

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Разработка автоматизированной системы управления центральной
вентиляционной системы мусороперерабатывающего комплекса

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.984.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доцент, к.т.н.
_____ К. М. Виноградов
_____ 26 июня 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ А. А. Якубенко
_____ 26 июня 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	7
1.1 Описание технологического процесса работы.....	7
1.2 Характеристика технологического оборудования.....	8
1.2.1 Заслонки	8
1.2.2 Фильтрующие устройства	9
1.2.3 Конденсатор воздушного охлаждения.....	11
1.2.4 Водяной нагреватель	12
1.2.5 Вентилятор.....	14
1.2.6 Фреоновый охладитель.....	15
1.3 Характеристика объекта автоматизации.....	17
2 ЭЛЕКТРОПРИВОД ВЕНТИЛЯТОРА	19
3 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТА	32
4 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	38
4.1 Использование новейших технических средств автоматизации.....	38
5 ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР.....	43
6 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ	56
6.1 Расчет дополнительных капитальных затрат	56
6.2 Расчет дополнительных эксплуатационных издержек	57
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	63

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производства рассматривается как один из наиболее мощных факторов развития науки и техники. Современные темпы автоматизации оборудования, а также установок и цехов требуют постоянного улучшения технических средств автоматики. Современное оборудование укомплектовано профессиональными компьютерными системами управления, дающими возможность производить сложные технологические операции без явного участия человека, гарантирующие качество продукции. В современном понимании автоматизация технологического процесса означает использование автоматических устройств и систем для выполнения функций управления этим процессом с целью частично, а в дальнейшем полного освобождения человека от ручного труда.

Определены следующие явные причины, вызывающие необходимость использования автоматических устройств как самостоятельных функциональных блоков в схеме производственного оборудования:

- 1 Выявление информации, необходимой для качественной и количественной оценки работы;
- 2 Обеспечение заданных остановочных и пусковых режимов;
- 3 Предупреждение появления аварийных и критических ситуаций;
- 4 Поддержание необходимых значений технологических параметров, определяющих нормальное функционирование оборудования при воздействии внешних управляющих команд и случайных возмущений.

В данной выпускной квалификационной работе требуется разработать систему автоматического управления системы вентиляции на предприятии. Новая система контроля и управления обеспечит совершенствование технологии, упростит и улучшит условия труда, а также повысит качество обслуживания технологических объектов.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Описание технологического процесса работы

Центральная вентиляционная система мусороперерабатывающего комплекса является одним из важнейших технологических объектов на производстве. Центральная вентиляционная система является технологическим комплексом оборудования, предназначенных для подачи воздуха в необходимом количестве, согласно установленных норм и регламентов.

Системы кондиционирования воздуха предназначены для поддержания в помещениях оптимальных температуры и влажности воздуха исходя из комфортных или технологических требований к параметрам внутреннего воздуха. Заданные температуру и влажность воздуха можно обеспечить путем поддержания на определенном уровне температуры и влагосодержания приточного воздуха.

Вентиляционные установки состоят из двух главных частей, а именно части подачи приточного воздуха и части вытяжки воздуха в атмосферу. В промежутке между воздушными коробами установлено промежуточное оборудование, которое выполняет свою определенную функцию. Приточная часть установки включает в себя следующее оборудование:

- 1 Заслонки;
- 2 Фильтрующие устройства;
- 3 Конденсатор воздушного охлаждения;
- 4 Промежуточный водяной теплообменник;
- 5 Два вентилятора (рабочий/резервный);
- 6 Абсорбционный осушитель;
- 7 Фреоновый нагреватель 2-ой ступени.

Воздух подается через открытые заслонки и подается на фильтр 1 и 2 ступени для фильтрации поступающего воздуха от примесей механического типа. Далее воздух поступает в конденсатор для передачи тепловой энергии среды посредством хладоносителя, в рамках нашего проекта в качестве хладоносителя является гликоль. Для нагрева воздуха, который применяется в вентиляции производственных и бытовых помещений, в приточной части установки предусматривается двух уровневая система нагрева воздуха. К первой ступени нагрева относится установленный водяной нагреватель, в котором теплоносителем является вода, циркулирующая с помощью двух насосов. Ко второй ступени относится фреоновый нагреватель, в котором теплоноситель является фреон марки R 410. Согласно технологического регламента, после прохождения подогревателя первой ступени температура воздуха достигает 12 °С, после прохождения второй ступени температура воздуха достигает 23-25 °С. Для предотвращения возникновения конденсата в воздушных коробах, а также поддержания влажности воздуха согласно регламента установлен абсорбционный осушитель. Внешний вид типовой вентиляционной установки представлен на рисунке 1.1.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7



Рисунок 1.1 – Внешний вид типовой вентиляционной установки

Циркуляция воздуха достигается с помощью главных вентиляторов. Для управления и контроля за состоянием вентилятора служит аппаратура управления двигателем (АУД). АУД обеспечивает управление двигателем по сигналам от САУ и формирует сигналы обратной связи о состоянии двигателя («включен-отключен»). Производительность дутьевых машин регулируется положением лопаток направляющих аппаратов. Вентилятор обеспечивает регулирование подачи воздуха в количестве, необходимом для вентиляции.

1.2 Характеристика технологического оборудования

Центральная вентиляционная система состоит из приточно-вытяжной установки, которая включает в себя комплекс технических средств. Данное оборудование является комплексом, который функционирует согласно технологического регламента. Вентиляционная установка включает в себя следующее оборудование:

- 1 Заслонки;
- 2 Фильтрующие устройства;
- 3 Конденсатор воздушного охлаждения;
- 4 Промежуточный водяной теплообменник;
- 5 два вентилятора приточной части (рабочий/резервный);
- 6 один вентилятор вытяжной части;
- 7 Абсорбционный осушитель;
- 8 Фреоновый нагреватель 2-ой ступени.

Далее рассмотрим каждый технологический объект и его функциональное назначение подробнее.

1.2.1 Заслонки

Заслонки являются одним из важнейших технологических объектов, которые непосредственно используются в процессе подачи воздуха. Заслонки устанавливаются на входе вентиляционной установки и выполняют функцию фильтрации

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

поступающей нефти от различных примесей. Данное устройство предназначается для управления потоком воздуха на входе в вентиляционную установку. Также заслонки могут использоваться непосредственно для регулирования воздушного потока, протекающего через вентиляционный канал.

Заслонки устанавливаются на канал воздуховода, они снабжаются исполнительным механизмом, который управляется с помощью электропривода. Воздух, который транспортируется через приточную установку попадает в воздушные короба, после чего он фильтруется прежде чем попасть в вентиляторы. Внешний вид заслонок представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Внешний вид заслонки приточной и вытяжной установки

Заслонка изготавливается из алюминия, причем из алюминия изготавливается как корпус, так и поворотные пластины. Однако важнейшим фактором является достижение герметичности при закрытии заслонки, это реализуется с помощью резинового уплотнителя на двух поворотных пластинах.

