);

Лист 6: Человеко-машинный интерфейс управления компрессором;

Лист 7: Человеко-машинный интерфейс группового управления;

Лист 8: Человеко-машинный интерфейс для апробации программного

обеспечения.

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов):

Безопасность и экологичность – Булгаков А.Б., доцент, канд.техн.наук

7. Дата выдачи задания: 10.04.2023

Руководитель выпускной квалификационной работы:

Доцент кафедры АППиЭ, канд.техн.наук Рыбалёв Андрей Николаевич

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата, подпись): 10.04.2023 

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 91 с., 48 рисунков, 29 таблиц, 42 источника, 8 приложений.

CODESYS, ПЛК, АСУТП, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА, УПРАВЛЕНИЕ, PCS, АМУРСКИЙ ГПЗ, ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА, СИСТЕМА ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Целью бакалаврской работы является изучение установки производства азота и воздуха, технической документации по системе, технологических процессов системы по производству воздуха, технических характеристик и свойств воздушного компрессора, а также разработка программного прототипа системы управления воздушной компрессорной установки на Амурском газоперерабатывающем заводе.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Объект автоматизации	9
2 Функциональная схема автоматизации	17
3 Технические средства автоматизации	19
3.1 Исполнительные механизмы	19
3.2 Измерительные преобразователи и датчики	22
3.3 Программируемый логический контроллер	29
3.4 Коммутационная аппаратура	46
3.5 PCS	47
4 Принципиальная электрическая схема	49
5 Разработка программного прототипа системы управления в CoDeSys	51
5.1 Среда разработки	51
5.2 Человеко-машинный интерфейс	51
5.3 Имитатор для апробации программного обеспечения	58
6 Безопасность и экологичность	65
6.1 Безопасность	65
6.2 Экологичность	70
6.3 Чрезвычайные ситуации	75
Заключение	77
Библиографический список	78
Приложение А Укрупненная технологическая схема Амурского ГПЗ	84
Приложение Б Общая технологическая схема	85
Приложение В Функциональная схема (подключение технических средств полевого уровня к ПЛК)	86
Приложение Г Принципиальная электрическая схема (часть 1)	87
Приложение Д Принципиальная электрическая схема (часть 2)	88
Приложение Е Человеко-машинный интерфейс управления компрессором	89

Приложение Ж Человеко-машинный интерфейс группового управления и полученные результаты моделирования	90
Приложение К Человеко-машинный интерфейс имитатора для апробации программного обеспечения	91

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ГПЗ – газоперерабатывающий завод;

АСУ – автоматизированная система управления;

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ВД – высокое давление;

ВМН – вспомогательный маслонасос;

ВНА – входной направляющий аппарат;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

НД – низкое давление;

ПГФ – пентан-гексановая фракция;

ПК – продувочный клапан;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СД – среднее давление;

ТЭС – тепловая электростанция;

УРВ – установка разделения воздуха;

ШФЛУ – широкая фракция легких углеводородов;

PCS – Process Control System (система управления технологическим процессом).

ВВЕДЕНИЕ

Амурский газоперерабатывающий завод – крупное предприятие, насчитывающее десятки различных установок на своей территории, данная работа посвящена одной из установок – установка производства азота и воздуха. В данной работе будет рассмотрено её предназначение, расчётная производительность, из чего состоит система получения воздуха КИП, технического воздуха и азота. Помимо этого, так же будут рассмотрены такие разделы как: технические средства автоматизации, в котором будет описано предназначение этих средств и их технические характеристики, разработана функциональная схема автоматизации, принципиальная электрическая схема, человеко-машинный интерфейс управления, а также раздел безопасности.

Установки по производству сжатого воздуха играют большую роль на взрывоопасных и пожароопасных предприятиях как источник энергоносителя. Сжатый воздух необходим во многих отраслях промышленности, например, чтобы привести в движение грузоподъёмные средства (краны, тельферы), для работы контрольно-измерительных приборов и автоматики, а также используется в пневматических системах автоматического регулирования.

1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Амурский газоперерабатывающий завод

Амурский газоперерабатывающий завод – одно из крупнейших предприятий в мире по переработке природного газа. Реализация такого масштабного проекта в области переработки не имеет аналогов в истории российской газовой отрасли [1]. На рисунке 1 и в приложении А представлена укрупненная технологическая схема Амурского ГПЗ.

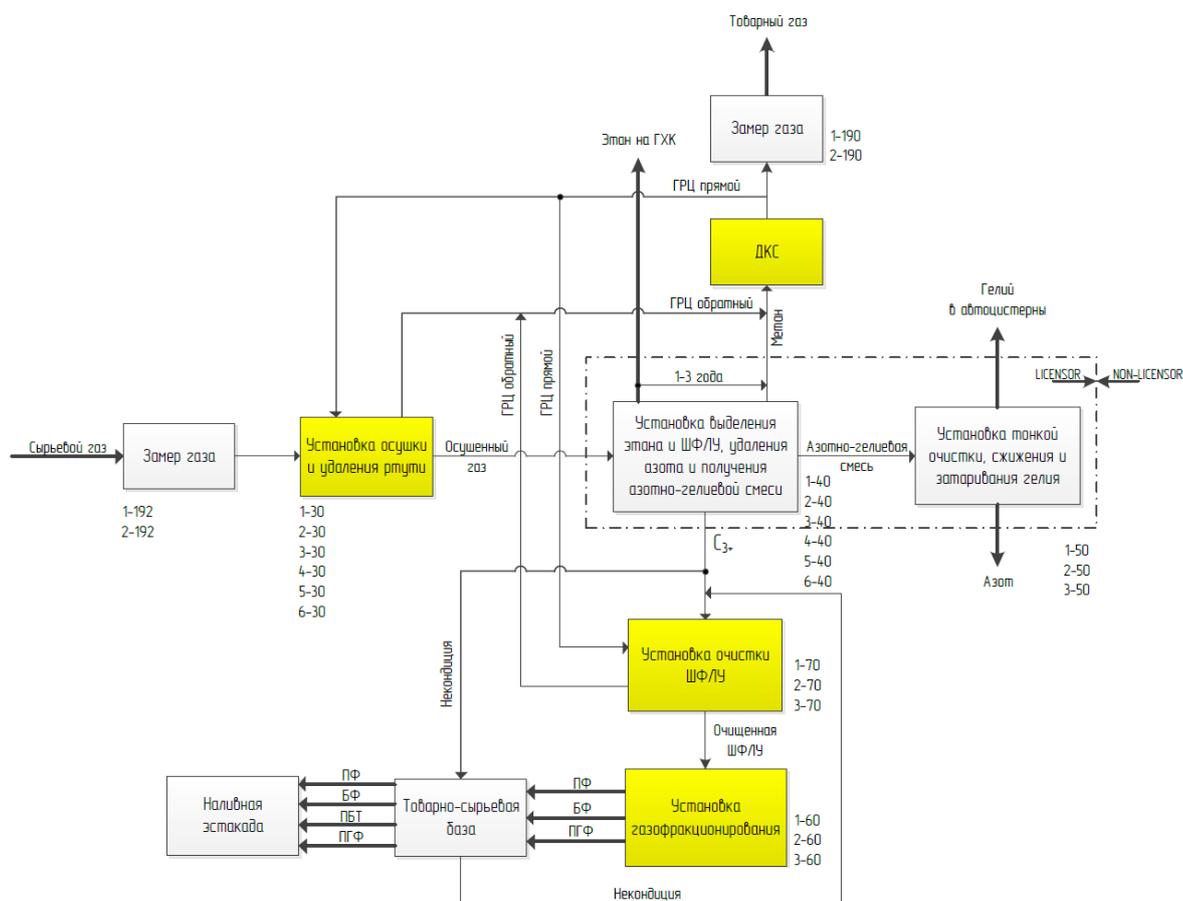


Рисунок 1 – Укрупненная технологическая схема Амурского ГПЗ

Амурский газоперерабатывающий завод (ГПЗ) – это мощное производственное предприятие, способное обработать 42 млрд. м³ природного газа в год. Кроме того, завод может производить до 60 млн. м³ гелия, 2.4 млн. т. этана, 1 млн. т. пропана, 500 тыс. т. бутана и около 200 тыс. т. пентан-гексановой фракции ежегодно. Для достижения таких впечатляющих результатов на

предприятию действует 6 технологических линий, занимающих общую площадь в 8 км² [1].

Завод планировалось оснастить системой строгого экологического контроля, которая будет отслеживать состав промышленных выбросов, загазованность атмосферы, уровень шума и радиации, а также качество очистки сточных вод – все стоки предполагается очищать до рыбохозяйственных нормативов. Также в планах создание сопутствующей инфраструктуры: подъездных дорог, причала на реке Зея, железнодорожных коммуникаций и жилого микрорайона в г. Свободном для работников предприятия.

Основным назначением Амурского газоперерабатывающего завода является подготовка товарного газа необходимого качества для реализации в КНР. При этом обеспечивается получение других целевых компонентов: этан (сырье для получения полиэтилена), пропан, бутан, ШФЛУ, ПГФ, товарный газ.

Сырьем для Амурского ГПЗ является природный газ от магистрального газопровода «Сила Сибири». Электроснабжение и производственный пар на Амурской ГПЗ поступает от Свободненской ТЭС [1].

1.2 Установка производства азота и воздуха

Установка производства азота и воздуха, предназначена для производства азота НД, СД, ВД, технического воздуха НД, ВД и воздуха КИП НД, ВД для потребления технологическими установками и иными объектами Амурского газоперерабатывающего завода.

Расчетная производительность установки составляет 26200 нм³/ч (сжатого воздуха), 18150 нм³/ч (азота). Установка вырабатывает технический воздух и воздух КИП НД, технический воздух и воздух КИП ВД в зависимости от параметров потребляемого воздуха, подающегося в комплектную установку. Установка вырабатывает азот НД и азот ВД в зависимости от параметров потребляемого воздуха, подающегося в комплектную установку.

Общая технологическая схема установки представлена в приложении Б.

Система получения воздуха КИП и технического воздуха, включает в себя: блока компримирования воздуха, блока осушки воздуха, блока компримирования воздуха ВД, системы охлаждения антифриза, узлов учета воздуха КИП НД, технического воздуха НД и воздуха КИП/технического воздуха ВД.

Блок компримирования воздуха состоит из двух компрессоров по 11040 нм³/ч, одного компрессора 6560 нм³/ч и одного компрессора 350 нм³/ч.

Установка также может производить 2000 нм³/ч воздуха ВД. В данном случае производство воздуха КИП и технологического воздуха НД сокращается пропорционально.

Блок компримирования воздуха служит для производства технического воздуха и воздуха КИП, обеспечивая давление на выходе 0,7 МПа.

Система получения азота НД и ВД, состоит из: блока компримирования воздуха, блока осушки воздуха, блока разделения воздуха, блока компримирования азота ВД, узлов коммерческого учета азота ВД и НД, системы охлаждения антифриза.

Номинальная мощность установки производства азота НД, с двумя очередями, находящимися в работе, составляет 12100 нм³/ч. Установка может работать с тремя очередями, достигая пика производства 18150 нм³/ч, при необходимости.

Установка также может производить 2000 нм³/ч азота ВД. В данном случае производство азота НД пропорционально сокращается.

Для поддержания пикового потребления азота и воздуха совместно с производственной установкой предусматривается резервуарный парк для хранения азота, воздуха КИП, технического воздуха, который включает в себя: ресиверы азота 5 шт., ресиверы технического воздуха 4 шт., ресиверы воздуха КИП 3 шт., дополнительный ресивер воздуха КИП 1 шт.

Резервуарный парк азота, воздуха КИП, технического воздуха должен обеспечивать потребность при пиковом потреблении максимальное потребление азота 13878 нм³ч на протяжении 72 ч, максимальное потребление воздуха

НД 23000 нм³/ч в течение 1 ч. Установка распределение воздуха предназначена для получения газообразного азота с давлением не ниже 0,8 МПа.

Технические решения, используемые в УРВ, включают в себя установку в блочно-модульном исполнении с высокой степенью заводской готовности, предварительное охлаждение воздуха с применением эффективных холодильных машин, произведенных фирмами, специализирующимися на создании оборудования умеренного холода, и комплексную очистку сжатого воздуха в адсорберах на молекулярных ситах, а затем его охлаждение в нереверсивном алюминиевом пластинчато-ребристом теплообменнике.

В эффективном турбодетандерном агрегате производится производство низкотемпературного холода. Оснащение УРВ АСУ основано на микропроцессорной технике, включая программируемые контроллеры.

Оборудование УРВ размещается частично в здании (машинное оборудование: компрессор воздушный, турбодетандерный агрегат; блок криогенных насосов; электронагреватели, фильтры, арматура блока комплексной очистки; блок АСУ), частично – вне здания (блок разделения, испаритель быстрого слива).

Предусмотрено дожатие части газообразного азота дожимным компрессором.

Система охлаждения антифриза (входит в состав УРВ).

Для охлаждения оборудования азотной станции и участка компрессии и осушки предусмотрена подача антифриза от узла системы охлаждения антифриза.

В состав узла входят комплект аппаратов воздушного охлаждения, емкость хранения антифриза, насосы, трубопроводы, арматура.

Охлаждение компрессорных установок, а также оборудования установок получения азота производится раствором этиленгликоля (раствор содержит 60% этиленгликоля, 40% воды), поступающим из узла охлаждения.

Технический воздух НД, воздух КИП НД, технический воздух ВД и воздух КИП ВД, азот НД, азот СД, азот ВД распределяется потребителям по основным коллекторам.

1.3 Блок компримирования воздуха

Как уже говорилось выше блок компримирования воздуха состоит из трех основных компрессоров компании Hanwka разной производительности.

Два основных воздушных центробежных компрессора со встроенным редуктором фирмы Hanwha Power System модель SE-45A/3 изображенных на рисунке 2. Основные технические характеристики воздушного центробежного компрессора со встроенным редуктором фирмы Hanwha Power System модель SE-45A/3 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики воздушного центробежного компрессора со встроенным редуктором фирмы Hanwha Power System модель SE-45A/3

Параметр	Технические характеристики
1	2
Расчётная производительность	11040 нм ³ /ч
Максимальная производительность	11172 нм ³ /ч
Максимальное рабочее давление на входе	0,101 МПа
Расчётное давление	1,586 МПа
Максимальное рабочее давление на выходе	1,066 МПа
Скорость вращения	2979 об/мин
Мощность электродвигателя	1,487 МВт
Мощность на валу	1,352 МВт
Напряжение питания электродвигателя	10 кВ

1	2
Частота питания	50 Гц
Количество ступеней	3
Температура рабочей среды	-52 °С ...147 °С
Максимальная относительная влажность окружающей среды	78 %
Расчетная температура рабочей среды	163 °С
Рабочая среда	Воздух
Масса	44300 кг
Габаритный размеры, ШхВхД	5700х4420х9284 мм

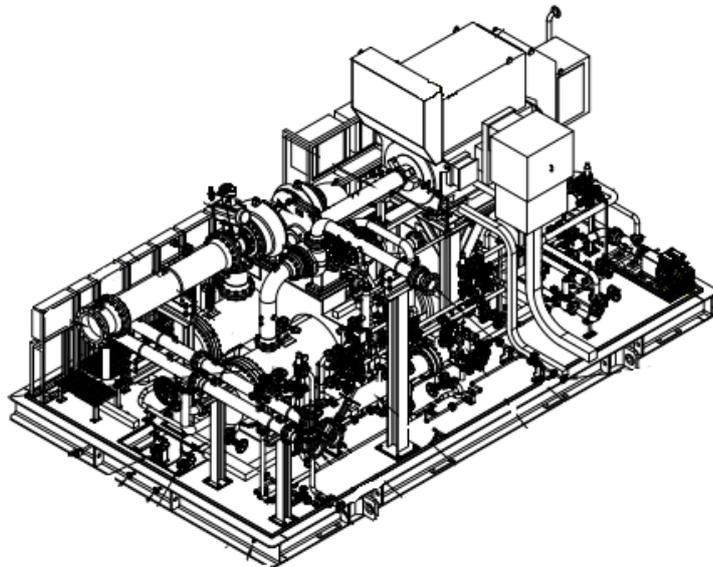


Рисунок 2 – Воздушный центробежный компрессора со встроенным редуктором фирмы Hanwha Power System модель SE-45A/3

Резервный воздушный центробежный компрессор со встроенным редуктором компании Hanwha Power System модель SE-32A/3, изображен на рисунке 3. Основные технические характеристики воздушного центробежного

компрессора со встроенным редуктором компании Hanwha Power System модель SE-32A/3 представлены в таблице 2.

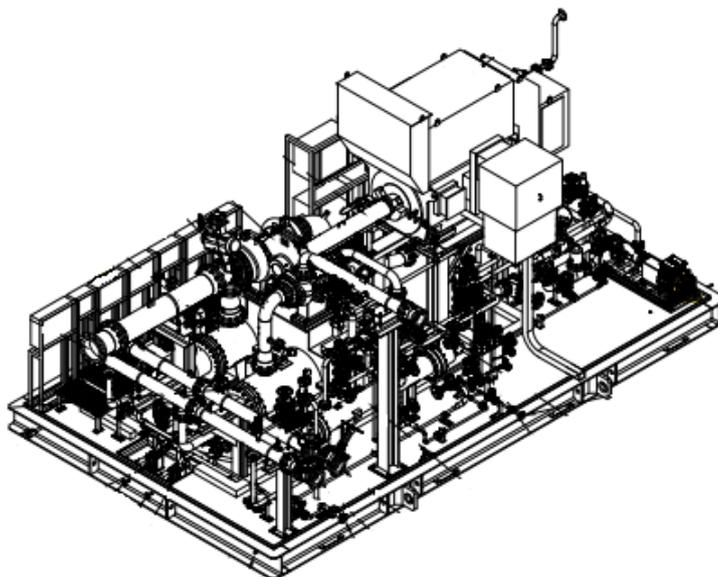


Рисунок 3 – Воздушный центробежный компрессор со встроенным редуктором компании Hanwha Power System модель SE-32A/3

Таблица 2 – Основные технические характеристики воздушного центробежного компрессора со встроенным редуктором компании Hanwha Power System модель SE-32A/3

Параметр	Технические характеристики
1	2
Расчётная производительность	6560 нм ³ /ч
Максимальная производительность	6602 нм ³ /ч
Максимальное рабочее давление на входе	0,101 МПа
Максимальное рабочее давление на выходе	1,066 МПа
Расчётное давление	1,586 МПа
Скорость вращения	2979 об/мин
Мощность электродвигателя	0,931 МВт
Мощность на валу	0,846 МВт

Продолжение таблицы 2

1	2
Напряжение питания электродвигателя	10 кВ
Частота питания	50 Гц
Количество ступеней	3
Температура рабочей среды	-52 °С ...147 °С
Максимальная относительная влажность окружающей среды	78 %
Расчетная температура рабочей среды	163 °С
Рабочая среда	Воздух
Масса	41400 кг
Габаритный размеры, ШхВхД	5700х4281х9284 мм

2 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

Документ, который описывает процессы, которые происходят в различных функциональных цепях продукта или продукта в целом, называется функциональной схемой.

Для получения более точной информации о процессах, происходящих в функциональных цепях отдельных установок или установок в целом, необходимо использование функциональных схем автоматизации. Остальные чертежи и спецификации оборудования и устройств автоматизации в проектах формируются на основе полученной информации из функциональных схем автоматизации.

Для схемы автоматизации необходимо описать функциональные части установки, включая элементы, устройства и функциональные группы. Такая схема поможет легко и быстро понять, как все компоненты системы взаимодействуют между собой.

Большое значение имеет графическая структура функциональной схемы, которая должна четко отражать последовательность функциональных процессов, происходящих в изделии. Важно, что при создании функциональной схемы не учитывается фактическое расположение частей и устройств в изделии.

Функциональные компоненты и связи между ними изображаются в виде графических символов, как определено в соответствующих стандартах для условных графических обозначений этих групп и компонентов. В этом случае применяются правила выполнения принципиальной схемы.

При разработке функциональных схем необходимо учитывать следующие факторы: содержание задач, связанных с контролем и управлением технологическими процессами, а также организацию пунктов контроля и управления. Важно учесть взаимосвязь между местными системами управления и

центральной системой управления, которая определяется структурной схемой [2].

В таблице 3 представлены графические обозначения элементов автоматизации

Таблица 3 – Графическое обозначение элементов автоматизации

№ п/п	Наименование	Графическое обозначение
1	Первичный измерительный преобразователь(датчик); прибор, установленный по месту	
2	Прибор, устанавливаемый на щите, пульте	
3	Регулирующий орган	
4	Исполнительный механизм. Общее обозначение	
5	Общее обозначение линии связи.	
6	Пересечение линии связи с соединителем и без него.	

Функциональная схема и структура управления приведена в приложении В.

Функциональная схема автоматизации в полной мере даёт представление об объекте автоматизации и обо всех процессах, которые в нем протекают. На схеме устанавливается всё необходимое оборудование, технические средства и средства автоматизации, которые необходимы для автоматизации объекта.

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Исполнительные механизмы

В автоматизации промышленных производств одной из важнейших составляющих является исполнительный механизм. Исполнительный механизм – это механизм, являющийся функциональным блоком, предназначенным для управления исполнительным органом в соответствии с командной информацией.

3.1.1 Входной направляющий аппарат

В начале процесса работы компрессора стоит важный элемент - входной направляющий аппарат. Он представляет собой ряд неподвижных лопаток, расположенных на входе в компрессор перед первой ступенью ротора. Задача этого аппарата заключается в том, чтобы предварительно закрутить поток воздуха, попадающего в компрессор. Это позволяет обеспечить безударный вход воздуха в рабочее колесо и предотвратить повреждения компрессора.

Оптимальное функционирование входного направляющего аппарата обеспечивает необходимую скорость и направление потока воздуха, что позволяет улучшить эффективность работы компрессора. Кроме того, он снижает уровень шума и вибрации, которые могут возникнуть во время работы компрессора.

На рисунке 4 представлен входной направляющий аппарат [3].



Рисунок 4 – Входной направляющий аппарат

Технические характеристики входного направляющего аппарата приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики входного направляющего аппарата

Параметр	Технические характеристики
Диапазон крутящего момента	495 Нм ... 750 Нм
Рабочее давление	280 кПа ... 800 кПа
Рабочая температура работы	-40 °С... 100 °С

3.1.2 Продувочный клапан

ПК, или продувочный клапан. Его основное предназначение – выпускать избыточное давление сжатого воздуха наружу, когда оно достигает определенного уровня. Таким образом, продувочный клапан предотвращает скачки давления в компрессоре, что может привести к серьезным последствиям.

Продувочный клапан APOLLO V100 разработан для обычных и тяжёлых условий эксплуатации в системах потоков газа для систем плавного регулирования.

На рисунке 5 представлен продувочный клапан APOLLO V100 [4].



Рисунок 5 – Продувочный клапан APOLLO V100

3.1.3 Привод входного направляющего аппарата

В качестве привода для входного направляющего аппарата используется пневматический привод APOLLO HP200S обеспечивающий широкий диапазон крутящего момента. Данный привод является компактным с пневматическим двойным зубчатым редуктором и высокоскоростным пневматическим приводом.

На рисунке 6 изображён пневматический привод APOLLO HP-200S [5].

Технические характеристики APOLLO HP-200S приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики APOLLO HP-200S

Параметр	Технические характеристики
Максимальное давление подачи	1,2 МПа
Рабочая температура	-20 °С ... 80 °С
Рабочая среда	Воздух/неагрессивный газ



Рисунок 6 – Пневматический привод APOLLO HP-200S

3.1.4 Привод продувочного клапана

APOLLO A-100 – пневматический мембранный привод, который представляет собой источник движущей силы для продувочного клапана APOLLO V100. Данный привод представляет собой уравновешенный пружинный

мембранный привод, работающий на сжатом воздухе. Неизменная точность и надежность устройства достигается за счет применения нескольких рессор в приводе.

Внешний вид привода изображён на рисунке 7, а технические характеристики представлены в таблице 6 [6].

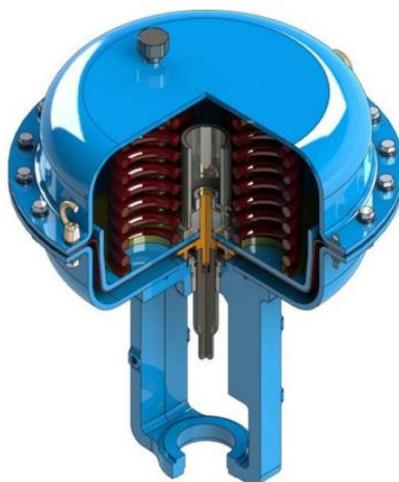


Рисунок 7 – Пневматический привод APOLLO A-100

Таблица 6 – Технические параметры пневматического привода APOLLO A-100

Параметр	Технические характеристики
Предельное давление на мембрану	400 кПа
Рабочая температура	-60 °С...80 °С
Рабочее давление	350 кПа

3.2 Измерительные преобразователи и датчики

3.2.1 Измерительный преобразователь перепада давления

Измерительный преобразователь перепада давления Endress+Hauser Deltabar S PMD75, который изображен на рисунке 8, используется в качестве измерительного преобразователя перепада давления. Технические характеристики перечислены в таблице 7 [7].

Таблица 7 – Технические характеристики Deltabar S PMD75

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания (пост.ток)	24 В
Рабочая температура	-40 °С ... 85 °С
Температура окружающей среды	-50 °С ... 85 °С
Погрешность	0,075 %
Предел измерения	0,001 МПа...25 МПа
Выходной сигнал	4-20 мА HART



Рисунок 8 – Измерительный преобразователь перепада давления Deltabar S PMD75

3.2.2 Измерительный преобразователь давления

В качестве измерительного преобразователя давления используется Cerabar S PMP71, изображенный на рисунке 9.

Измерительный преобразователь давления Cerabar S PMP71 состоит из чувствительного элемента и электронного блока, включающего в себя первичный преобразователь давления и измерительную мембрану. Это устройство предназначено для измерения абсолютного и избыточного давления газа, пара и жидкости, а также уровня, объёма и массы жидкости. Таблица 8 содержит технические характеристики Cerabar S PMP71 [8].



Рисунок 9 – Измерительный преобразователь давления Cerabar S PMP71

Таблица 8 – Технические характеристики Cerabar S PMP71

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания (пост.ток)	24 В
Рабочая температура	-40 °С ... 125 °С
Температура окружающей среды	-50 °С ... 85 °С
Рабочий диапазон	0,01 МПа ... 70 МПа
Погрешность	0,075 %
Выходной сигнал	4...20 мА HART

3.2.3 Первичный измерительный преобразователь температуры

Изображенный на рисунке 10 платиновый термопреобразователь ITEMР TR66 используется в качестве первичного измерительного преобразователя температуры для химически неагрессивных жидких и газообразных сред. Он преобразует измеряемую температуру в изменение электрического сопротивления. Термометр сопротивления состоит из сменной измерительной вставки, соединительной головки и защитной арматуры. Вставки содержат один или два платиновых чувствительных элемента, выполненных в виде тонколеночных или проволочных, и помещенных в защитный чехол из нержавеющей стали.

Существует несколько модификаций тонкопленочных чувствительных элементов, которые отличаются конструкцией, вибростойкостью, быстродействием и диапазоном изменяемых температур. Схема соединений внутренних проводников термопреобразователей, включая чувствительные элементы, может быть трех- или четырехпроводной. Встраиваемые измерительные преобразователи серии iTEMP TMT с унифицированным электрическим выходным сигналом постоянного тока, а также цифровым выходным сигналом для передачи по HART-протоколу или цифровым сигналом промышленной сети PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus могут быть включены в комплект термометров сопротивления.

Основные технические характеристики термопреобразователя сопротивления iTEMP TR66 приведены в таблице 9 [9].



Рисунок 10 – Термопреобразователь сопротивления платиновый iTEMP TR66

Таблица 9 – Технические характеристики термопреобразователя сопротивления платиновый iTEMP TR66

Параметр	Технические характеристики
1	2
Диапазон температуры окружающего воздуха в зависимости от типа соединительной головки	От -50 °С до 150 °С (ТА30Н) От -50 °С до 100 °С (ТА21Н)

1	2
Диапазон измерений температуры термопреобразователя сопротивления в зависимости от типа чувствительного элемента	<p>От -50 °С до 400 °С</p> <p>От -50 °С до 500 °С</p> <p>От -196 °С до 600 °С</p>

3.2.4 Вторичный измерительный преобразователь температуры

Преобразователь измерительный iTEMP TMT82, изображенный на рисунке 11, используется в качестве вторичного измерительного преобразователя температуры. Он является универсальным и предназначен для преобразования сигналов от различных термометров, термоэлектрических преобразователей, милливольтных устройств и потенциометрических датчиков в стандартный частотно-модулированный сигнал 4...20 мА HART. Корпус преобразователя выполнен из поликарбоната и имеет цилиндрическую форму, что позволяет легко монтировать его в соединительную головку. На корпусе расположены клеммы для вывода выходного сигнала и питания.

Печатные платы с элементами электрической схемы размещены внутри корпуса преобразователя. Гальваническая развязка присутствует во всех цепях преобразователя, включая вход, выход и питание [10].



Рисунок 11 – Преобразователь измерительный iTEMP TMT82

3.2.5 Сигнализатор уровня

Сигнализатор уровня и автоматический слив - основные характеристики конденсатоотводчика Drain Master В DM-150В. Это устройство имеет ёмкость для сбора конденсата, в которой встроен сигнализатор уровня и электрический шаровый кран. Когда конденсат достигает верхнего предельного уровня, электрический шаровой кран открывается, и конденсат выходит через выпускной трубопровод.

На рисунке 12 изображён Drain Master В DM-150В. Технические характеристики Drain Master В DM-150В представлены в таблице 10 [11].

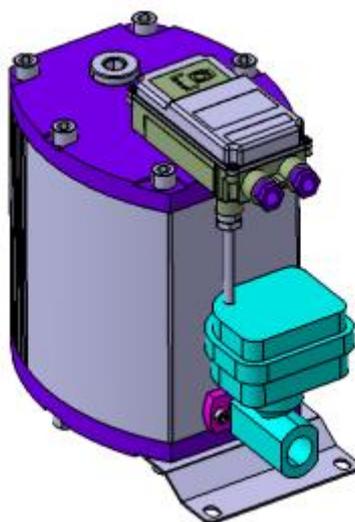


Рисунок 12 – Сигнализатор уровня Drain Master В DM-150В

Таблица 10 – Технические характеристики Drain Master В DM-150В

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания	90В ...240 В (переменного тока), 50-60 Гц 24 В / 48 В (постоянного тока)
Потребляемая мощность	15 Вт
Рабочая температура	1 °С...80 °С
Степень защиты	IP65

3.2.6 Позиционер

В качестве позиционера для пневматического привода APOLLO HP200S и пневматического привода APOLLO серии А-100 используется цифровой контроллер клапанов FIELDVUE Fisher DVC6200 hw2, изображённый на картинке 13.

Данный позиционер имеет высокоэффективную бесконтактную систему обратной связи, высокую степень защищённости – полностью герметичный электронный блок, защищённый от воздействий температуры, вибрации и агрессивных сред.

Технические характеристики позиционера Fisher DVC6200 hw2 представлены в таблице 11 [12].



Рисунок 13 – Позиционер Fieldvue Fisher DVC6200 hw2.

Таблица 11 – Технические характеристики Fieldvue Fisher DVC6200 hw2

Параметр	Технические характеристики
Входной сигнал	4 мА...20 мА
Напряжение питания (пост.ток)	11 В...30 В
Защита от перегрузки	Да
Защита от перепутывания полярности	Да
Давление питания	Минимальное - 30 кПа Максимальное – 1 Мпа

3.3 Программируемый логический контроллер

3.3.1 Серия ПЛК

SIMATIC S7-400 от Siemens – это самый мощный ПЛК для построения систем управления. Его модульная конструкция, возможность работы с естественным охлаждением, гибкие возможности расширения и мощные коммуникационные возможности делают его идеальным инструментом для решения практически любых задач автоматизации. Кроме того, SIMATIC S7-400 обладает простотой создания распределенных систем управления и удобством обслуживания.

В состав системы входят следующие элементы: модуль питания, предназначенный для подключения SIMATIC S7-400 к напряжению питания 120/230 В переменного тока или 24 В постоянного тока, сигнальные модули для цифровых и аналоговых входов/выходов, коммуникационные процессоры, функциональные модули и интерфейсные модули [13].

В таблице 12 приведены общие технические характеристики Siemens Simatic S7-400.

Таблица 12 – Общие технические характеристики ПЛК Siemens Simatic серии S7-400

Параметр	Технические характеристики
Степень защиты корпуса	IP20
Допустимые отклонения от номинальных напряжений	При 24 В – 20,4 В ... 28,8 В При 120 В – 93 В ... 132 В При 230 В – 187 В ... 268 В
Диапазон рабочих температур	Горизонтальная установка: 0 °С ... 60 °С Вертикальная установка: 0 °С ... 40 °С
Относительная влажность	10 % ... 95 %

Требования к доступности и отказоустойчивости автоматизированных систем возрастают во многих областях технологии. В некоторых из них остановка завода может привести к высоким затратам. Только избыточные системы соответствуют требованиям доступности. Отказоустойчивые Siemens Simatic S7-400H могут работать даже при сбое частей контроллера из-за одной или нескольких неисправностей [13].