Таблица 1.1 – Технические параметры заслонки

Скорость воздуха в сечении	2.39 м/с
Высота	650 мм
Длина	125 мм
Материал	Алюминий
Площадь сечения	0.61 м ²

1.2.2 Фильтрующие устройства

Каждая приточная установка оборудуется фильтрующими устройствами. Фильтры делятся по типу установки, а также классу эффективности. Фильтры для установки разрабатываются как специальное устройство учитывая особенности примесей, которые могут быть как механического типа, так и в виде отложений или коррозий, образующихся на участках воздушных коробах. Для обеспечения достаточной степени надежности фильтры изготавливают из прочного корпуса, для защиты от внешних климатических, а также механических воздействий. Внешний вид фильтра представлен на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Внешний вид фильтра

Так по типу установки различают вертикальные и горизонтальные грязеуловители. Благодаря изготовлению из высокопрочных материалов, данные фильтры могут эксплуатироваться при очень низких температурах вплоть до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является важнейшим параметром учитывая климатические особенности нашей страны. Для более качественной фильтрации воздуха, предполагается установка двух фильтрующих устройств подряд. Такое решение применяется в рассматриваемой вентиляционной установке.

Таблица 1.2 Технические параметры фильтра

Наименование	Кассетный EG.4
Потери давления по воздуху	200 Па
Вес	26 кг
Фильтр	EU4 800x500/48-2шт
Параметры	Кассетный EG.4

Расход воздуха в секции	5250 м ³ /ч
-------------------------	------------------------

1.2.3 Конденсатор воздушного охлаждения

Следующим в технологической цепочке установлен конденсатор, который является одним из главных объектов в вентиляционной установке. По своему назначению, конденсатор является теплообменником, который передает тепло циркулирующим хладагентом, в нашем случае, хладагентом является гликоль. Конденсатор воздушного охлаждения работает по следующему принципу:

- 1 Гликоль под давлением подается из компрессора в теплообменную часть конденсатора, гликоль находится в газообразном состоянии;
- 2 При соприкосновении с воздухом, гликоль начинает конденсироваться, тем самым передавая тепловую энергию воздух через поверхность змеевика;
- 3 Дутьевые вентиляторы, подающие воздух в помещение, обеспечивают его постоянную циркуляцию в конденсаторе. Постоянно циркулирующий хладагент охлаждается подающимся воздухом и нагревается, а холод поглощенный гликолем остается в замкнутом контуре.

В зависимости от климатической обстановки, конденсаторы могут быть подобраны с разным видом хладагента, разной площадью теплообменника, а также мощностью нагнетаемого давления компрессором. Внешний вид конденсатора представлен на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Внешний вид конденсатора воздушного охлаждения

Одним из главных минусов конденсаторов, является высокий уровень шума работы оборудования, для устранения этого фактора используется шумоизоляция, а также использование вентилятора с пониженным шумом работы. Использование конденсаторов воздушного охлаждения позволяет увеличить эффективность вентиляционной установки на 30-40 %.

Таблица 1.3 Технические параметры конденсатора

Расход воздуха в секции	5250 м ³ /ч
Скорость воздуха в сечении	9.27 м/с
Температура воздуха на входе	-19 °С
Влагосодержание на входе	0.68 г/кг
Влажность на выходе	18.23 %
Вес	37,5 кг
Расход воздуха	5250 м ³ /ч
Потери давления по воздуху	279 Па
Влажность воздуха на выходе	80 %
Температура воздуха на выходе	-0.05 °С
Влагосодержание на выходе	0,69 г/кг

1.2.4 Водяной нагреватель

Водяной нагреватель является одним из самых важных объектов в вентиляционной установке, так как он является главным источником тепла для обогрева подаваемого воздуха в помещения. Водяной нагреватель устанавливается в приточной части установки, непосредственно перед дутьевыми вентиляторами.

Конструктивно и по принципу работы, он также является поверхностным теплообменником. Теплоносителем является вода, которая циркулирует в установке с помощью двух насосов, которые работают по принципу рабочий/резервный, для исключения возникновения аварийных ситуаций. Главным достоинством такого типа нагревателя является экономичность, ведь по сравнению с электрическим нагревателем, водяной потребляет в разы меньше электроэнергии. Обычно водяные нагреватели комплектуются сливом дренажа, а также дренажным поддоном для сбора воды. Внешний вид водяного нагревателя указан на рисунке 1.5.

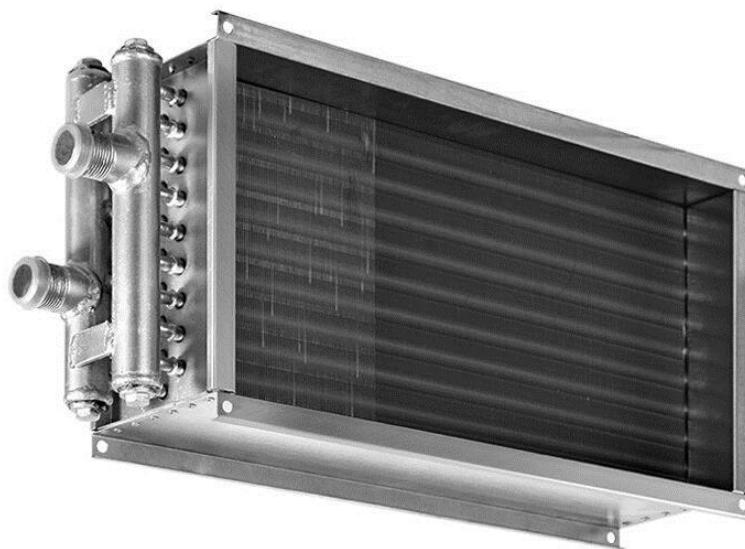


Рисунок 1.5 - Внешний вид водяного нагревателя

Таблица 1.4 Технические параметры нагревателя

Относительная влажность воздуха	18.23 %
Относительная влажность воздуха	2.21 (1.92)
Массовая скорость воздуха	1.75 кг/с
Полезная производительность	58.28(62.75) кВт
Падение давления по воздуху	61.65(61.95) Па
Запас по поверхности теплообмена	7.13 %
Площадь фронтального сечения	0.4 м ²
Скорость воздуха в сечении теплообменника	3.65 м/с
Вес	42 кг
Число контуров	10
Расход воздуха в секции	5250 м ³ /ч
Температура теплоносителя на входе	80 °С
Температура теплоносителя на выходе	60 °С
Тип теплоносителя	Вода
Содержание гликоля	0 %
Расход жидкости	2.06(2.22) м ³ /ч
Материал исполнения	Cu-Al

1.2.5 Вентилятор

Для циркуляции воздуха в воздушных коробах установки, а также подачи воздуха в обслуживаемое помещение, используется два вентилятора. Каждый канальный вентилятор оборудован электродвигателем. Такой тип вентиляторов имеет большое количество преимуществ, главный из которых является простая конструкция, надежности работы при постоянной эксплуатации, а также простой замене и ремонте при поломке исполнительных частей. Главной рабочей частью вентилятора является рабочее колесо, вращение которого управляется с помощью электродвигателя. Конструкция вентилятора, его корпус и соединения изготавливаются из оцинкованной стали, которая обеспечит рабочим частям вентилятора большую степень защиты и позволяет повысить надежность эксплуатации оборудования. Внешний вид вентилятора представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Внешний вид вентилятора