На рисунке 14 представлен ПЛК Siemens Simatic серии s7-400H.



Рисунок 14 - ПЛК Siemens Simatic серии s7-400H

3.3.2 Центральный процессор

На рисунке 15 представлен центральный процессор Siemens Simatic S7-400H 6ES7410-5HX08-0AB0 [14].

В таблице 13 приведены технические характеристики Siemens Simatic S7-400H 6ES7410-5HX08-0AB0.

Таблица 13 – Технические характеристики Siemens Simatic S7-400H 6ES7410-5HX08-0AB0

Параметр	Технические характеристики
1	2
Номинальное значение питания (постоянный ток)	24 В
Допустимый диапазон питания	20,4 В ... 28,8 В
Потребление тока (номинальное)	750 мА
Нормальная рассеиваемая мощность	4,65 Вт

1	2
Оперативное запоминающее устройство	48 Мбайт
Норм. время операции побитовой обработки	0,05 мкс
Норм. время операции со словами	0,09 мкс



Рисунок 15 – Центральный процессор S7-400H 6ES7410-5HX08-0AB0

3.3.3 Блок питания

Серия блоков питания Siemens Siplus, которая используется, обладает тем же набором качеств, что и оборудование Siemens Simatic S7-400. Аппаратура Siplus разработана для тяжелых условий эксплуатации, что позволяет ей применяться в средах, где оборудование других классов выходит из строя максимально быстро.

На рисунке 16 изображен регулируемый блок электропитания Siemens Siplus 6AG1407-0КА02-7АА0 [15].

Технические характеристики регулируемого блока питания 6AG1407-0КА02-7АА0 представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики регулируемого блока питания 6AG1407-0КА02-7АА0

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания (перем. тока)	120 В...230 В
Сетевая частота	47 Гц...63 Гц
Выходное напряжение	5 В...24 В
Потребляемая активная мощность	95 Вт
Гальваническая развязка	Да
Температура окружающей среды при эксплуатации	-20 °С...70 °С
Габаритные размеры (Ширина, высота, глубина)	5 мм, 290 мм, 217 мм



Рисунок 16 – Регулируемый блок электропитания 6AG1407-0КА02-7АА0

3.3.4 Модуль аналогового ввода

На рисунке 17 изображён модуль аналогового ввода Siemens 6ES7331-7NF10-0AB0 [16].

В таблице 15 представлены технические характеристики модуля аналогового ввода Siemens 6ES7331-7TF01-0AB0.

Таблица 15 – Технические характеристики модуля аналогового ввода Siemens 6ES7331-7TF01-0AB0.

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания (пост.тока)	24 В
Защита от перепутывания полярности	Да
Число аналоговых входов	8
Диапазон входных параметров	0/4 мА...20 мА -20 мА...20 мА 0 В...5 В
Погрешность измерений	0,01 %
Диагностический сигнал	Да
Аварийный сигнал	Да



Рисунок 17 – Модуль аналогового ввода Siemens 6ES7331-7TF01-0AB0

В системе противоаварийной защиты используется модуль аналогового ввода Siemens Simatic S7 6ES7336-4GE00-0AB0 представленный на рисунке 18. В таблице 16 приведены технические характеристики [17].

Модуль относится к серии FailSafe, данная серия предназначена для построения систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности.

Таблица 16 – Технические характеристики Siemens Simatic S7 6ES7336-4GE00-0AB0

Параметр	Технические характеристики
Питание (постоянный ток)	24 В
Потребляемый ток	90 мА
Потребляемая мощность	4,5 Вт
Число аналоговых входов	6
Максимально допустимый входной ток для токового входа (предел разрушения)	40 мА
Диапазон входных параметров	4 мА ... 20 мА 0 мА ... 20 мА
Время интегрирования	20 мс
Погрешность	0,1%
Аварийный сигнал	Да
Диагностический сигнал	Да
Гальваническая развязка	Между каналами; Между каналами и шиной на задней стойке;



Рисунок 18 – Модуль аналогового ввода Siemens Simatic S7 6ES7336-4GE00-0AB0

3.3.5 Модуль аналогового вывода

На рисунке 19 изображён модуль аналогового вывода Siemens 6ES7332-8TF01-0AB0 [18].

В таблице 17 представлены технические характеристики Siemens 6ES7332-8TF01-0AB0.

Таблица 17 – Технические характеристики Siemens 6ES7332-8TF01-0AB0

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания (пост.ток)	24 В
Защита от перепутывания полярности	Да
Число аналоговых выходов	8
Диапазон выходных параметров	0...20 мА 4 мА...20 мА
Диагностический сигнал	Да
Аварийный сигнал	Да



Рисунок 19 – Модуль аналогового вывода Siemens 6ES7332-8TF01-0AB0

3.3.6 Модуль дискретного ввода.

На рисунке 20 изображен модуль дискретного ввода Siemens 6ES7321-7BH01-0AB0 [19].

В таблице 18 приведены технические характеристики Siemens 6ES7321-7BH01-0AB0.

Таблица 18 – Технические характеристики Siemens 6ES7321-7BH01-0AB0

Параметр	Технические характеристики
Питание (постоянный ток)	20,4 В...28,8 В
Число входов	16
Сигнал «0»	0 В...5 В
Сигнал «1»	5 В...30 В
Диагностический сигнал	Да
Аварийный сигнал	Да



Рисунок 20 – Модуль дискретного ввода Siemens 6ES7321-7BH01-0AB0

В системе противоаварийной защиты используется модуль дискретного ввода Siemens Simatic S7 6ES7326-1BK02-0AB0 представленный на рисунке 21. В таблице 19 приведены технические характеристики. Данный модуль относится так же к серии FailSafe [20].

Таблица 19 – Технические характеристики Siemens Simatic S7 6ES7326-1BK02-0AB0

Параметр	Технические характеристики
Питание (постоянный ток)	24 В
Защита от перепутывания полярностей	Да
Входной ток	100 мА
Число входов	24
Сигнал «0»	-30 В ... +5 В
Сигнал «1»	11 В ... 30 В 2 мА ... 10 мА
Задержка на входе с «0» до «1»	3,4 мс
Диагностический сигнал	Да
Аварийный сигнал	Да
Гальваническая развязка	Между каналами; Между каналами и шиной на задней стойке;



Рисунок 21 – Модуль дискретного ввода Siemens Simatic S7 6ES7326-1BK02-0AB0

3.3.7 Модуль дискретного вывода

На рисунке 22 изображен модуль дискретного вывода Siemens 6ES7322-8BH10-0AB0 [21].

В таблице 20 приведены технические характеристики Siemens 6ES7322-8BH10-0AB0.

Таблица 20 – Технические характеристики Siemens 6ES7322-8BH10-0AB0

Параметр	Технические характеристики
Напряжение питания (пост.ток)	20,4 В...28,8 В
Число выходов	16
Для сигнала «0»	0,7 мА
Для сигнала «1»	0,5 А
Диагностический сигнал	Да
Аварийный сигнал	Да

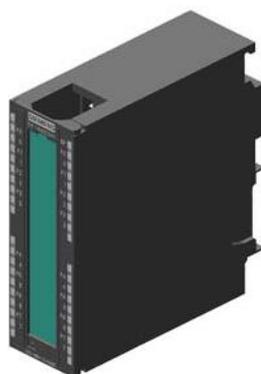


Рисунок 22 – Модуль дискретного вывода Siemens 6ES7322-8BH10-0AB0

3.3.8 Интерфейсный модуль

Устройство, которое позволяет подключить узел ввода/вывода к цифровой шине передачи данных, называется интерфейсным модулем.

Интерфейсный модуль Siemens Simatic 6ES7153-2BA10-0XB0 изображен на рисунке 23, а технические данные представлены в таблице 21 [22].



Рисунок 23 – Интерфейсный модуль Siemens Simatic 6ES7153-2BA10-0XB0

Таблица 21 – Технические характеристики Siemens Simatic 6ES7153-2BA10-0XB0

Параметр	Технические характеристики
Номинальное напряжение питания (пост. ток)	24 В
Допустимый диапазон питания (пост. ток)	Нижний предел – 20,4 В Верхний предел – 28,8 В
Внешняя защита предохранителями для питающей линии	2,5 А
Максимальный потребляемый ток	650 мА, при питании 24 В пост. тока
Интерфейсы	RS-485
Максимальная скорость передачи данных	12 Мбит/сек
Гальваническая развязка	Да
Степень защиты и класс защиты	IP20
Максимальное количество подключаемые модулей ввода/вывода	12

3.3.9 Источник бесперебойного электропитания

В качестве источника бесперебойного электропитания используется Phoenix Contact QUINT-PS/1AC/24DC/20 [23].

На рисунке 24 изображен ИБП Phoenix Contact QUINT-PS/1AC/24DC/20, и технические характеристики приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Технические характеристики Phoenix Contact QUINT-PS/1AC/24DC/20.

Параметр	Технические характеристики
Диапазон номинальных значений на входе	100 В...240 В
Потребляемый ток	5,8А (110 В) 3 А (230В)
Номинальная потребляемая мощность	569 Вт
Номинальное напряжение на выходе	18 В...29,5 В $\pm 1\%$
Номинальный ток на выходе	20 А
Защита от короткого замыкания	Да
Выходная мощность	480 Вт



На рисунке 24 – ИБП Phoenix Contact QUINT-PS/1AC/24DC/20

3.3.10 Барьер искрозащиты

Барьер искрозащиты обеспечивает невозможность попадания электрического тока, способного вызвать искру, через входные и выходные цепи

датчиков и исполнительных механизмов, установленных во взрывоопасных зонах.

На рисунке 25 представлен барьер искрозащиты G.M. International D5011S для аналогового ввода.

Данный барьер искрозащиты обеспечивает полностью изолированное от земли питание постоянного тока для 2-проводных 4-20 мА датчиков-преобразователей, находящихся в опасной зоне, и повторяет их токовый сигнал в изолированной от земли цепи нагрузки в безопасной зоне. Модуль допускает двухстороннюю передачу коммуникационных сигналов для HART устройств [24].



Рисунок 25 – Барьер искрозащиты G.M. International D5011S

Технические характеристики G.M. International D5011S представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Технические характеристики G.M. International D5011S

Параметр	Технические характеристики
1	2
Защита входа и выхода от короткого замыкания	Да
Гальваническая изоляция входа/выхода/питание	Да
Напряжение питания (пост.ток)	24 В

1	2
Допустимый диапазон питания (постоянный ток)	Нижний предел – 18 В Верхний предел – 30 В
Вход	4 мА...20 мА
Выход	4 мА...20 мА
Защита от обратной полярности	Да
Потребляемый ток	45 мА
Рабочая температура	-40 °С ... +70 °С
Время реакции	5 мс (при скачке уровня сигнала от 0 до 100%)
Погрешность передачи данных	<0,01% от верхнего предела измерений

В качестве барьера искрозащиты для аналогового вывода, используется высококачественный барьер G.M. International D5020S. Он не только обеспечивает гальваническую развязку, но и позволяет передавать сигнал 4-20 мА от контроллера, находящегося в безопасной зоне, на нагрузку в опасной зоне. Барьер обладает высокой нагрузочной способностью и низким падением напряжения на входе. Подробные технические характеристики G.M. International D5020S приведены в таблице 24. [25].

Таблица 24 – Технические характеристики G.M. International D5020S

Параметр	Технические характеристики
1	2
Защита входа и выхода от короткого замыкания	Да
Гальваническая изоляция входа/выхода/питание	Да
Напряжение питания (пост.ток)	24 В

1	2
Допустимый диапазон питания (постоянный ток)	Нижний предел – 18 В Верхний предел – 30 В
Вход	4 мА...20 мА
Потребляемый ток	70 мА
Время реакции	25 мс (при скачке уровня сигнала от 0 до 100%)
Рабочая температура	-40 °С ... +70 °С
Погрешность	0,1%
Выход	4 мА...20 мА

В качестве барьера искрозащиты дискретного ввода используется повторитель состояния контактного датчика G.M.International D5034s. Он может работать с контактными датчиками и проксимиторами, находящимися в опасной зоне, и повторяет входной ток на выходе в безопасной зоне [26].

Технические характеристики G.M.International D5034s представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Технические характеристики G.M.International D5034s

Параметр	Технические характеристики
Номинальное напряжение питания (постоянный ток)	24 В
Допустимый диапазон питания (постоянный ток)	Нижний предел – 18 В Верхний предел – 30 В
Потребляемый ток	15 мА
Потребляемая мощность	0,36 Вт
Входное значение тока	От 0,1 мА до 8 мА
Выходное значение тока	От 0,1 мА до 8 мА
Погрешность	0,25%

Для вывода дискретных сигналов используется барьера искрозащиты релейного типа G.M.International D5096s предназначен для переключения цепей в системах, связанных с безопасностью. Он обеспечивает изоляцию между входными и выходными контактами. Модуль имеет 2+2 нормально разомкнутых (NO) релейных контакта, соединенных параллельно и затем последовательно, чтобы исключить ложные срабатывания и повысить готовность контролируемого процесса [27].

Технические характеристики G.M.International D5096s приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Технические характеристики G.M.International D5096s

Параметр	Технические характеристики
Номинальное напряжение питания (постоянный ток)	24 В
Допустимый диапазон питания (постоянный ток)	Нижний предел – 18 В Верхний предел – 30 В
Потребляемый ток	15 мА
Рассеиваемая мощность	1,1 Вт
Рабочая температура	-40 °С ...70 °С

3.3.11 Терминальный модуль

Терминальные модули позволяют простое, быстрое и надежное соединение полевых устройств, датчиков и позиционеров к модулям распределенной периферии. Их можно использовать для сокращения стоимости, уменьшения работ по разводке кабеля и пусконаладочных работах, предотвращение ошибок подключения. Терминальный модуль так же необходим для создания резервной передачи данных.

На рисунке 26 представлен терминальный модуль ввода аналоговых сигналов Simatic PCS7 6ES7650-1AH62-5XX0 [28].

В таблице 27 представлены технические характеристики Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AH62-5XX0.



Рисунок 26 – Simatic PCS7 6ES7650-1AH62-5XX0

Таблица 27 – Технические характеристики Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AH62-5XX0

Параметр	Технические характеристики
Количество аналоговых входов	6
Диапазон измерений	0/4 мА - 20 мА HART
Питание	24 В
Электрическое ограничение тока	Да

Для выходных аналоговых сигналов используется терминальный модуль Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AB61-2XX0. Данный терминальный модуль имеет 8 каналов вывода аналоговых сигналов [29].

Для входных дискретных сигналов используется терминальный модуль Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AC11-3XX0. Данный терминальный модуль имеет 16 каналов ввода дискретных сигналов [30].

Для выходных дискретных сигналов используется терминальный модуль Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AD11-2XX0. Данный терминальный модуль имеет 16 каналов вывода дискретных сигналов [31].

3.3.12 Система мониторинга и защиты Bently Nevada 3500

Система мониторинга Bently Nevada 3500 представляет собой высокотехнологичную систему, предназначенную для постоянного контроля параметров вибрации в промышленных процессах. Способна обеспечивать точное

измерение различных показателей, включая относительную вибрацию на опорных подшипниках, отклонение положения центра вала, радиальные и относительные вибрации, термические прогибы вала, а также осевые сдвиги турбогенераторов и турбокомпрессоров. Благодаря токовихревым бесконтактным датчикам и акселерометрам, система предоставляет важные данные для операционной деятельности предприятия. Кроме того, система осуществляет контроль за температурой опорных подшипников, что обеспечивает максимальную надежность и стабильность работы оборудования. [32].

Внешний вид готовой сборки мониторинга Bently Nevada 3500 представлен на рисунке 27.



Рисунок 27 – Система мониторинга и защиты Bently Nevada 3500

3.4 Коммутационная аппаратура

3.4.1 Устройство плавного пуска

Устройство плавного пуска используется для того, чтобы: снизить пусковой ток, который уменьшает падение напряжения и провалы сети, плавно ускоряет механизм, исключает вредные воздействия на оборудование и механизм, увеличить срок службы всех механических элементов.

Фирма Siemens предлагает стандартный продукт с передовой технологией - устройство плавного пуска Simostart MV, которое является недорогим, безопасным и надежным. Оно предназначено для пуска приводов постоянной скорости вращения с плавным пуском. Регулирование напряжения осуществляется тиристорным управлением углов открывания фазных напряжений сети.

Это позволяет увеличить напряжение на клеммах электродвигателя с определенного заданного начального уровня до напряжения сети питания. Таким образом, оптимальный пусковой ток и пусковой момент ускорения для конкретного применения регулируются. Кроме того, функция «плавного останова» обеспечивает постепенное снижение номинального напряжения питания двигателя, противоположно процессу запуска, что исключает резкий останов привода.