Таблица 1.5 Технические параметры вентилятора

Мощность двигателя	3 кВт
Напор расчетный	1191 Па
Расход фактический	5250 м ³ /ч
Обороты фактические	3168 об/мин
Параметры электропитания	3/400/50
Тип	Стандартный
Рабочее колесо	RH35C
Двигатель	АДМ90L2
Расход расчетный	5250 м ³ /ч
Напор свободный	600 Па

Окончание таблицы 1.5

Количество полюсов	2
Напор фактический	1191 Па
Номинальный ток двигателя	6.1 А
Рабочая частота	55 Гц
Вес	68 кг

Одним из важнейших физических величин в работе вентилятора является его шумовые характеристики. Поскольку вентиляционная установка работает круглосуточно, шум от вентиляторов может негативно воздействовать на обслуживающий персонал. Следовательно, крайне важно учитывать шумовые характеристики, и они не должны превышать установленных норм.

Таблица 1.6 Шумовые характеристики приточного вентилятора

	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Полное
дБ(А) всасывание	44.97	52.81	70.79	76.89	76.82	78.52	75.85	70.26	84
дБ(А) нагнетание	49.89	59.99	74.88	83.05	87.86	85.92	82.16	74.88	92
дБ(А) к окружению	37.77	42.81	46.31	49.61	53.86	55.64	50.65	38.74	60

Таблица 1.7 Шумовые характеристики вытяжного вентилятора

	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Полное
дБ(А) всасывание	44.32	51.81	74.82	75.28	75.61	76.86	74.58	68.73	83
дБ(А) нагнетание	49.00	59.38	78.86	82.33	86.55	83.88	81.28	73.42	91
дБ(А) к окружению	37.12	41.81	50.34	48	52.65	53.98	49.38	37.21	59

1.2.6 Фреоновый охладитель

Последним технологическим звеном в рассматриваемой вентиляционной системе является фреоновый охладитель 2 ступени. По своему принципу работы он также является поверхностным теплообменником. Рабочим телом в нем является фреон марки R410, который является теплоносителем в замкнутом контуре циркуляции.

куляции. Фреон постоянно движется в замкнутом контуре и передает холод воздуху, который подается в обслуживаемые помещения. Внешний вид фреонового охладителя представлен на рисунке 1.7.

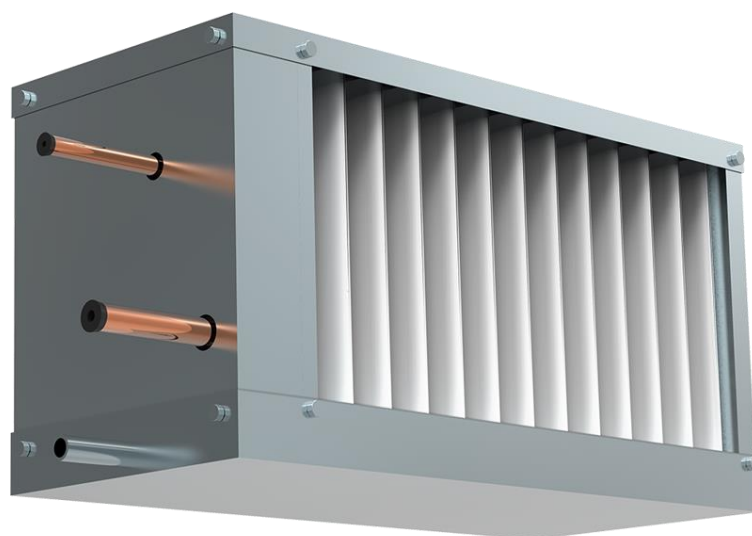


Рисунок 1.7 – Внешний вид охладителя

Таблица 1.8 Технические параметры охладителя

Температура воздуха на входе	22.2 °С
Температура воздуха на выходе	16(14.94) °С
Относительная влажность воздуха на входе	50 %
Относительная влажность воздуха на выходе	71,78 %
Расход хладоносителя	283.35(350.03) м ³ /ч
Полезная производительность	11.77(14.54) кВт
Материал исполнения	Cu-Al
Тип хладагента	R410A
Температура кипения фреона	5 °С
Температура конденсации фреона	50 °С
Расход воздуха в секции	5250 м ³ /ч
Скорость воздуха в сечении теплообменника	3.65 м/с
Площадь фронтального сечения	0.4 м ²
Диаметр подсоединения	22/28

Окончание таблицы 1.8

Вес	62 кг
-----	-------

1.3 Характеристика объекта автоматизации

Объектом автоматизации является вентиляционная установка, в которую включено следующее технологическое оборудование:

- 1 Заслонки;
- 2 Фильтрующие устройства;
- 3 Конденсатор воздушного охлаждения;
- 4 Промежуточный водяной теплообменник;
- 5 два приточных вентилятора (рабочий/резервный);
- 6 Абсорбционный осушитель;
- 7 один вытяжной вентилятор;
- 8 Фреоновый нагреватель 2-ой ступени.

График работы установки – круглосуточный. Средствами АСУ ТП должна быть осуществлена автоматизация технологических процессов во всех эксплуатационных режимах работы вентиляционной установки.

Эксплуатационные режимы делятся на нормальные и аварийные. Во всех перечисленных видах режимов должна обеспечиваться безопасность персонала, целостность оборудования и защита окружающей среды.

Нормальные эксплуатационные режимы включают в себя базовый режим работы оборудования.

Базовый режим характеризуется следующими условиями:

- поддержание постоянного значения нагрузки (в том числе промежуточного, максимального или минимально допустимого значения);
- поддержание заданных значений или соотношений регулируемых параметров;
- поддержание нерегулируемых параметров в пределах заданных ограничений;
- выполнение требований режимных карт.

В свою очередь аварийный режим работы установки характеризуется следующими условиями:

Аварийные режимы связаны с разрушением технологического оборудования или недопустимыми отклонениями параметров технологического процесса.

При возникновении таких режимов производится аварийное отключение оборудования с обеспечением условий безопасности и минимального ущерба. Аварийные отключения оборудования выполняются технологическими защитами.

Учитывая особенности эксплуатируемого оборудования, а также режимы его работы, необходимо проектирование автоматической системы управления. Си-

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

стема управления должна оптимально управлять технологическим оборудованием, обеспечить надежность функционирования системы и работу оборудования во всех режимах.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

2 ЭЛЕКТРОПРИВОД ВЕНТИЛЯТОРА

2.1 Выбор электродвигателя

Для оптимального выбора мощности электродвигателя, необходимо учитывать особенности технического регламента протекания процесса. Для этого на рисунке 2.1 и 2.2 представлены графики зависимости свободного давления от расхода воздуха, которые необходимо обеспечить вентиляционной установке. Графики представлены для работы вентилятора приточной части установки на рисунке 2.1 и для работы вентилятора вытяжной части установки на рисунке 2.2.

Следовательно, для оптимального протекания технологического процесса вентилятору приточной части установки необходимо обеспечить подачу воздуха с параметрами расхода фактического равного 5250 м³/ч, фактическим напором равным 1191 Па. Для вытяжного вентилятора необходим расход равного 5250 м³/ч, фактическим напором равным 900 Па. Можно прийти к выводу, что мощности вентиляторов на приточной части установки и вытяжной должны иметь равную мощность электродвигателя.

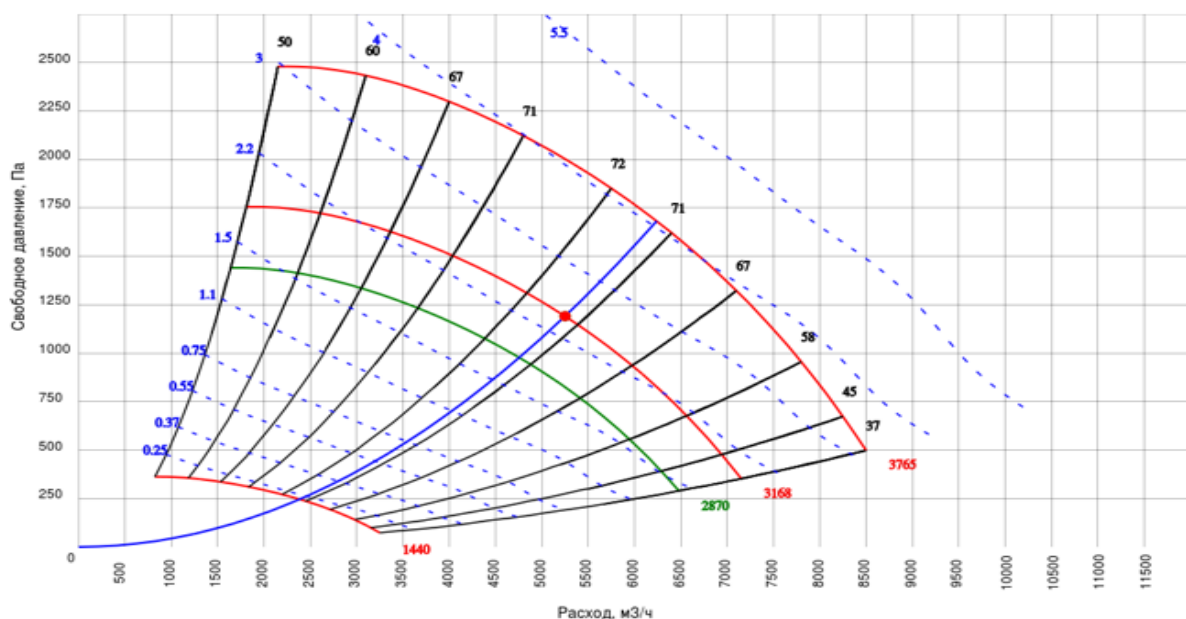


Рисунок 2.1 – График работы вентилятора приточной части установки

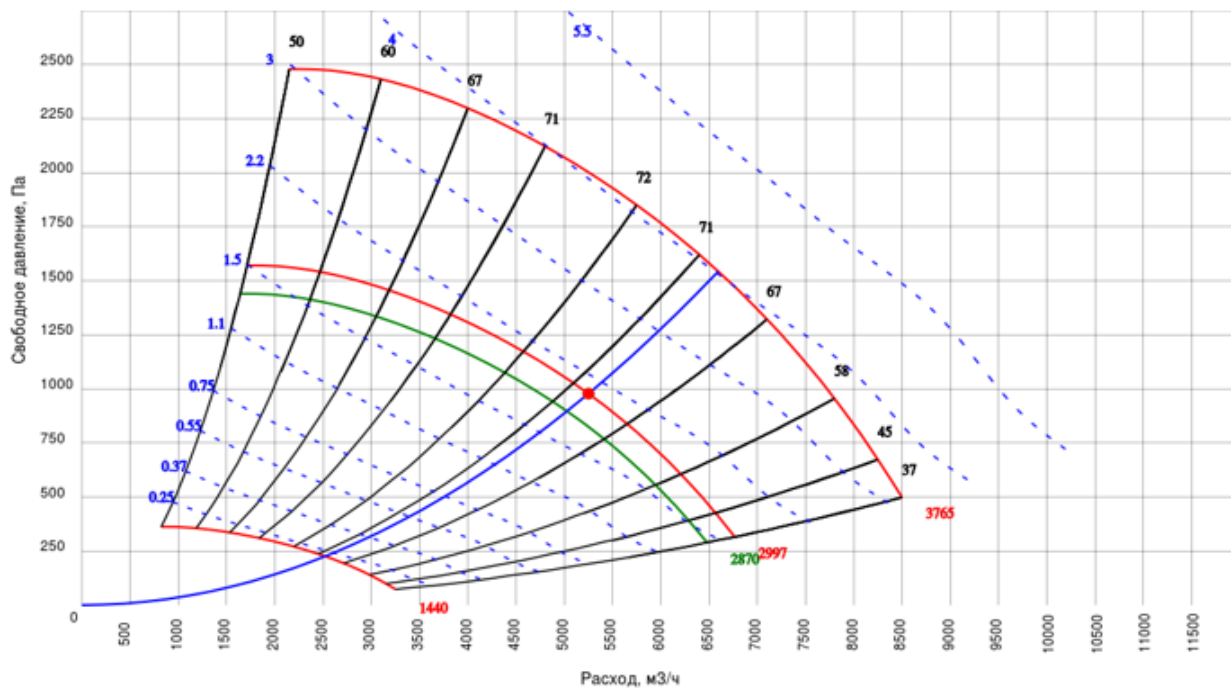


Рисунок 2.2 – График работы вентилятора вытяжной части установки

Аэродинамическая характеристика вентилятора представлена на рисунке 2.3.