3.5 PCS

Для комплексной автоматизации технологического процесса на азотно-воздушной станции используется система Siemens Simatic PCS 7. Эта система управления способна автоматизировать непрерывные и периодические процессы, объединяя первичные производственные процессы в целостное решение автоматизации. Основной задачей SIMATIC PCS7 является автоматизация первичных производственных процессов. Кроме того, для автоматизации вторичных процессов, таких как заполнение, упаковка, или входной и выходной логистики, могут использоваться те же программируемые контроллеры.

Преимущества проявляются в использовании однородных способов управления данными, организации промышленной связи и конфигурирования на этапах проектирования, выполнения пуско-наладочных работ, обслуживания и эксплуатации, а также развития готовой системы автоматизации. На рисунке 28 представлен фрагмент подсистемы Siemens Simatic PCS7 [33].

SIMATIC PCS 7 Advanced Process Library (APL) содержит стандартную функциональность решений в области автоматизации, которую можно расширить с помощью специальных технологических функций SIMATIC PCS 7 Industry Library (IL). IL обеспечивает интеграцию локальных подсистем управления, которые используются в качестве готовых технологических решений, а также блоки, символы и лицевые панели, предназначенные для выполнения специфических задач наблюдения и управления в различных отраслях промышленности [32].

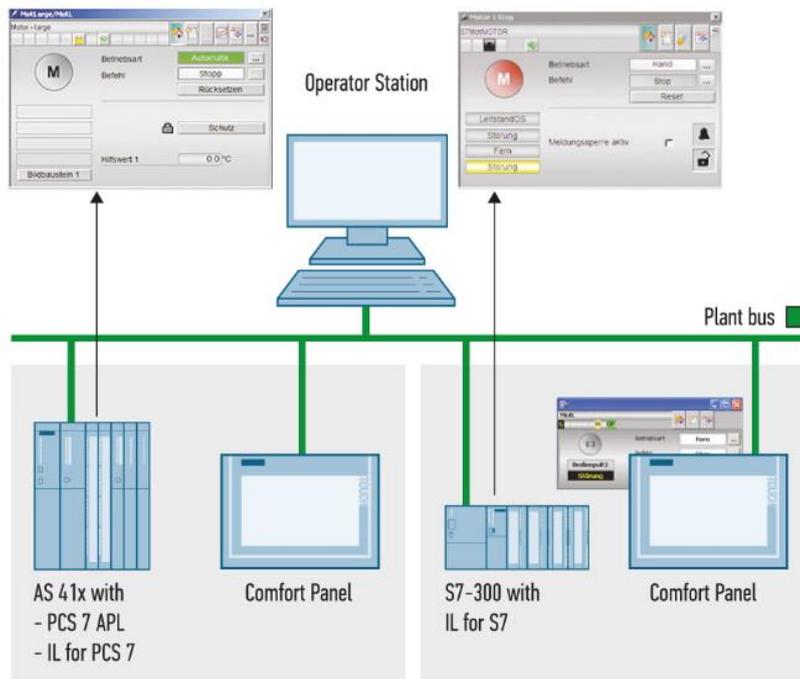


Рисунок 28 – Фрагмент подсистемы Siemens Simatic PCS7

4 ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

Принципиальная электрическая схема – графическое представление совокупности электронных компонентов, соединённых токоведущими проводниками.

Основное назначение принципиальных электрических схем – показать взаимосвязь отдельных устройств, средств автоматизации и вспомогательного оборудования, составляющих функциональные узлы системы автоматизации, и порядок их работы.

Эти схемы отражают действие системы автоматизации, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

Следующие требования предъявляются к принципиальным схемам:

а) Надежность, то есть способность выполнять заданные функции в рамках заданных режимов и условий использования, а также технического обслуживания и ремонта, и сохранять значения заданных показателей эффективности в течение длительного времени;

б) Безопасность работы обслуживающего персонала и предотвращение выхода изделия из строя или повреждения оборудования в аварийных ситуациях из-за неисправных цепей;

в) Простота и удобство эксплуатации, которые связаны с минимумом затрат труда и внимания работающего персонала, а также проведением ремонтных и наладочных работ при соблюдении необходимых мер безопасности [34].

Принципиальные электрические схемы являются основой для разработки многих других документов проекта, таких как монтажные схемы, таблицы щитов и пультов, схемы подключения и соединения внешних проводов и т.д. На этих схемах в условном виде отображаются приборы, аппараты, линии связи, а также связи и взаимодействия между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

Фрагмент принципиальной электрической схемы, изображенный на рисунке 29, демонстрирует подключение аварийной кнопки останова с местной панели управления. Для обеспечения безопасности передачи токового сигнала из взрывоопасной зоны в невзрывоопасную используется барьер искрозащиты. Резервированная передача данных на модули ввода Siemens обеспечивается терминальным модулем. Бесперебойный источник питания обеспечивает питанием 24 вольта барьер искрозащиты и терминальный модуль.

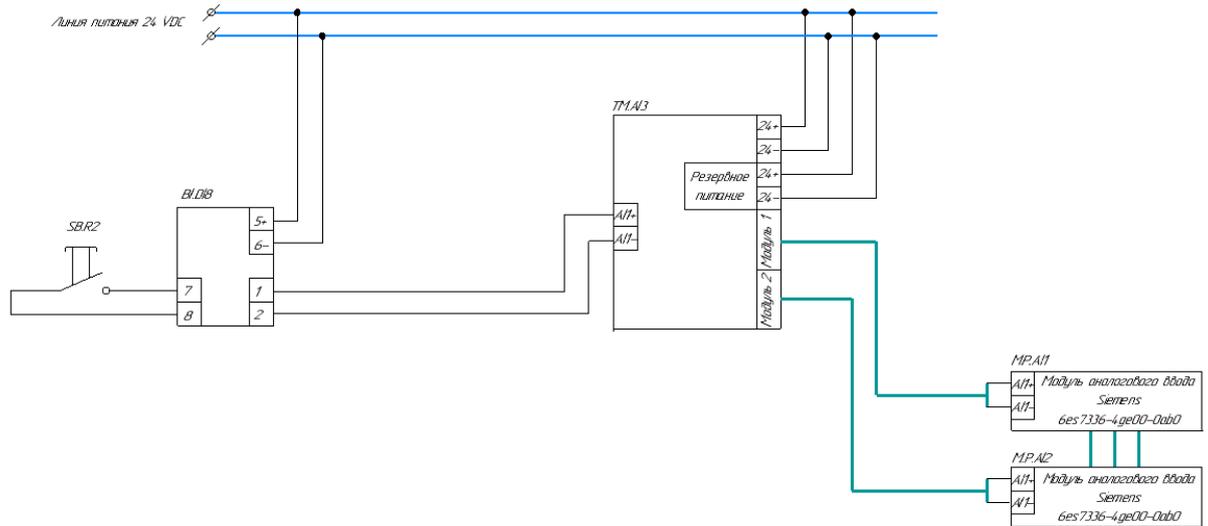


Рисунок 29 – Фрагмент принципиальной электрической схемы

Разработанная принципиальная электрическая схема приведена в приложении Г и Д.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В CODESYS

5.1 Среда разработки

Интегрированная среда разработки (IDE) для программируемых контроллеров – CoDeSys V2.3, сегодня является самым популярным комплексом для прикладного программирования ПЛК и встраиваемых контроллеров в мире. Программы компилируются в машинный код и загружаются в контроллер через компьютер. CoDeSys поддерживает все 5 языков программирования стандарта МЭК 61131-3, что позволяет реализовать любую задачу в виде программы.

Языки программирования в CoDeSys включают LD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram), IL (Instruction List), ST (Structured Text) и SFC (Sequential Function Chart). Кроме того, SFC является дополнительным языком расширения FBD со свободным порядком выполнения блоков. В CoDeSys также имеется редактор визуализации, конфигураторы протоколов обмена и средства отладки [35].

CoDeSys – это не только среда программирования, но и универсальный инструмент для работы с промышленным оборудованием, предоставляющий широкий спектр возможностей. Он включает в себя собственный OPC-сервер, инструменты для создания визуализации и множество других функций. В рамках программной среды CoDeSys была разработана автоматизированная система управления воздушной компрессорной установкой, которая может работать как в местном режиме управления, так и с использованием человеко-машинного интерфейса.

5.2 Человеко-машинный интерфейс

Методы и технические средства, обеспечивающие непосредственное взаимодействие оператора и технологической системы, называются человеко-

машинным интерфейсом. Они дают возможность оператору контролировать параметры технологического процесса и управлять ими.

5.2.1 Основной воздушный компрессор

На рисунке 30 представлен общий вид человека-машинного интерфейса. Данная визуализация была разработана с целью отслеживания основных параметров технологического процесса.

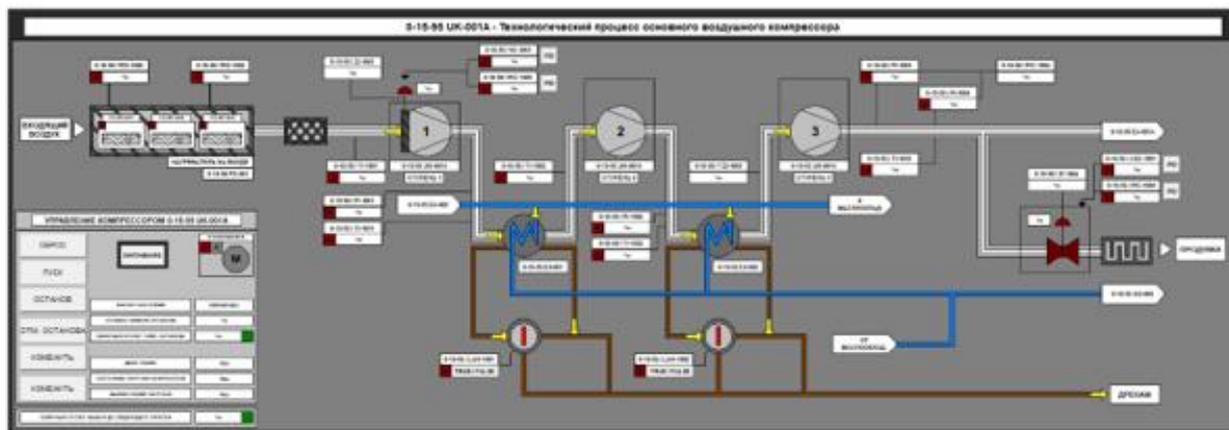


Рисунок 30 – Человеко-машинный интерфейс

На визуализации изображена технологическая схема процесса и выведен контроль над такими показателями как: перепад давления во всасывающем фильтре, температура газа на входе первой ступени, давление газа с нагнетания первой ступени компрессора, температура газа на выходе первой ступени компрессора, температура газа на входе второй ступени компрессора, давление газа с нагнетания второй ступени компрессора, температура газа на выходе второй ступени компрессора, температура газа на входе третьей ступени компрессора, давление газа с нагнетания третьей ступени компрессора, температура газа на выходе третьей ступени компрессора, контроль уровня конденсата, процент открытия ВНА, процент открытия ПК, индикация ошибок и аварийных сигналов с датчиков.

На рисунке 31 изображено окно управления с АРМ оператора.

На окно управления вынесены следующие кнопки: кнопка «Сброс», кнопка «Пуск», кнопка «Останов», кнопка «Отм. останов», кнопка «Изменить» (демонстрационный режим), кнопка «Изменить» (режим загрузки).



Рисунок 31 – Окно управления

На окне управления находятся несколько окон, включая индикацию статуса работы «Мастера состояний», который является программным алгоритмом для управления компрессорами. Также там находится «Уставка таймера останова», с помощью которого задаётся время, когда компрессор должен быть остановлен после нажатия кнопки «Останов», а «Обратный отчет таймера останова» показывает время, в течении которого возможно остановить процесс остановки. Так же имеется индикация статуса работы «Демонстрационного режима», который применяется для тестирования и изменения положения управляющих клапанов (управляющего клапана на всасывание и продувочного клапана) в автоматическом или ручном режиме управления, когда компрессор не работает, используется демонстрационный режим. Данный режим может быть активирован, когда время выбега истекло и компрессор остановлен. Окно индикации «состояния загрузки компрессора» отображает состояние, в котором находится компрессор. Всего четыре состояния: загрузка, загружен, разгрузка и разгружен. Окно индикация «Режима загрузки», у режима загрузки есть два состояния:

- автозагрузка – в этом режиме происходит автоматическая загрузка компрессора. Автозагрузка проверяется по истечении 30 секунд после получения сигнала «компрессор в работе». Это приводит к следующим результатам:

входной направляющий аппарат постепенно открывается с заданной заранее скоростью загрузки (стандартно 5%/сек), а продувочный клапан закрывается;

- разгрузка – в этом режиме оператор сам управляет входным направляющим аппаратом и продувочным клапаном.

И последнее окно «Обратный отчет выбега до следующего запуска» - этот таймер запускается сразу после отключения главного электродвигателя от сети. Пока таймер работает, повторный запуск компрессора невозможен. Из-за инерции компрессор должен свободно вращаться в течение двух или трех минут.

На рисунке 32 изображено окно PID-регулятора, в данное окно можно попасть, нажав на кнопку «PID» на человеко-машинном интерфейсе, изображенного на рисунке 33.

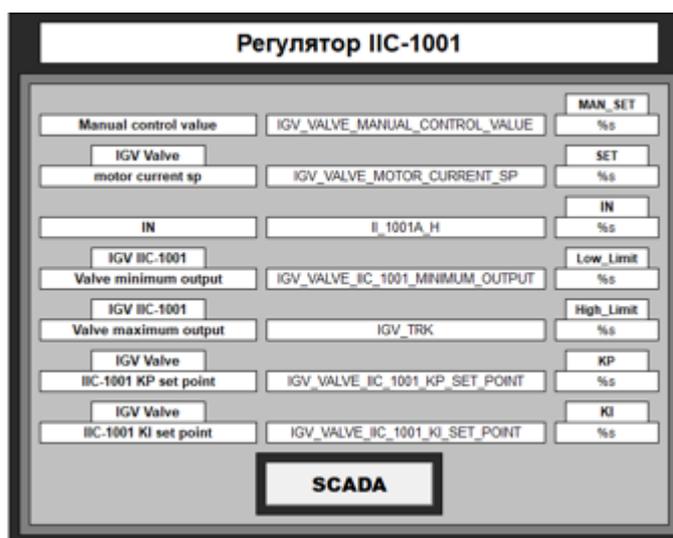


Рисунок 32 – Окно PID-регулятора

На окне регулятора информация следующего содержания: название регулятора, «MAN_SET» – это значение, показывающее процент открытия клапана, «SET» – желаемое значение, уставка, «IN» – фактическое значение, переменная процесса, «LOW_LIMIT» – минимальное значение управляемой переменной, «HIGH_LIMIT» – максимальное значение управляемой переменной, «KP» – пропорциональный коэффициент регулятора, «KI» – интегральный коэффициент регулятора.

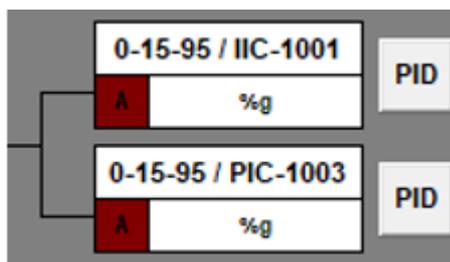


Рисунок 33 – Фрагмент человеко-машинного интерфейса

5.2.2 Система группового управления «мастер контроллер»

Помимо индивидуальной логики работы три воздушных компрессора управляются главной логикой управления – мастер контроллер. Мастер контроллер как уже было выше сказано, это программный алгоритм, который автоматически запускает и останавливает компрессора на основе значений давления нагнетания рисунок 34.

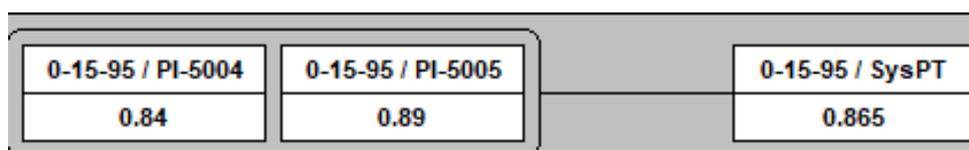


Рисунок 34 – Окно давления нагнетания

Ниже приведены пороги для включения компрессоров по стандарту: от 0 до 0,7 МПа требуются три компрессора; от 0,71 МПа до 0,93 МПа требуются два компрессора; от 0,931 МПа до 0,94 МПа требуется один компрессор; выше 0,9491 МПа компрессоры не требуются.

Общий вид экрана мастер контроллер показан на рисунке 35.

На данном окне отображается состояние каждого из трех компрессоров, и его основные параметры такие как: процент открытия входного направляющего аппарата; процент открытия продувочного клапана; давление перед второй ступенью компрессора; температура на входе в третью ступень; давление на входе в третью ступень; давление на выходе из третьей ступени; режим работы компрессора; индикация работы мотора компрессора.

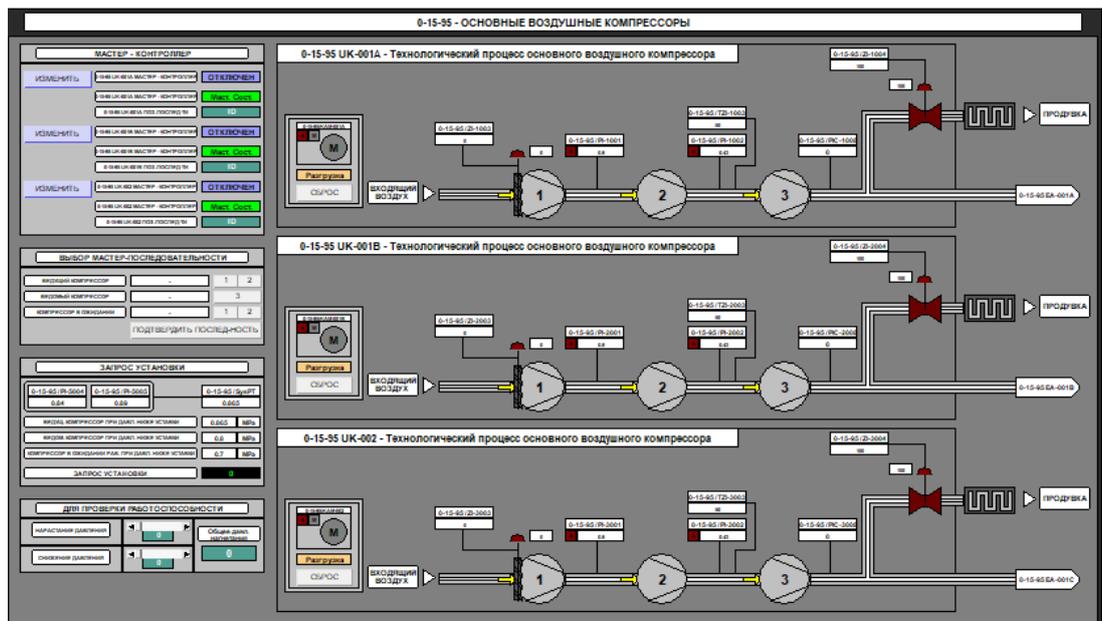


Рисунок 35 – Экран мастер контроллер

На рисунке 36 представлен пульт включения и выключения мастер контроллера для каждого из компрессоров. Статус работы мастер контроллера изменяется индивидуально для каждого компрессора путём нажатия кнопки «Изменить», после чего справа от выбранного компрессора изменяется состояние мастер контроллера, у которого возможно два состояния: «Отключен» и «включен» – данное состояние характеризуется тем, что работа компрессора будет подчиняться логике работы мастер-контроллер;

МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР		
ИЗМЕНИТЬ	0-15-95 UK-001A МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР	ВКЛЮЧЕН
	0-15-95 UK-001A МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР	Маст. Сост.
	0-15-95 UK-001A ПОЗ.ПОСЛЕД-ТИ	ВЕДУЩИЙ
ИЗМЕНИТЬ	0-15-95 UK-001B МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР	ВКЛЮЧЕН
	0-15-95 UK-001B МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР	Маст. Сост.
	0-15-95 UK-001B ПОЗ.ПОСЛЕД-ТИ	В ОЖИДАНИИ
ИЗМЕНИТЬ	0-15-95 UK-002 МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР	ВКЛЮЧЕН
	0-15-95 UK-002 МАСТЕР - КОНТРОЛЛЕР	Маст. Сост.
	0-15-95 UK-002 ПОЗ.ПОСЛЕД-ТИ	ВЕДОМЫЙ

Рисунок 36 – Пульт мастер контроллер

Помимо этого, на данном пульте отображается очередь каждого компрессора в последовательности включения.

Очередь последовательности включения выстраивается вручную на пульте управления «Выбор мастер-последовательности» рисунок 37.

ВЫБОР МАСТЕР-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ			
ВЕДУЩИЙ КОМПРЕССОР	УК-001А	1	2
ВЕДОМЫЙ КОМПРЕССОР	УК-002	3	
КОМПРЕССОР В ОЖИДАНИИ	УК-001В	1	2
ПОДТВЕРДИТЬ ПОСЛЕД-НОСТЬ			

Рисунок 37 – Пульт управления «Выбор мастер последовательности»

Есть 3 режима в последовательности: «ведущий» - компрессор включается в первую очередь, «ведомый» - компрессор включается вторым, «в ожидании» - компрессор включается последним.

Логику работы компрессоров, а именно логику мастер-контроллера можно настроить вручную, через пульт управления «Запрос установки» рисунок 38.

ЗАПРОС УСТАНОВКИ			
0-15-95 / PI-5004	0-15-95 / PI-5005	0-15-95 / SysPT	
0.84	0.89	0.865	
ВЕДУЩ КОМПРЕССОР ПРИ ДАВЛ. НИЖЕ УСТАВКИ	0.555	МПа	
ВЕДОМ. КОМПРЕССОР ПРИ ДАВЛ. НИЖЕ УСТАВКИ	0.3	МПа	
КОМПРЕССОР В ОЖИДАНИИ РАБ. ПРИ ДАВЛ. НИЖЕ УСТАВКИ	0.1	МПа	
ЗАПРОС УСТАНОВКИ	4		

Рисунок 38 – Пульт управления «Запрос установки»

На данном экране как говорилось выше, отображается средняя величина давления нагнетания с двух датчиков, окна настройки показателей давления для логики работы мастер контроллера, и окно «запрос установки» которое отображает общее количество изменений в параметрах мастер контроллера.

Полный человеко-машинный интерфейс и полученные результаты моделирования представлены в приложении Е и Ж.

5.2.3 Местный пульт управления

На рисунке 39 представлен общий вид местного пульта управления, который располагается непосредственно рядом с компрессором.

На местном пульте управления находится лампа, сигнализирующая о том, что компрессор находится в работе, лампа «общего оповещения», лампа «общего отключения», и лампа готовности компрессора к запуску. Так же на пульте есть 4 кнопки, отвечающие за запуск и останов компрессора, проверку исправности сигнализирующих ламп на местной пульте управления, кнопка сброса ошибок и кнопка аварийного останова. Так же имеется двухпозиционный переключатель управления компрессором (дистанционное/местное управления), а также встроенный амперметр показывающий ток главного двигателя компрессора.



Рисунок 39 – Местный пульт управления компрессором.

5.3 Имитатор для апробации программного обеспечения

Для проверки работоспособности и отработки алгоритмов логики работы, был разработан экран, для имитации сигналов и датчиков.

На рисунке 40 представлен экран для имитации сигналов, отвечающих за «общее оповещение», данные сигналы разделяются на 3 группы: сигналы с

датчиков на компрессоре, сигналы по подачи масла, и сигнал от Bently Nevada 3500.

К сигналам от Bently Nevada 3500 относятся: сигнал общей сигнализации;

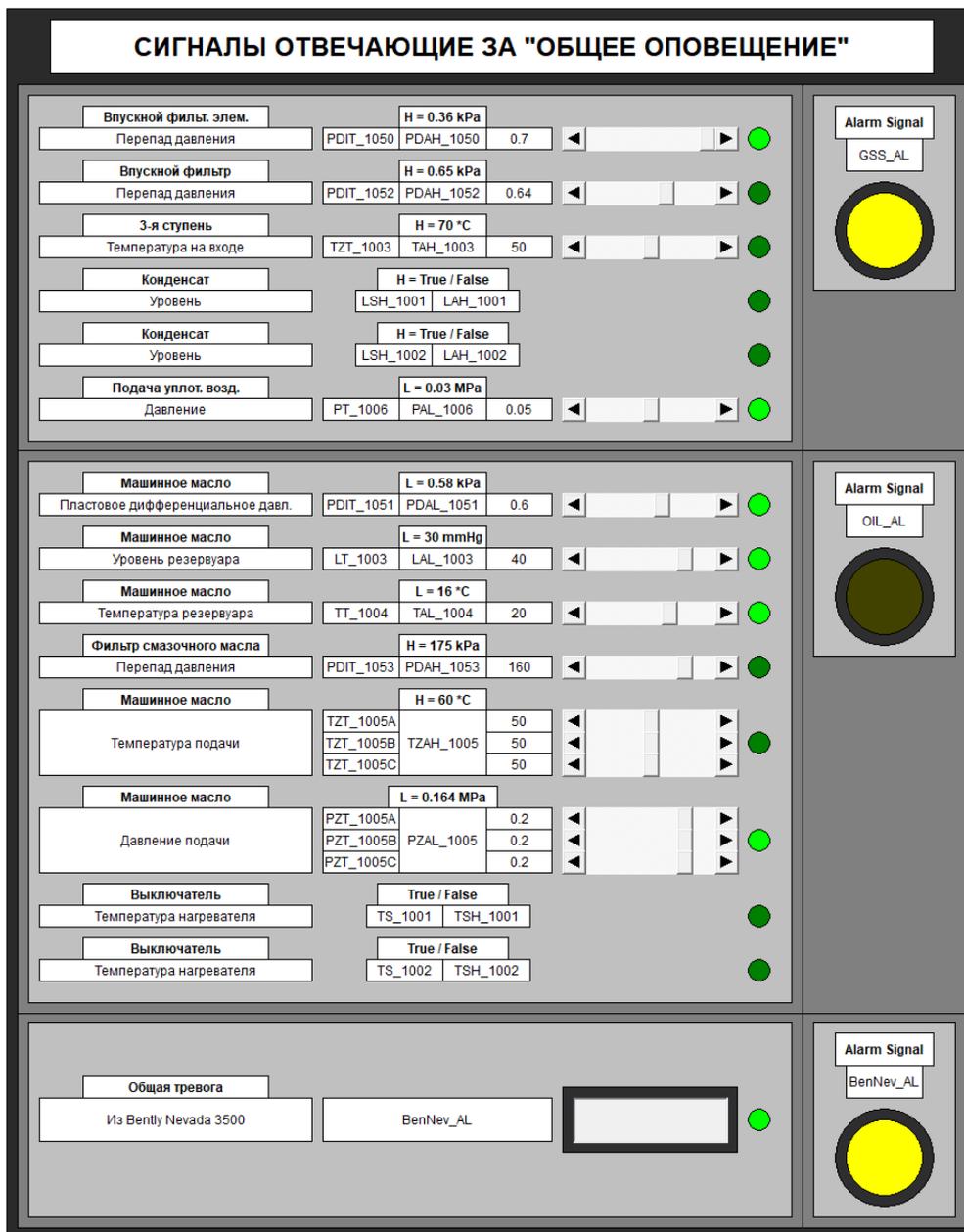


Рисунок 40 – Окно имитации сигналов «Общего оповещения»

К сигналам с датчиков на компрессоре относятся: 2 сигнала по перепаду давления на впускном фильтре с уставкой срабатывания больше 0,36 кПа и 0,65 кПа, температура воздуха на входе в третью ступень с уставкой срабатывания больше 70 °С, 2 сигнала о достижении уровня конденсата в

конденсатоотводчиках, давление подачи уплотнительного воздуха с уставкой срабатывания меньше 0,03 МПа.

К сигналам по подачи масла относятся: пластовое дифференциальное давление с уставкой срабатывания ниже 0,36 кПа, уровень смазочного масла в резервуаре с уставкой срабатывания меньше 33 мм рт.ст., температура смазочного масла в резервуаре с уставкой срабатывания меньше 16 °С, перепад давления на фильтре смазочного масла с уставкой срабатывания выше 175 кПа, температура подачи смазочного масла с уставкой срабатывания выше 60 °С, давление подачи смазочного масла с уставкой срабатывания ниже 0,164 МПа, сигналы о выключении подогревателя смазочного масла.

На рисунке 41 изображен экран для имитации сигналов, отвечающих за «Общее выключение». Сигналы общего выключения разделяются так же на 3 группы: сигналы с датчиков на компрессоре, сигналы по подачи масла, и сигнал от Bently Nevada 3500.

К сигналам общего выключения с датчиков на компрессоре относятся: температура воздуха на выходе входе третьей ступени выше 80 °С.



Рисунок 41 – Окно имитации сигналов «Общего выключения»

К сигналам по подачи смазочного масла относятся: температура подачи смазочного масла выше 74 °С; давление подачи смазочного масла ниже 0,103 Мпа.

К сигналам от Bently Nevada 3500 относятся: сигнал отключения по вибрации и сигнал отключения по температуре.

На рисунках 42 - 44 представлен экран имитации сигналов, которые необходимы для формирования готовности компрессора к пуску. На данном экране присутствуют внутренние сигналы и таймеры, а также сигналы с датчиков. На данном экране находятся 20 позиций сигналов, которые необходимы для того, чтобы компрессор был готов к пуску.

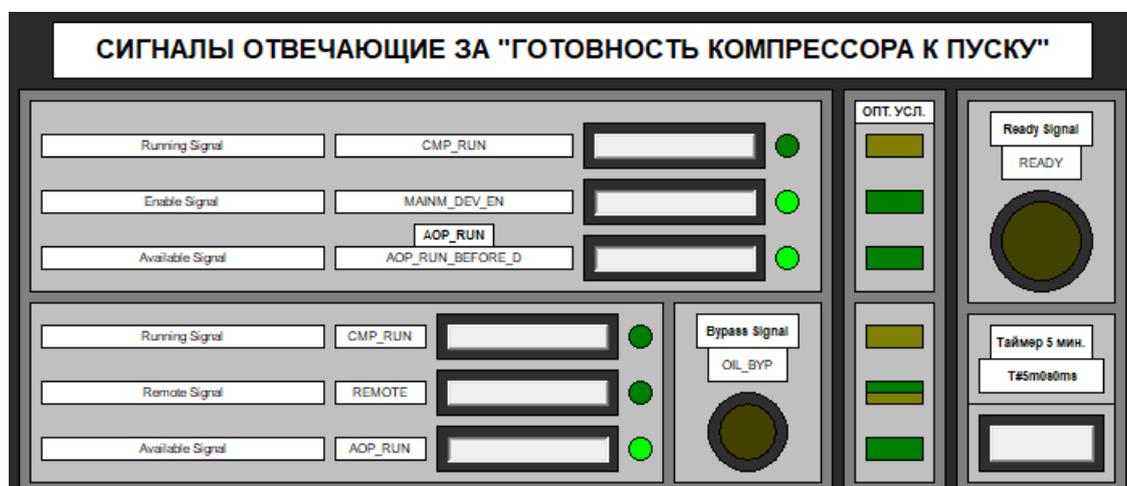


Рисунок 42 – Фрагмент экрана имитации сигналов окна «Готовность компрессора к пуску»

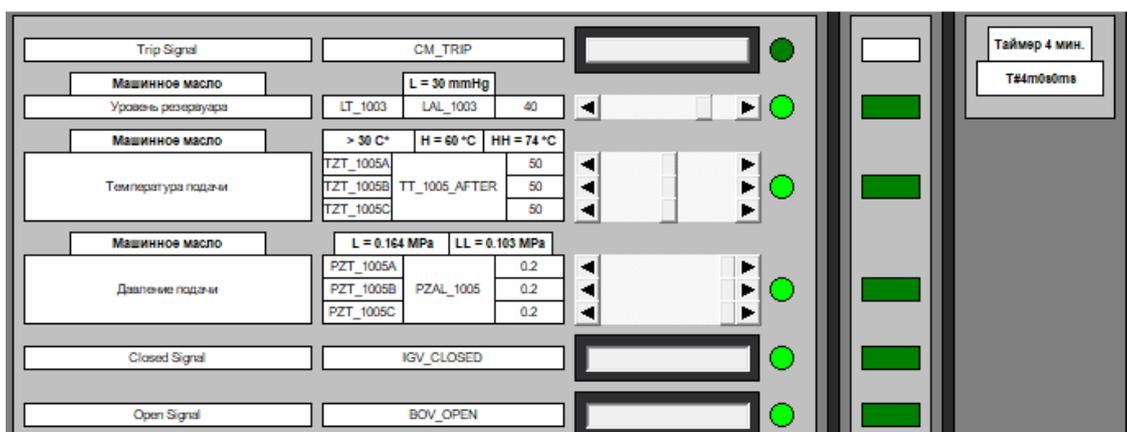


Рисунок 43 – Фрагмент экрана имитации сигналов окна «Готовность компрессора к пуску»

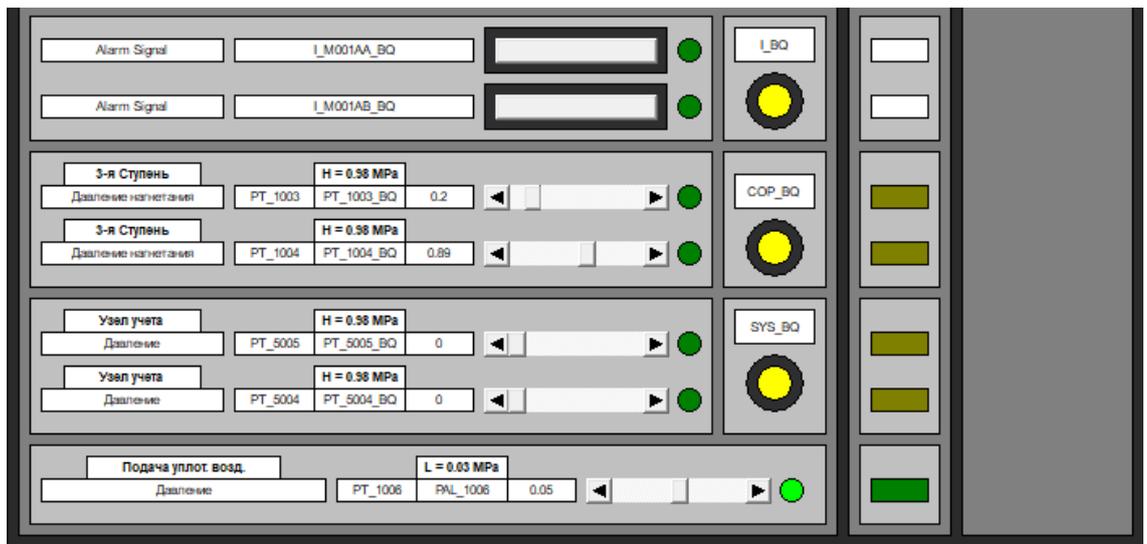


Рисунок 44 – Фрагмент экрана имитации сигналов

На рисунке 45 представлен экран имитации ошибок по работе главного двигателя компрессора, ошибка по положению входного направляющего аппарата и продувочного клапана от заданного положения, а также ползунок, которым имитируется скачок тока в электродвигатели при повышении давления в ресивере.