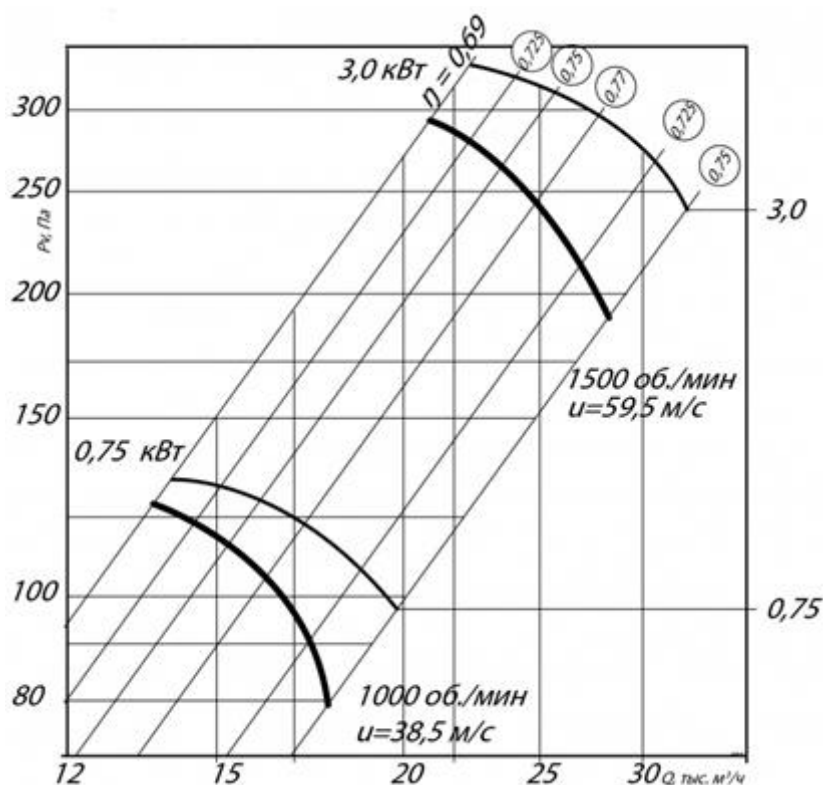


Рисунок 2.3 – Аэродинамическая характеристика вентилятора

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ

Лист

20

Определим мощность электродвигателя по формуле (2.1)

$$N_B = \frac{k_3 * Q * H}{1000 * \eta_1 * \eta_2} \quad (2.1)$$

где k_3 – коэффициент запаса выбирается из диапазона 1,1 .. 1,6;

Q – производительность вентилятора, м³/ч;

H – давление воздуха, Па;

η_1 – КПД вентилятора определяют по каталогу;

η_2 – КПД передачи, примем среднее значение равное 0,9.

$$N_B = \frac{1,2 * 2920 * 600}{1000 * 0,7 * 0,9} = 2994.87$$

Согласно представленным данным выбираем вентилятор модели VIM35ZA-2P-90-3,0-A. Технические данные данной модели представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Технические параметры вентилятора

Мощность двигателя	3 кВт
Напор расчетный	1191 Па
Расход фактический	5250 м ³ /ч
Обороты фактические	3168 об/мин
Параметры электропитания	3/400/50
Тип	Стандартный
Рабочее колесо	RH35C
Двигатель	АДМ90L2
Расход расчетный	5250 м ³ /ч
Напор свободный	600 Па
Количество полюсов	2
Напор фактический	1191 Па
Номинальный ток двигателя	6.1 А
Рабочая частота	55 Гц
Вес	68 кг

Согласно приведенным техническим данным представленного вентилятора выбираем асинхронный двигатель модели АДМ90L2. Который является двигателем вентилятора модели VIM35ZA-2P-90-3,0-A. Технические данные выбранного электродвигателя представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Технические параметры асинхронного двигателя

Тип	АДМ 90 L2
Мощность, кВт	3
Ток, И, А	7,03
Момент, Мн, кГм	1,03

Окончание таблицы 2.2.

КПД, %	82,0
Коэффициент мощности	0,85
Скольжение, %*	5,0
Мпуск/Мном	2,3
Мтах/Мном	2,6
Мmin/Мном	1,8
Ипуск/Ином	7,0
Масса, кг	18,3

2.2 Проверка методом эквивалентного момента

Определим эквивалентный момент на валу двигателя с учетом продолжительности включения. Эквивалентный момент на валу двигателя определяется по формуле 2.2.

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ст1}}^2 + M_{\text{ст2}}^2}{2}} \times \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{\text{ном}}}}, \text{ н} \times \text{м} \quad (2.2)$$

где $M_{\text{ст}}$ – статический момент на валу двигателя, н*м;

$ПВ_p$ – расчетная продолжительность включения двигателя;

$ПВ_{\text{ном}}$ – номинальная продолжительность включения двигателя.

Согласно формулы 2.2 найдем эквивалентный момент на валу двигателя:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{22.8^2 + 9.83^2}{2}} \times \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{\text{ном}}}}, \text{ н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{22.8^2 + 9.83^2}{2}} \times 1.25 = 18.781 \text{ н} \times \text{м}$$

Определим скорость вращения двигателя по формуле 2.3.

$$\eta_{\text{расч}} = \frac{60 \times V \times i}{\pi \times D} \quad (2.3)$$

где V – статический момент на валу двигателя, н*м;

i – передаточное число редуктора;

D – диаметр КВШ.

Согласно формулы 2.3 найдем скорость вращения двигателя:

$$\eta_{\text{расч}} = \frac{60 \times 1 \times 42}{3,14 \times 0,530} = 2.977 \text{ об/мин}$$

Определим мощность двигателя по формуле 2.4.

$$P = \frac{M_{\text{экв}} \times \eta_{\text{расч}}}{9.55 \times 1000} \quad (2.4)$$

$$P = \frac{18.781 \times 1514}{9.55 \times 1000} = 2.977 \text{ кВт}$$

2.3 Выбор преобразователя частоты

Для управления выбранным ранее электродвигателем, необходимо использовать специализированное техническое средство, которое позволит повысить надежность его работы, а также эффективность эксплуатации. Для решения данной задачи необходимо использовать частотный преобразователь. Для правильного подбора частотного преобразователя необходимо отталкиваться от его электрической совместимости с двигателем. Главными техническими характеристиками, по которым производится подбор частотного преобразователя, является мощность электродвигателя.

Электрическая мощность частотного преобразователя должна быть равна мощности двигателя или немного ее превышать согласно паспортным данным производителя. В случае если частотный преобразователь выбран ошибочно с завышенной мощностью по сравнению с двигателем, то он не сможет обеспечить достаточную защиту и его КПД будет низким, такая ошибка может быть экономически нецелесообразной. Однако в случае если мощность будет меньше, то рабочие перегрузки приведут к скорым поломкам и выходу его из строя, что также может привести к финансовым тратам на замену нового частотного преобразователя и проведению электромонтажных работ по его установке и пуско-наладке. Ко всему прочему добавятся простои технологического оборудования на предприятии, что в долгосрочной перспективе может негативно сказаться на его экономическом положении.

Оптимальным выбором в нашем случае, будет являться такой частотный преобразователь, ток которого будет равен номинальному току выбранного ранее электродвигателя. Для правильного выбора произведем расчет потребляемого тока электродвигателя $I_{\text{потр}}$ [А], при рабочем напряжении U сети 220/380 В. Для этого воспользуемся формулой (2.5), по ней определим потребительский ток через механические характеристики электродвигателя, данные берутся из каталога производителя.

$$I_{\text{потр}} = \frac{k \cdot \eta_n \cdot M_n}{9.55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} \quad (2.5)$$

где k – коэффициент искажения тока, связанный с алгоритмом формирования синусоиды тока с помощью ШИМ (шиотно-импульсной модуляции напряжения на двигателе). Этот коэффициент может принимать значения от 0,95 до 1,05 и не имеет размерности. В первом приближении можно принять его равным 1;

η – коэффициент полезного действия выбранного двигателя по паспорту;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности выбранного двигателя по паспорту;

9,55 – коэффициент приведения внесистемных по отношению к системе СИ единиц измерения;

Продолжительный потребляемый ток равен:

$$I_{\text{потр}} = \frac{1 * 2860 * 10}{9,55 * 0,82 * 0,85 * 380 * \sqrt{3}} = 6,52 \text{ А}$$

Для управления электроприводом вентиляторов выбираем преобразователь частоты компании Siemens серии Sinamics V20. Данные частотные преобразователи отлично зарекомендовали себя на отечественном рынке, как простое и эффективное решение для управления электроприводов вентиляторов небольшой мощности.