Рисунок 45 – Экран имитации ошибок

На рисунке 46 представлен экран формирования сигналов необходимых для формирования сигнала, который разрешает управлять входным направляющим аппаратом и продувочным клапаном.

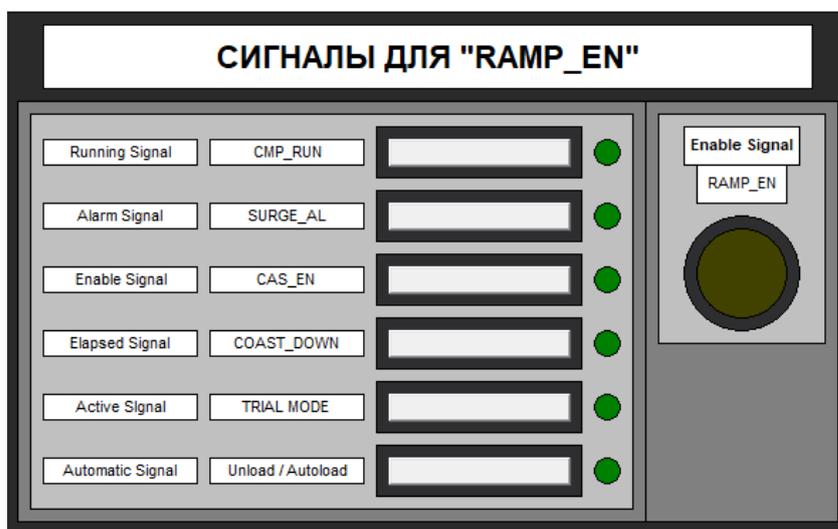


Рисунок 46 – Экран формирования сигнала разрешения на управление входным направляющим аппаратом и продувочным клапаном

На рисунке 47 представлен экран, на котором визуально отображается наличие необходимых сигналов для формирования сигнала на разрешение управления входным направляющим аппаратом и продувочным клапаном.

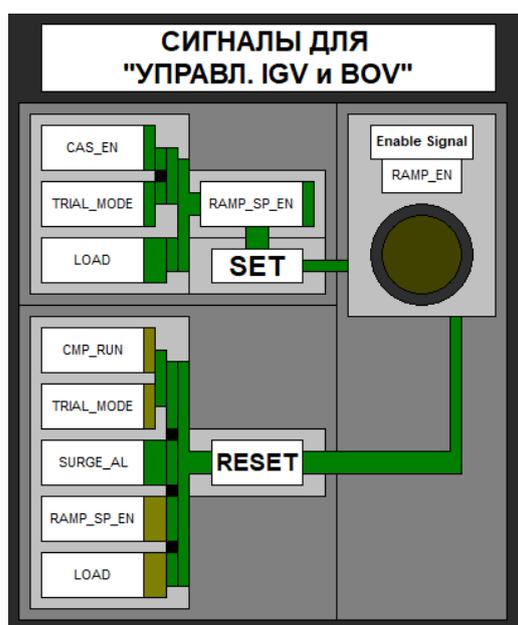


Рисунок 47 – Фрагмент экрана отображения состояния внутренних переменных

На рисунке 48 представлен экран для имитации помпажей в компрессоре. Данный экран включает в себя: кнопку, при нажатии которой имитируется помпаж в компрессоре, счётчик помпажей, а также таймер по истечению которого обнуляется счётчик помпажей. При достижении пяти помпажей, загорается сигнальная лампа «Alarm Signal», которая сигнализирует о том, что помпаж компрессор необходимо остановить, после чего отдаётся команда на останов компрессора.

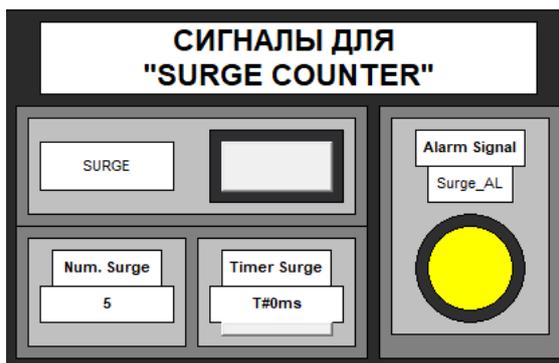


Рисунок 48 – Экран имитации помпажей

Полный интерфейс имитатора для апробации программного обеспечения представлен в приложении К.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

6.1 Безопасность

На Амурском ГПЗ, управление установкой производства азота и воздуха происходит с центральной операторной. В данном разделе будут рассмотрены меры безопасности на рабочем месте оператора.

Активное использование средств вычислительной техники, таких как ПЭВМ и периферийные устройства, при проектировании, разработке и эксплуатации программного обеспечения управления компрессорной установкой – это неизбежная реальность. Однако, работа с этой техникой может подвергать человека воздействию широкого спектра вредных факторов, о которых свидетельствует ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Классификация опасных и вредных производственных факторов. Работники на рабочем месте ощущают влияние некоторых из них. На рабочем месте могут возникнуть различные опасности, которые могут негативно повлиять на здоровье и благополучие работников. Среди них можно отметить повышенную температуру поверхности оборудования и материалов, наличие шума, вибрации и высокой температуры воздуха. Кроме того, можно столкнуться с повышенным напряжением в электрической цепи, что может привести к замыканию через тело человека. Также могут возникать проблемы с электромагнитными волнами и недостатком естественного освещения, что может негативно сказаться на здоровье работников. Важно учитывать все эти факторы и принимать меры для обеспечения безопасности и комфорта на рабочем месте.

Для предотвращения возможных негативных последствий на здоровье, связанных с физической перегрузкой и перенапряжением зрительных анализаторов, используются различные меры по защите труда и обеспечению безопасности [36]: создание звукоизолированного помещения, обеспечение кондиционирования воздуха внутри помещения, использование искусственного освещения.

6.1.1 Требования к рабочему месту инженера-оператора

Оптимальное размещение оборудования и достаточное рабочее пространство играют главную роль при создании комфортных условий труда. Размещение оборудования должно позволять необходимые движения и перемещения. Для оптимальной организации рабочих мест с компьютерами, рекомендуется размещать их так, чтобы естественный свет падал сбоку, в основном слева.

Сидячая поза является важным рабочим положением для оператора, которое способствует уменьшению утомления. Главными компонентами операторского рабочего места являются кресло и стол [37].

Для рациональной планировки рабочего места необходимо установить четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. В зоне, которая находится в легкой досягаемости рабочего пространства, находятся предметы и средства труда, которые чаще всего используются для выполнения работ.

В соответствии с ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» для комфортной работы оператора должны соблюдаться такие требования как [37]:

- для взрослых пользователей стола, высота рабочей поверхности должна быть установлена в диапазоне 680-800 мм. Если это невозможно, высота рабочей поверхности должна быть установлена на уровне 725 мм;

- рабочие столы для ПЭВМ следует рассчитывать в соответствии с размерами модуля. Эти размеры включают ширину 800 мм, 1000 мм, 1200 мм, 1400 мм и глубину 800 мм и 1000 мм, нерегулируемая высота должна составлять 725 мм.

Для рабочих стульев (кресел) высота сиденья и спинки должна быть увеличена таким образом, чтобы можно было регулировать угол наклона и расстояние от переднего края сиденья до спинки стула. Конструкция должна обеспечивать следующее: сиденье должно иметь ширину и глубину не менее

400 мм и закругленный передний край, высота поверхности сиденья регулируется в пределах от 400 мм до 550 мм и имеет угол наклона до 15° к передней части и 5° к задней части, поверхность спинки должна иметь высоту не менее 300 мм и ширину не менее 380 мм.

При работе оператора положение экрана монитора имеет немаловажное значение. Кроме того, возможность регулирования экрана должна быть предусмотрена: по высоте на 3 см, по наклону от -10 до $+20$ относительно вертикали, а также в левом и правом направлениях.

Для эффективной и качественной работы на компьютере важно учитывать размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона на экране. Если оператор находится на расстоянии 60...80 см от экрана дисплея, то высота знака должна быть не менее 3 мм, а оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4. Расстояние между знаками должно быть 15...20% от их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов должно быть от 1:2 до 1:15.

Специалисты рекомендуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз при использовании компьютера. Они также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит вниз, его глаза закрываются не полностью, что вызывает обезвоживание глаз и увеличивает площадь обзора. Если экран установлен высоко и глаза широко открыты, функция моргания нарушается, что приводит к быстрой утомляемости глаз, поскольку они не закрываются полностью и не получают достаточного увлажнения слезной жидкостью [37].

6.1.2 Требования к микроклимату

Инженеры-операторы работают в помещениях, где температура повышается за счет вычислительного оборудования и компьютерной периферии. Это может привести к микроклиматическим изменениям на рабочем месте и общему перегреву людей.

В производственных помещениях, где работа на ПЭВМ является основным видом деятельности и связана с неврологическими и психическими

нагрузками, должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата для рабочих категорий 1а и 1б в соответствии с действующими гигиеническими и эпидемиологическими нормами микроклимата в производственных помещениях [37].

Работу инженера-оператора можно отнести к категории работ 1а, следовательно, в рассматриваемом помещении должно поддерживаться оптимальные параметры микроклимата. В таблице 28 приведены нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ.

Таблица 28 - Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ

Период года	Температура воздуха, гр. С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	0.1
Теплый	23-25	40-60	0.1

В теплое время года для поддержания оптимальной температуры и удаления тепла из помещения используются вентиляторы и дефлекторы воздуха. Зимой для поддержания оптимальной температуры используются системы отопления. В теплое время года следует также установить кондиционер, так как температура в помещении может достигать 25 °С и выше.

6.1.3 Требования уровня шума и вибрации

Снижение производительности труда и возникновение травм — это негативный эффект увеличенного уровня шума, который возникает при работе ПЭВМ и периферии, при котором нервная система человека подвергается вредному воздействию. При длительном воздействии шума происходят также нежелательные явления, такие как повышение кровяного давления и снижение остроты слуха.

Для соблюдения уровней шума на рабочих местах при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ в производственных помещениях требуется соответствие действующим нормативам для

данных видов работ. Шумные устройства, включая печатающие устройства и серверы, уровни шума которых превышают нормативные, размещены вне помещений с ПЭВМ.

Для борьбы с шумом применяются разнообразные методы. Один из них предполагает уменьшение уровня шума в месте его возникновения. Иной подход заключается в изменении направления излучения [37].

6.1.4 Электробезопасность

Высокий уровень напряжения в электрической цепи - один из факторов, вызывающих электротравмы, которые могут быть вызваны разными причинами. Если человек прикоснется к проводам с нарушенной изоляцией находящихся под напряжением или к корпусам приборов с пробоем изоляции и находящимися под напряжением, это может привести к поражению электрическим током. Одним из видов электротравм является электрический ожог, который возникает из-за теплового воздействия электрического тока в месте контакта.

Еще одним эффектом воздействия электрического тока на организм является электроофтальмия - воспаление наружных оболочек глаз, вызванное ультрафиолетовым излучением дуги. Кроме того, существуют механические повреждения, которые могут быть вызваны непроизвольными сокращениями мышц под действием тока.

Для обеспечения электробезопасности принимаются следующие меры: в электрической розетке имеется провод защитного заземления или заземляющий контур для внешнего заземления, чтобы предотвратить поражение электрическим током. Максимальное сопротивление цепи заземления составляет не более 4 Ом. Также проводятся инструктажи по технике безопасности и использовать электроприборы согласно их техническим паспортам для правильной эксплуатации [38].

6.2 Экологичность

6.2.1 Экологическая безопасности при эксплуатации программного обеспечения

При эксплуатации программного обеспечения требуется использование вычислительной техники и периферии, включающей системные блоки компьютера, мониторы, клавиатуры, мышки и другую технику. Эксплуатация программного обеспечения непосредственно не вредит окружающей среде, ее широкое использование может негативно влиять на экологию. Это вызывает вопросы списания и утилизации старой техники, которую предприятие должно закупать для разработки программного продукта.

Предприятия могут воспользоваться услугами специализированных организаций для утилизации оргтехники, которая включает в себя работы по погрузке, транспортировке, разгрузке, складированию, демонтажу и извлечению различных материалов из списанных технических средств. Полученные материалы затем сортируют, разделяют и упаковывают для продажи или сдачи на захоронение специализированным организациям для дальнейшей переработки.

6.2.2 Загрязнение окружающей среды при производстве вычислительной техники

Изготовление вычислительной техники является процессом, который имеет негативное воздействие на окружающую среду. Воздух загрязняется при проведении паяльных работ, а сточные воды, использованные в процессе изготовления печатных плат, сбрасываются в водные бассейны, что также приводит к их загрязнению.

Вода широко используется в промышленных целях, для очистки печатных плат. Однако после использования вода часто содержит различные химические примеси, такие как гидроксид меди, цинк, никель, соединения хрома и хлорид железа, а также технологические отходы, такие как масло и пыль.

Сточные воды очищаются от твердых частиц путем фильтрации, отстаивания, центробежного разделения твердых частиц. Сточные воды очищаются

от масла путем отстаивания, гидроциклонной очистки, флотации и фильтрации. Очистка сточных вод от примесей осуществляется путем экстракции, нейтрализации, ионного обмена и озонирования. Нейтрализация сточных вод используется для удаления кислот, щелочей и солей металлов на их основе.

Нейтрализация осуществляется следующим образом: смешиванием кислых и щелочных промышленных сточных вод, а также добавлением щелочных (кислых) реагентов в кислые (щелочные) сточные воды. Для нейтрализации сульфата и ионов железа в сточных водах, загрязненных ПЭВМ производством, используется товарная известь.

Многие токсичные и раздражающие вещества (например, аммиак и его соли, формальдегид, ацетон, фтористый водород, азотная и соляная кислоты, каустическая сода, свинец и его соли, оксид цинка) выделяются в процессах травления, гальванизации и пайки металлов и выбрасываются в воздух через вытяжные вентиляционные отверстия. Поэтому выбрасываемый воздух должен быть очищен, чтобы концентрация вредных загрязнений в атмосфере не превышала допустимых санитарных норм. Для снижения концентрации этих веществ в воздухе широко используются различные типы пылеуловителей, фильтров. В настоящее время в России действует Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года (с изменениями от 19 декабря 2022 года и 30 мая 2023 года) «Об отходах производства и потребления». В таблице 29 приведены классы опасности отходов производства и потребления [39].

При использовании техники появляются различные виды отходов. В этот список входят компьютеры, которые могут быть устаревшими или вышедшими из строя системными блоками. В их состав входят различные компоненты, такие как корпус (класс опасности 4), металлосодержащие компоненты и пластик (классы опасности 3-2). В список также входят мониторы с классом опасности 1, так же к компьютерным отходам можно отнести и другое оборудование на основе пластмассы, например, принтеры и офисное оборудование (корпуса офисного оборудования также относятся к 4 классу опасности) [38].

Таблица 29 – Классы опасности отходов производства и потребления

Класс опасности отхода для окружающей среды	Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды
I Класс Чрезвычайно опасные	Очень высокое	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует
II Класс Высоко опасные	Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного действия
III Класс Умеренноопасные	Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника
Класс опасности отхода для окружающей среды	Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды
IV Класс Малоопасные	Низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3-ех лет
V Класс Практически неопасные	Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена

6.2.3 Загрязнение окружающей среды при утилизации ртутьсодержащих ламп

На рабочем месте оператора компрессорной установки используются светильники с лампами, основанные на люминесцентной технологии, в качестве осветительных приборов. Они имеют осветительный элемент, заполненный ртутью.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (утвержденному приказом Минприроды России от 30 сентября 2011 г. №792), ртутьсодержащие лампы относятся к отходам I класса опасности (чрезвычайно опасные). Степень опасного влияния таких отходов на окружающую среду оценивается как очень высокая, которая наносит необратимый ущерб экосистемам, а экосистемы, нарушенные такими отходами, не имеют периода восстановления [40].

Предельно допустимая концентрация (ПДК) ртути в атмосферном воздухе и воздухе помещений составляет 0,0003 мг/м³. Одна разбитая ртутьсодержащая лампа может отравить до 6 м³ воздуха.

Признаки отравления парами ртути имеют характерные особенности. При незначительных концентрациях ртути наблюдается легкая возбудимость, ослабление памяти и мелкая дрожь частей тела. Симптомами могут быть металлический привкус во рту, сильное слюнотечение и разрыхление десен. В дальнейшем возможно появление язв на деснах, выпадение зубов и поражение нервной системы и пищеварительного тракта. Острое отравление проявляется нарушением работы кишечника, рвотой, распуханием губ и десен. В конечном итоге, возможен упадок сердечной деятельности, редкий и слабый пульс и даже обмороки.

Очень важным является правильно организовать сбор и хранение ртутьсодержащих ламп и приборов, вышедших из строя, еще до момента их передачи на утилизацию (обезвреживание).

Для сбора и накопления отработанных ртутьсодержащих ламп необходимо следовать определенной процедуре, которая включает в себя следующие

шаги: необходимо отработавшие ртутьсодержащие лампы накапливать отдельно от других видов отходов. Не допускается использование, транспортирование, или самостоятельное обезвреживание отработанных ртутьсодержащих ламп [41].

После сбора и накопления ртутьсодержащих ламп возникает вопрос об их транспортировке до места утилизации. Ниже приведён порядок транспортировки отработанных ртутьсодержащих ламп:

1. Транспортировка отработанных ртутьсодержащих ламп осуществляется строго в соответствии с правилами перевозки опасных грузов.

2. Для транспортировки поврежденных отработанных ртутных ламп используются специальные контейнеры, обеспечивающие герметичность и исключающие возможность загрязнения окружающей среды.

3. Автоматические сигнализаторы паров ртути должны быть установлены в местах сбора и утилизации ртутьсодержащих отработанных ламп (включая погрузочно-разгрузочные зоны и грузовые помещения транспортных средств), где могут возникать концентрации ртути, превышающие гигиенические нормы. Так же необходимо снабдить средствами индивидуальной защиты органов дыхания, которые можно свободно использовать в аварийных ситуациях в зонах с потенциальным загрязнением [41].

Отработанные ртутьсодержащие лампы размещаются для обезвреживания, переработки и использования вторичных продуктов, которые осуществляются специализированными организациями. Хранение отработанных ламп осуществляется в специальных помещениях, которые защищены от химически агрессивных веществ, атмосферных осадков, поверхностных и грунтовых вод. Использованные лампы также следует хранить в таком месте, где тара не будет повреждена.

Контейнеры из под новых ламп – не единственное возможное применение для хранения ртутьсодержащих отработанных ламп, возможно использование и других, которые обеспечивают их сохранность при транспортировке, погрузо-разгрузочных работах и хранении. Однако не стоит хранить

поврежденные и неповрежденные лампы вместе. Если ртутьсодержащие лампы повреждены, их нужно хранить в специальной таре. При этом запрещается захоронять отработанные лампы [41].

6.3 Чрезвычайные ситуации

6.3.1 Пожарная безопасность

Как уже было указано выше, место инженера-оператора компрессорной установки находится за пределами установки и расположено в отдельном здании – центральной операторной, поэтому рассмотрим правила пожарной безопасности именно для этого здания.

Электрические пожары в центральной операторной могут возникнуть по разным причинам. К ним относятся короткие замыкания, перегрузки, большие переходные сопротивления, искрение и электрические дуги, а также статическое электричество. Неправильное использование электрического оборудования, которое не соответствует классификации пожарной безопасности помещения, также может стать причиной пожара. Отсутствие устройств защиты от перегрузок по току и напряжению, а также тепловой защиты в радиоэлектронном оборудовании также может стать причиной пожара.

Для обеспечения пожарной безопасности в центральной операторной учитываются несколько факторов. Один из главных – это наличие автоматической системы обнаружения пожаров. Ее задача – сообщить дежурному персоналу о возникновении огня и его местонахождении. Эта система способна обнаружить начальную стадию пожара и автоматически включить системы пожаротушения и дымоудаления. Так же используются различные эффективные средства обнаружения пожарной опасности, такие как системы сигнализации и оповещения.

Чтобы быть эффективной, пожарная сигнализация быстро обнаруживает место возникновения пожара и передает сигнал о возгорании в пожарную часть, которая располагается на территории Амурского ГПЗ. Кроме того, пожарная сигнализация невосприимчива к влиянию внешних факторов, не

связанных с пожаром, и своевременно извещает о любых неисправностях в самой системе оповещения.

Для обеспечения безопасности при возможном пожаре и эвакуации людей, на каждом этаже здания, разработаны и вывешены планы эвакуации на видных местах. Планы содержат графическую и текстовую части. Раздел чертежа включает четкий чертеж планов этажей здания, где предлагаемые пути эвакуации обозначены сплошными зелеными стрелками, а резервные пути – пунктирными стрелками. На планах также показаны условные знаки, указывающие на расположение огнетушителей, пожарных кранов и телефонов. Текстовая часть представлена в виде таблицы, содержащая подробные инструкции о действиях при пожаре, дополнена знаками безопасности и символами для большей наглядности согласно СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [42].

Для планов эвакуации этажей и помещений размеры должны быть не менее 600 мм на 400 мм; для локализованных планов эвакуации размеры должны быть 400 мм на 300 мм. Для составления плана эвакуации необходима информация о поэтажном плане помещения от бюро технической инвентаризации, перечень помещений с правильными названиями, полное наименование организации, должность и ФИО лица, ответственного за утверждение плана эвакуации, местоположение огнетушителей, пожарных кранов, электрощитовых, ручных пожарных извещателей, телефонов, запасных выходов и пожарных лестниц [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы было произведено описание объекта автоматизации, его назначения и структуры.

Были достигнуты все поставленные цели, изучена установка производства азота и воздуха, техническая документация по системе, технологические процессы системы по производству воздуха, технические характеристики и свойства воздушного компрессора и был создан программный прототип системы управления воздушной компрессорной установки на Амурском газоперерабатывающем заводе, который полностью выполняет свои функции и может использоваться по назначению. В случае необходимости программный прототип можно модернизировать.

Была разработана укрупненная технологическая схема Амурского газоперерабатывающего завода, общая технологическая схема, функциональная схема (алгоритм работы), функциональная схема (подключения технических средств полевого уровня), принципиальная электрическая схема соединений, алгоритмическая схема разработанной программы, человеко-машинный интерфейс, написан программный код.

Заключением данной работы стал перечень всей документации и приложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Gazprom.ru: Газпром. Амурский газоперерабатывающий завод [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/projects/amur-gpp/> - 11.04.2023.
- 2 Дятлова, Е.П. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами: учебно-методическое пособие / Е.П. Дятлова. - СПб ВШТЭ СПбГУПТД., 2019. – 68 с. - 15.04.2023.
- 3 Prisma.nt-rt.ru: Входной направляющий аппарат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://prisma.nt-rt.ru/images/manuals/pneumatic_actuators_heavy_duty-eng.pdf - 13.04.2023.
- 4 Apollo-vostok.ru: Продувочный клапан APOLLO V100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apollo-vostok.ru/products/globe-valve/> - 13.04.2023.
- 5 Apollo-vostok.ru: Пневматический привод APOLLO HP-200S [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apollo-vostok.ru/products/pneumatic/> - 13.04.2023.
- 6 Apollo-vostok.ru: Пневматический привод APOLLO A-100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apollo-vostok.ru/products/pneumatic/> - 13.04.2023.
- 7 Ru.endress.com: Преобразователь давления измерительный Deltabar S PMD75 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/izmerenie-davleniya/Deltabar-PMD75?t.tabId=product-overview> – 14.04.2023.
- 8 Ru.endress.com: Измерительный преобразователь давления Cerabar S PMP71 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/izmerenie-davleniya/preobrazovatel-davlenia-Cerabar-PMP71?t.tabId=product-overview> – 20.04.2023.
- 9 Ru.endress.com: Термопреобразователь сопротивления платиновый iTEMP TR66 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/Temperature-measurement-thermometers-transmitters/termopreobrazovatel-soprotivleniya-Omnigrad-S-TR66> - 20.04.2023.

10 Ru.endress.com: Преобразователь измерительный iTEMP TMT82 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/Temperature-measurement-thermometers-transmitters/TMT82?t.tabId=product-overview> – 20.04.2023.

11 Enesystem.com: Сигнализатор уровня Drain Master В DM-150В [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://enesystem.com/wp-content/uploads/2022/03/DM-150B-5000B-DM-150BS-Technical-data.pdf> - 20.04.2023.

12 Manualslib.com: Позиционер Fisher DVC6200 hw2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.manualslib.com/manual/2921363/Emerson-Fisher-Fieldvue-Dvc6200-Hw2.html> - 20.04.2023.

13 Siemens-pro.ru: Модульные программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7-400 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-400.htm> - 26.04.2023.

14 Mall.industry.siemens.com: Центральный процессор Siemens Simatic S7-400H 6ES7410-5HX08-0AB0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7410-5HX08-0AB0> - 27.04.2023.

15 Mall.industry.siemens.com: Блок электропитания Siemens Siplus 6AG1407-0КА02-7АА0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6AG1407-0КА02-7АА0> - 27.04.2023.

16 Mall.industry.siemens.com: Модуль аналогового ввода Siemens 6ES7331-7TF01-0AB0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7331-7TF01-0AB0> - 31.04.2023.

17 Mall.industry.siemens.com: Модуль аналогового ввода Siemens Simatic S7 6ES7336-4GE00-0AB0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7336-4GE00-0AB0> - 04.05.2023.

- 18 Mall.industry.siemens.com: Модуль аналогового вывода Siemens 6ES7332-8TF01-0AB0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7332-8TF01-0AB0> - 06.05.2023.
- 19 Mall.industry.siemens.com: Модуль дискретного ввода Siemens 6ES7321-7BH01-0AB0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7321-7BH01-0AB0> - 07.05.2023.
- 20 Mall.industry.siemens.com: Модуль дискретного ввода Siemens Simatic S7 6ES7326-1BK02-0AB0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7326-1BK02-0AB0> - 07.05.2023.
- 21 Mall.industry.siemens.com: Модуль дискретного вывода Siemens 6ES7322-8BH10-0AB0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7322-8BH10-0AB0> - 07.05.2023.
- 22 Mall.industry.siemens.com: Интерфейсный модуль Siemens Simatic 6ES7153-2BA10-0XB0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7153-2BA10-0XB0> - 07.05.2023.
- 23 Phoenixcontact.com: Источник бесперебойного питания Phoenix Contact QUINT-PS/1AC/24DC/20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/en-ps/products/power-supply-unit-quint-ps-1ac-24dc-20-2866776> - 07.05.2023.
- 24 Gminternational.com: Барьер искрозащиты G.M. International D5011S для аналогового ввода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gminternational.com/index.php?pid=D5011S> – 08.05.2023.
- 25 Gminternational.com: Барьер искрозащиты аналогового вывода G.M. International D5020S [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gminternational.com/?p=product_details&lang=ru&pid=D5020S – 08.05.2023.
- 26 Gminternational.com: Барьер искрозащиты дискретного ввода G.M. International D5034s [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gminternational.com/?p=product_details&lang=ru&pid=D5034S – 08.05.2023.

27 Gminternational.com: Барьер искрозащиты дискретного вывода G.M.International D5096s [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gminternational.com/?pid=D5096S> – 08.05.2023.

28 Mall.industry.siemens.com: Терминальный модуль ввода аналоговых сигналов Simatic PCS7 6ES7650-1AH62-5XX0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7650-1AH62-5XX0> - 08.05.2023.

29 Mall.industry.siemens.com: Терминальный модуль Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AB61-2XX0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7650-1AB61-2XX0> - 08.05.2023.

30 Mall.industry.siemens.com: Терминальный модуль Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AC11-3XX0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7650-1AC11-3XX0> - 09.05.2023.

31 Mall.industry.siemens.com: Терминальный модуль Siemens Simatic PCS7 6ES7650-1AD11-2XX0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7650-1AD11-2XX0> - 09.05.2023.

32 Bently.nt-rt.ru: Система мониторинга Bently Nevada 3500 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bently.nt-rt.ru/images/manuals/03-01.pdf> - 09.05.2023.

33 Simatic-market.ru: Система Siemens Simatic PCS 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/5309999/info/> - 10.05.2023.

34 Лаврищев, И.Б. Разработка принципиальных электрических схем систем управления процессами пищевых производств: Метод. указания к практическим занятиям по курсовому проектированию для студентов спец. 210200 и направления 550200. / И.Б. Лаврищев, А.Ю. Кириков, В.А. Добряков – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 197 с. – 15.05.2023.

35 Рыбалёв, А.Н. Программирование ПЛК в CoDeSys. Типовые системы управления. Учебное пособие. / А.Н. Рыбалёв – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2023. – 62 с. – 20.05.2023.

36 Npropri.ru: ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://npropri.ru/wpcontent/uploads/2015/03/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2-12.0.003-74.pdf> – 06.06.2023.

37 Internet-law.ru: ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/5265/?ysclid=lizpq6qe19484809580> – 06.06.2023.

38 Fsvps.gov.ru: ГОСТ 12.1.019 2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npa-files/2011/12/13/gost-54763-2011.pdf> - 06.06.2023.

39 Kuzro.ru: Федеральный закон от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kuzro.ru/legal/federalnyj-zakon-ot-24-06-1998--89-fz-ob-othodah.html> - 06.06.2023.

40 Mnr.gov.ru: Приказ Минприроды РФ от 30.09.2011 N 792 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie_dokumenty/federalnyy_klassifikatsionnyy_katalog_otkhodov/razyasneniya_po_voprosu_deystviya_razreshitelnykh_dokumentov_v_oblasti_obrashcheniya_s_otkhodami_s_0/?ysclid=lizpxe8ihl358857647 – 06.06.2023.