Таблица 2.3 Технические параметры преобразователя частоты

Мощность двигателя	3 кВт
Напряжение питания	380 В
Максимальный длительный ток	6.6 А
Коэффициент мощности λ	0,72
Угол сдвига $\cos \varphi$	0,95
КПД η	0,98
Класс фильтра (встроенного)	Класс В
Охлаждение	конвекционное охлаждение
Коммуникация	USS, Modbus RTU
Частота импульсов	8,00 кГц
Выходная частота	0 ... 550 Гц

На рисунке 2.4 приводится схема подключения преобразователя частоты к асинхронному электродвигателю.

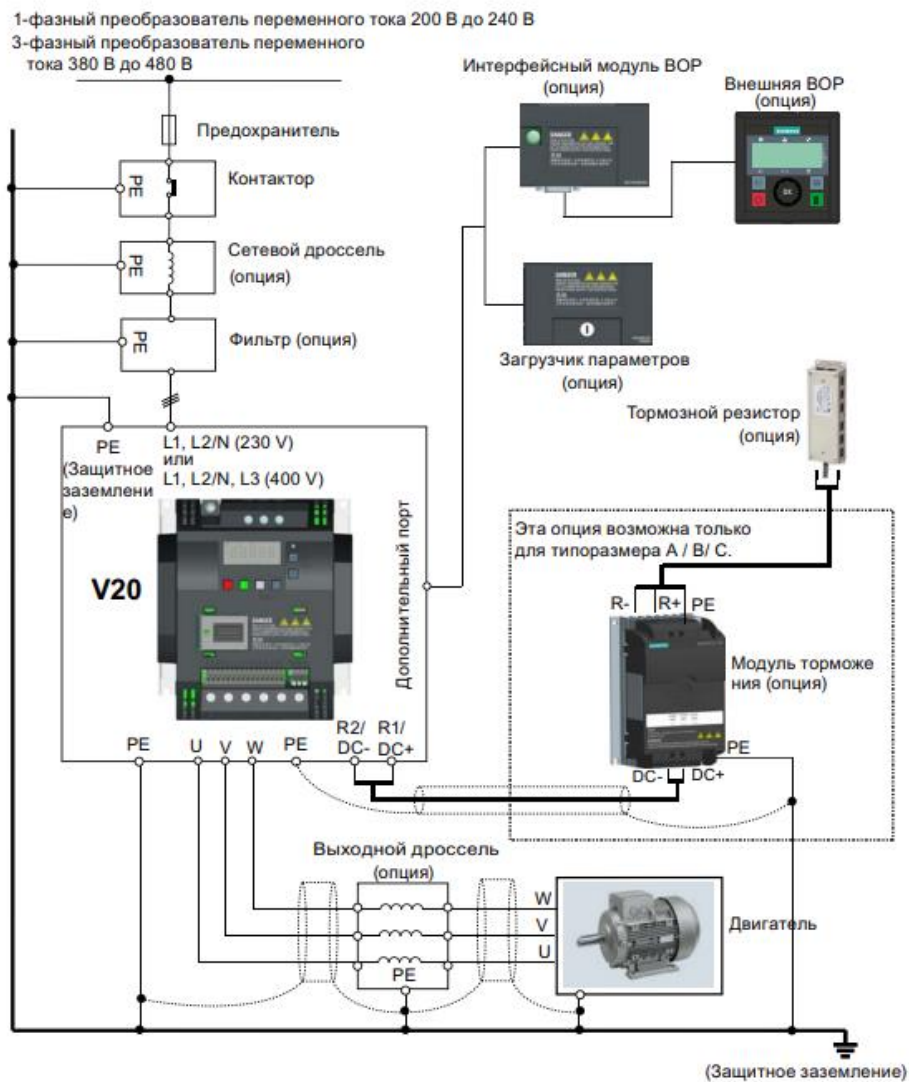


Рисунок 2.4 – Пример подключения преобразователя частоты к электродвигателю

2.4 Настройка преобразователя частоты

Сетевой интерфейс в частотных преобразователях может использоваться для управления и контроля с контроллера, посредством обмена данными ввода/вывода (I/O Data).

Для контроллера (PLC, PAC, PC-base...), частотный преобразователь является внешним полевым устройством, которым надо управлять (запускать/останавливать двигатель, выдавать задание частоты...) и который надо контролировать (определять состояние привода, считывать текущие значения частоты, тока, напряжения...). В основном, при внешнем управлении частотным преобразователем с контроллера, именно эта задача стоит перед разработчиками. Классическими до недавних пор способами такого управления было использование унифицированных аналоговых (4-20 мА, 0-10В, 0-5В), дискретных (0/24В) а также импульсных (частотных) сигналов. Однако такой подход значительно

ограничивает количество возможных сигналов при обмене, и при их увеличении удорожает систему.

Так, например, только для контроля останова/работы двигателя, частоты, тока необходимо задействовать один дискретный и два аналоговых выхода частотного преобразователя и соответственно входов контроллера. Если еще нужен контроль напряжения, необходимо задействовать (если таковой имеется) еще один аналоговый выход частотного преобразователя и вход контроллера. Другим недостатком использования аналоговых сигналов – есть плохая помехозащищенность, и в итоге – искажение сигнала. Использование цифровой последовательной промышленной связи, то есть промышленных сетей, дает возможность уйти от этих проблем.

Следует отметить, что появление такой возможности дало еще одну функциональность. Теперь, входы/выходы частотного преобразователя могут быть использованы как удаленные входы/выходы контроллера, что может значительно уменьшить стоимость конечной системы.

Кроме обмена данными ввода/вывода, сетевой интерфейс дает возможность обмениваться параметрическими данными (Device Parameters) с управляющим устройством.

Поскольку частотный преобразователь является частью системы управления, в центре которой стоит контролер, можно считать, что он является его «удаленным модулем». Кроме обмена данными ввода/вывода этот удаленный модуль нужно мониторить, конфигурировать и диагностировать. Например, можно считать слово предупреждения или аварии.

Сетевой интерфейс может использоваться для непосредственного обмена с другими полевыми устройствам (peer to peer device).

Интеллект частотных преобразователей настолько увеличился, что они могут успешно справляться со сложными задачами даже без наличия управляющего контроллера. Одной с таких задач может быть синхронизация частотных преобразователей между собой или обмен с устройствами удаленного ввода/вывода. Преобразователь частоты может функционировать в разных режимах управления моментом, скоростью, перемещением как с обратной связью от датчиков, так и с разомкнутым управлением, как с переключением задания, так и с числовым заданием. В любом случае, все функции ПЧ можно условно отнести или к группе общих функций управления (включение режима функционирования, квитирование аварий, переключение источника управления) или к базовым прикладным функциям (управление скоростью, моментом, перемещением). Принципы управления и контроля ПЧ наглядно показаны на рисунке 2.5.

Далее будем пользоваться названиями, определенными IEC 61800-7.

Для отдачи команд частотному преобразователю по сети используются переменные управления, также называемые COMMAND. Это одно или больше 16-битных слов, каждый бит которых определяет какое действие нужно произвести. Для контроля за состоянием ПЧ используются переменные состояния, также называемые STATUS. Это одно или больше 16-битных слов, каждый бит которых определяет в каком состоянии находится та или иная функция.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ					26

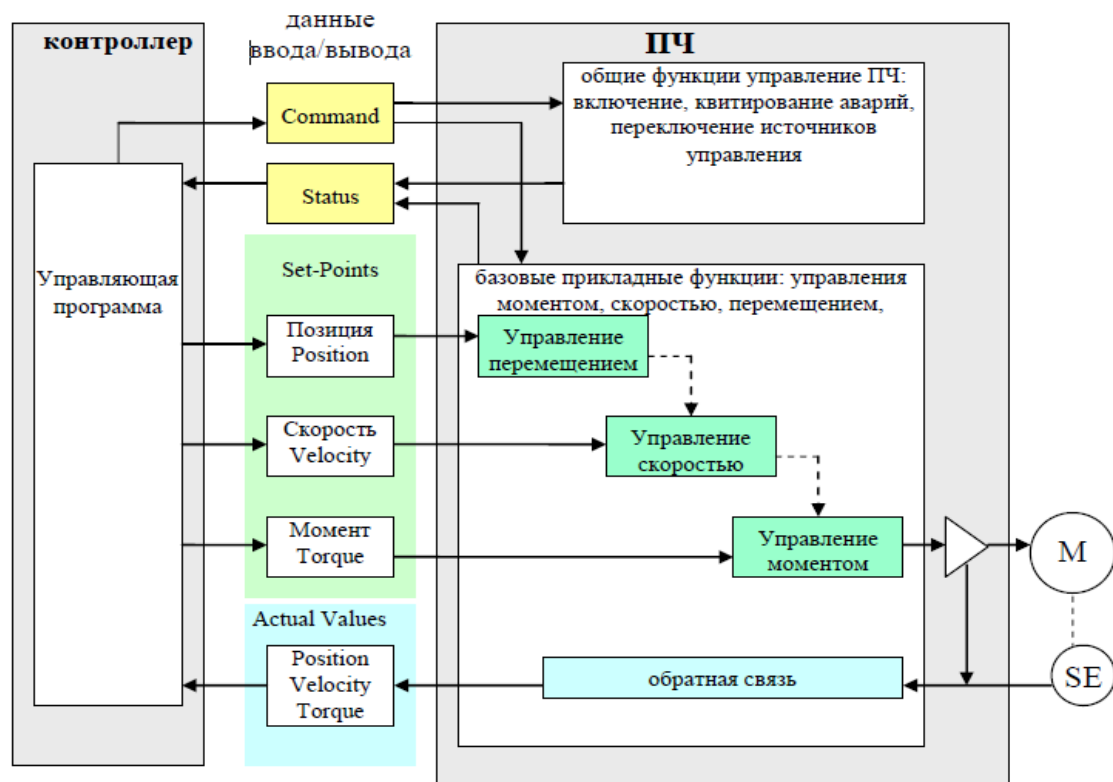


Рисунок 2.5 – Принципы управления и контроля ПЧ

Для задания текущих значений скорости, частоты, позиции управляющий контроллер передает уставки (SetPoints), а для контроля за ними – получает текущие значения (ActualValues). Кроме уставок и текущих значений, управляющий контроллер и ПЧ могут обмениваться другой информацией, например, значениями сигналов с датчиков и исполнительных механизмов, подключенных к приводу, или уставки ПИД-регулятора. Кроме этого, дополнительные данные могут использоваться для считывания или записи параметров ПЧ.

Состояние ошибки и ее квитирование. В состоянии ошибки (Faulted State), ПЧ не может функционировать. Для контроля за ошибками, в слове состояния как правило выделяется бит ошибки. Для перехода его в нормальное состояние (No Faulted) необходима команда сброса ошибки (Reset Fault) с управляющего контроллера или локально, по месту (например, с лицевой панели). Кроме бита ошибки в слове состояния некоторых ПЧ есть также бит предупреждения Warning.

Состояние работы базовых прикладных функций. При нормальной работе ПЧ, функционируют его базовые прикладные функции: управление скоростью, моментом или перемещением. Независимо от того, откуда он управляется (локально с панели, локальными входами/выходами или по сети), с точки зрения функционирования он находится в операционном режиме (operating). В режиме not operating базовые функции управления не функционируют, а двигатель останавливается.

В зависимости от источника управления, в профиле могут быть определены следующие состояния: local control – ПЧ принимает команды и заданные значения через локальный интерфейс (например, лицевую панель или локальные входы/выходы ПЧ); remote control – ПЧ принимает команды и заданные значения через сетевой интерфейс.

Структура параметров привода состоит из меню и параметров. Параметры группируются в меню в соответствии с выполняемыми ими функциями. Каждому параметру присваивается номер, имеющий следующую структуру.

Работа с панелью управления осуществляется с помощью меню и кнопок. Среди кнопок имеются две программируемые контекстно-зависимые кнопки, текущие функции которых указывает текст, выводимый на дисплей над каждой из кнопок. Выбор опции, например, режима работы или параметра, осуществляется путем прокрутки с помощью и (кнопки со стрелками) до выделения соответствующей опции на дисплее (в негативном изображении), и последующего нажатия соответствующей программируемой кнопки. Правая программируемая кнопка обычно служит для входа в режим, принятия варианта выбора или сохранения изменений. Левая программируемая кнопка используется для отмены сделанных изменений и возврата на предыдущий уровень работы. Структурная схема меню выбранного частотного преобразователя показана на рисунке 2.6.