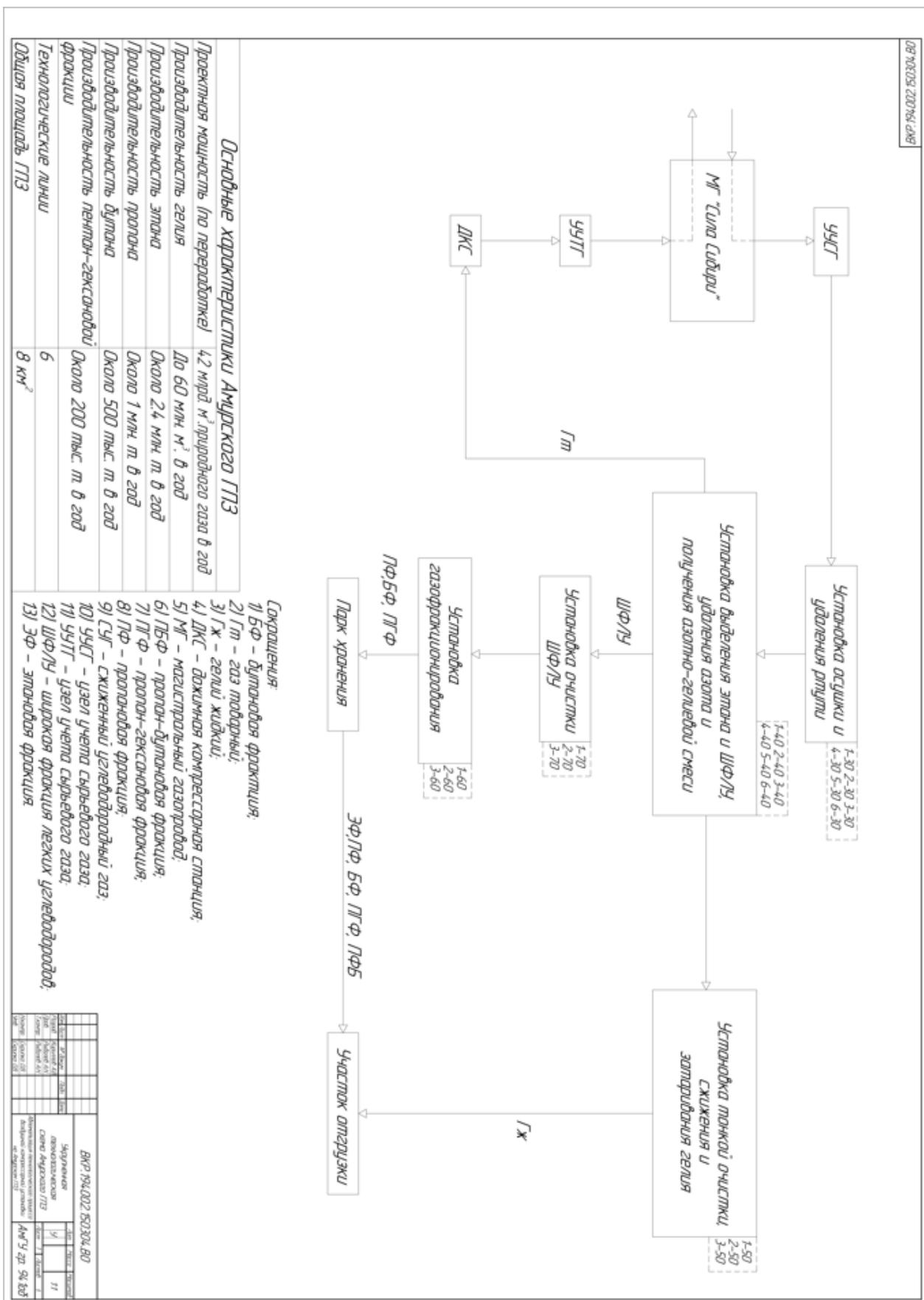
41 Consultant.ru: Постановление Правительства РФ от 28.12.2020 N 2314 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор,

накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373084/ - 06.06.2023.

42 47.mchs.gov.ru: СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://47.mchs.gov.ru/deyatelnost/stranicy-s-glavnoy/zakonodatelstvo/normativno-pravovye-dokumenty-po-pozharnoy-bezopasnosti/snip-21-01-97-pozharnaya-bezopasnost-zdaniy-i-sooruzheniy> – 06.06.2023.

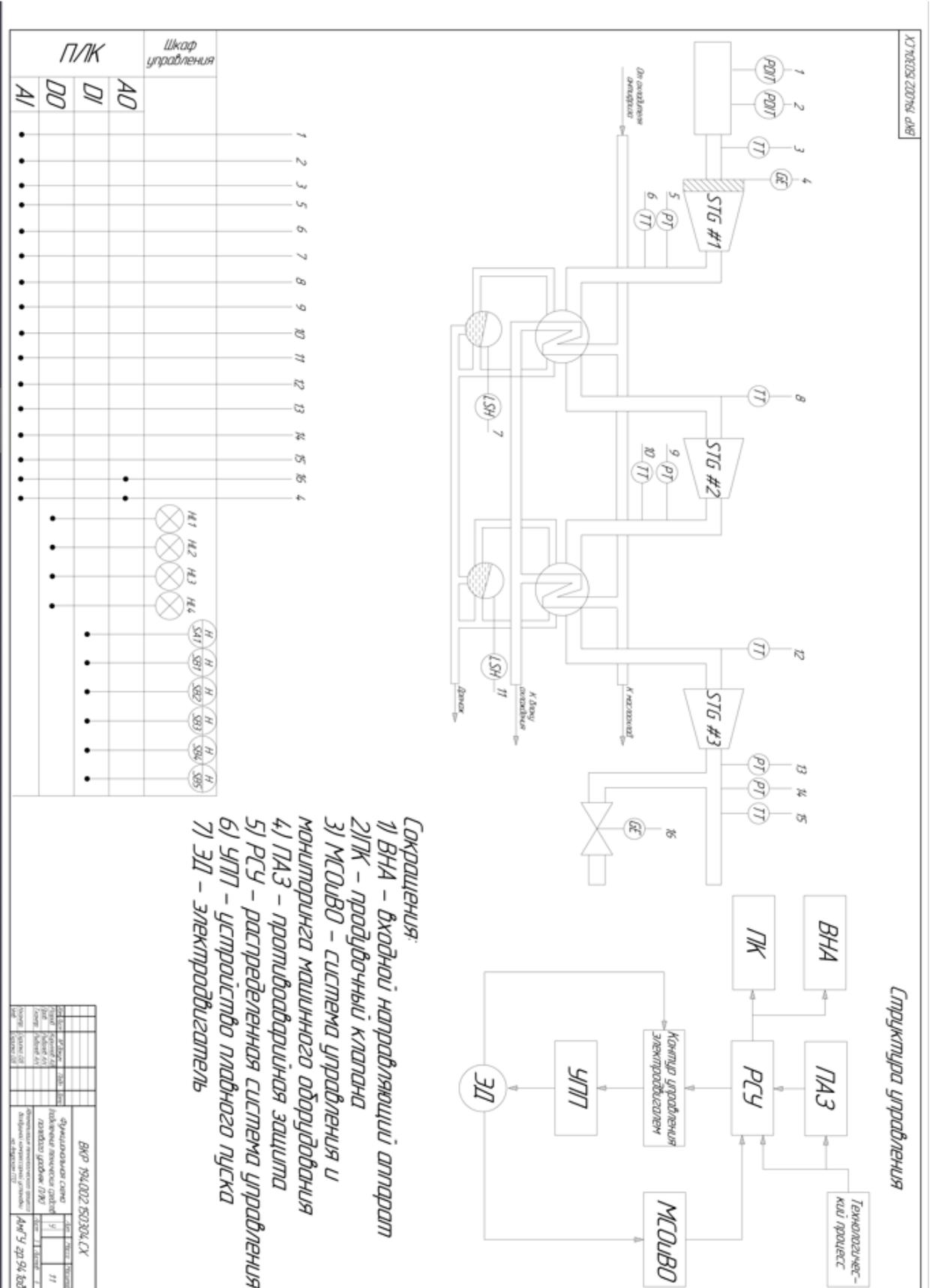
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Укрупненная технологическая схема Амурского ГПЗ



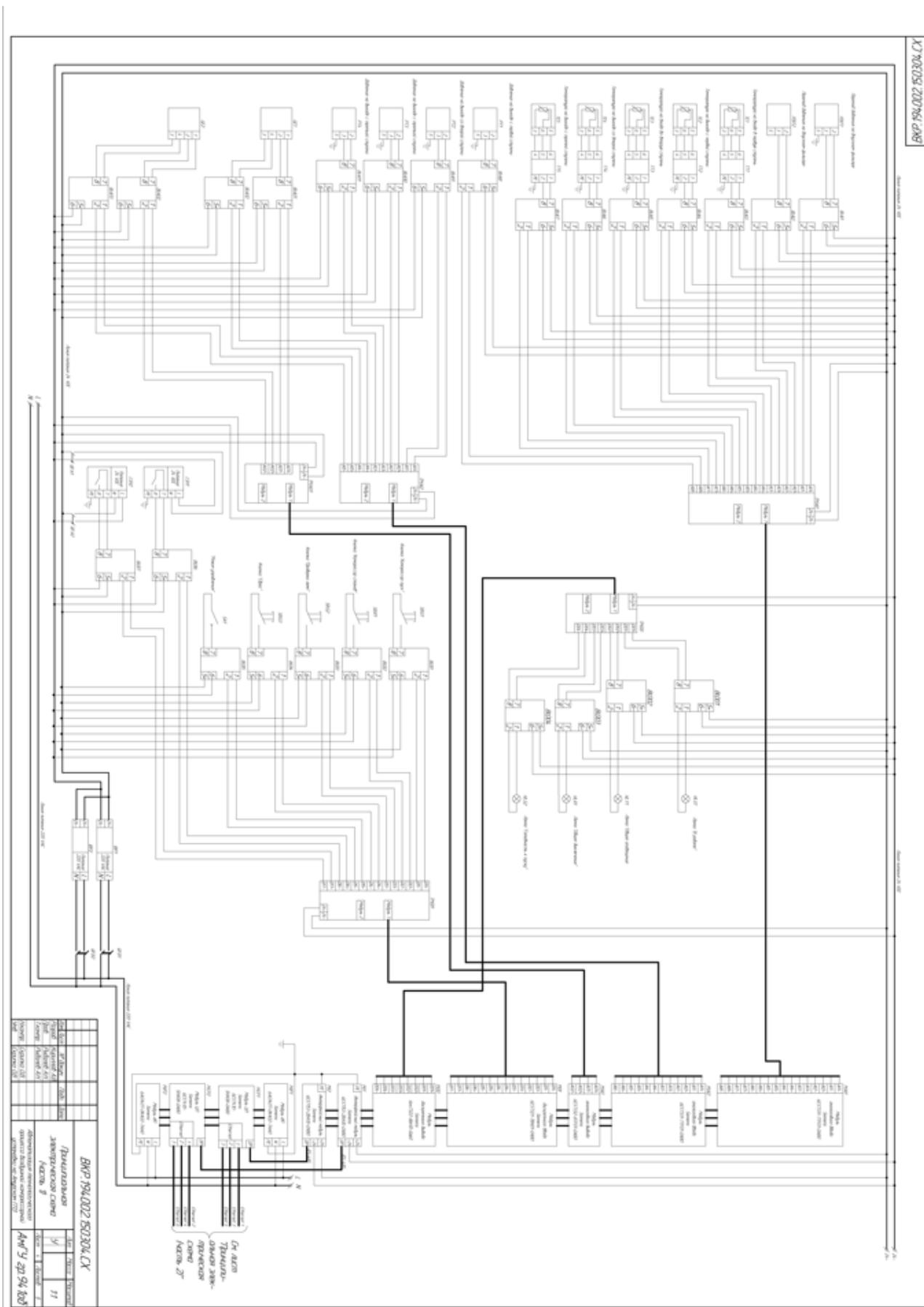
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Функциональная схема (подключение технических средств полевого уровня к ПЛК)



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

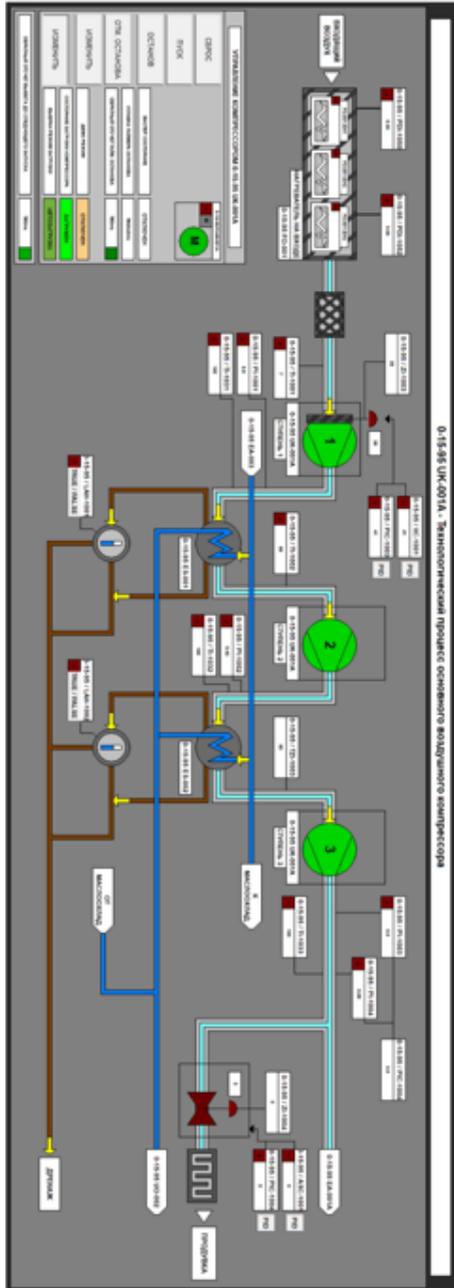
Принципиальная электрическая схема (часть 1)



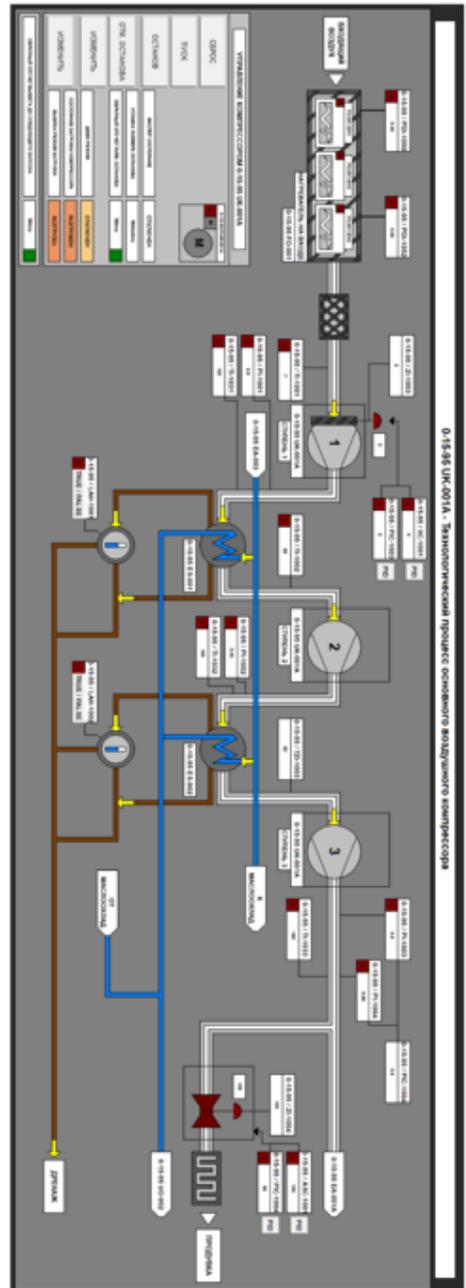
ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Человеко-машинный интерфейс управления компрессором

ВКР 194.002.1503.04.80



Компрессор эащищен



Компрессор остановлен

ВКР 194.002.1503.04.80		Человеко-машинный интерфейс управления компрессором	
ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Интерфейс имитатора для апробации программного обеспечения

ВМР 194.002.150304.80

The interface is divided into several functional panels:

- СИГНАЛЫ ОТВЕЧАЮЩИЕ ЗА "ОБЩЕЕ ОПОВЕЩЕНИЕ"**: A panel with a large yellow indicator light and multiple signal status indicators (green and red).
- СИГНАЛЫ ОТВЕЧАЮЩИЕ ЗА "ГОТОВНОСТЬ КОМПРЕССОРА К ПУСКУ"**: A panel with a large green indicator light and several signal status indicators.
- СИГНАЛЫ ДЛЯ "ВОУ" С РЕЛЬСОВ**: A panel with four signal status indicators labeled ИОВ, ВОУ, АРС-ИОВ, and РС-ИОВ.
- СИГНАЛЫ ДЛЯ "SURGE COUNTER"**: A panel with a large yellow indicator light and a digital display showing the value 5.
- ОДНО ОТКАЗЫ СИГНАЛЫ ДЛЯ "ИОВ"**: A panel with a large green indicator light and several signal status indicators.
- ОДНО ОТКАЗЫ СИГНАЛЫ ДЛЯ "ВОУ"**: A panel with a large green indicator light and several signal status indicators.
- СИГНАЛЫ ОТВЕЧАЮЩИЕ ЗА "ОБЩЕЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ"**: A panel with a large green indicator light and several signal status indicators.
- ИМИТАЦИЯ ОШИБОК**: A panel with three red indicator lights and several signal status indicators.

At the bottom right, there is a table with the following structure:

№	Имя	Состояние	Значение
1	Имитация ошибок	Выключено	0
2	Сигнал готовности к пуску	Включено	1
3	Сигнал готовности к останову	Включено	1
4	Сигнал готовности к пуску	Включено	1
5	Сигнал готовности к останову	Включено	1

Below the table, there is a signature block:

ВМР 194.002.150304.80
 Проверено: []
 Утверждено: []
 Дата: []