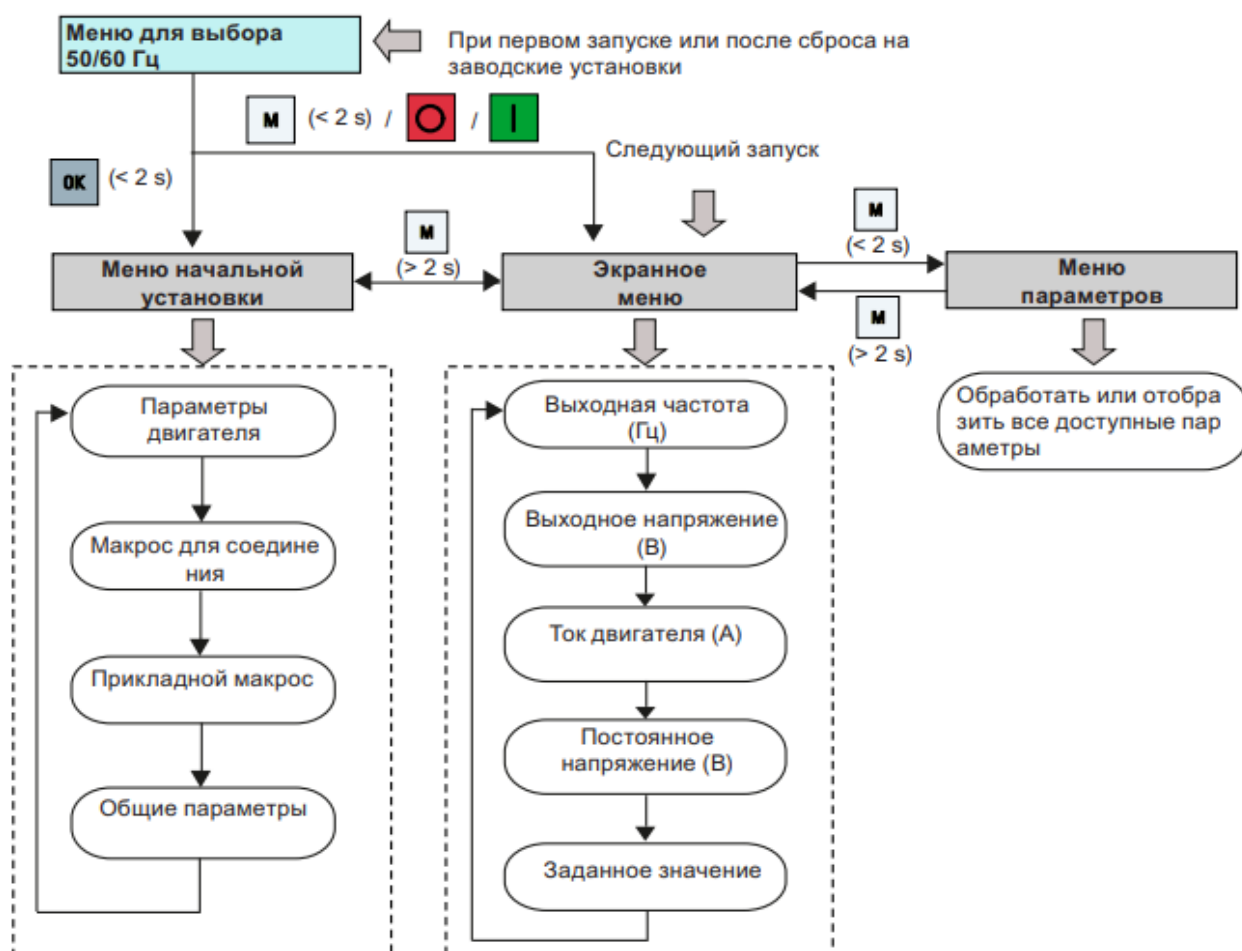


Рисунок 2.5 – Структурная схема меню

Экранное меню предлагает базовые функции контроля таких важных параметров, как частота, напряжение или ток.

Для управления частотным преобразователем доступны 2 канала, между которыми можно переключаться. При управлении, выбор канала для команд управления и уставки (задания) производится одновременно. Для I/O Profile и переключение каналов для слова управления и уставки можно производить независимо либо с терминала (дискретным входом), либо с CANOpen (в I/O Profile возможно смешивать).

Входные и выходные данные с частотных преобразователей соответствуют словам управления и статуса, а также заданию (уставке) и текущему значению скорости. Перевод в операционный режим ПЧ а также запуск на вращение двигателя осуществляется одной переменной START. Безударность перехода с источника задания и управления ПЛК (канал 1) на панель (канал 2) обеспечивается копированием, определенным в настройках преобразователя частоты. Безударность обратного перехода обеспечивается программным путем по инвертированному сигналу Remote Control. Если не организовать отключение сигнала START по команде STOP с локальной панели, двигатель остановится, но потом снова запустится. Фрагмент программы секции управления приведен на рисунке 2.7.

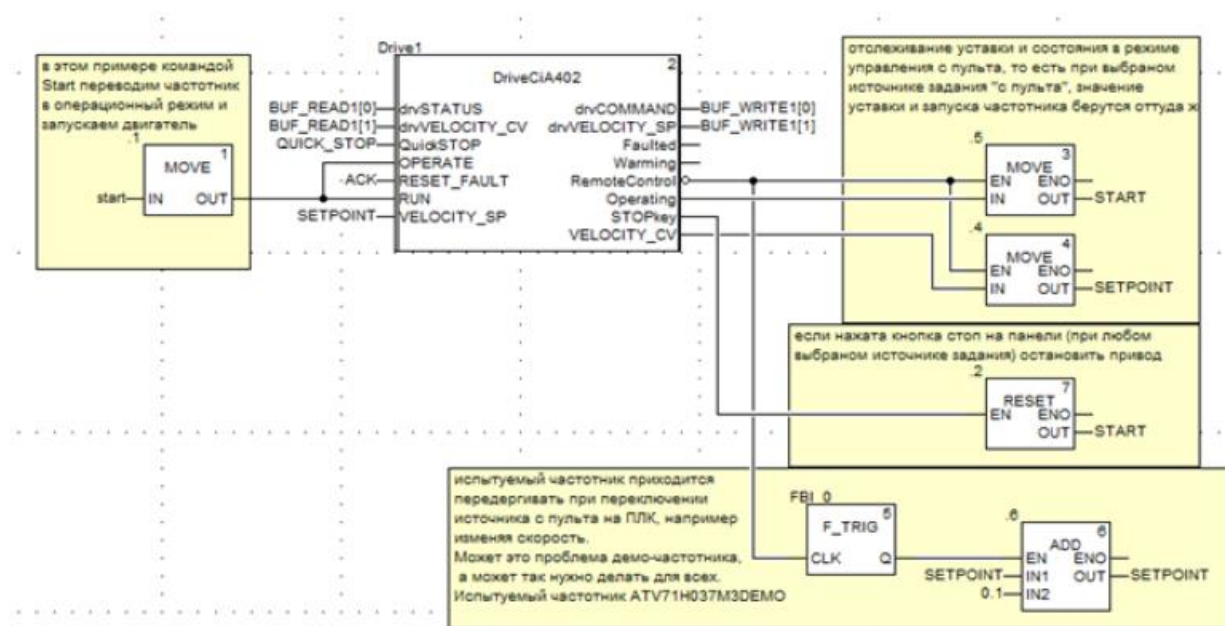


Рисунок 2.7 – Фрагмент программы секции управления.

На рисунке 2.8 приводится фрагмент ввода данных по асинхронному двигателю.

Установка макросов для соединения — это однократная операция при вводе преобразователя в эксплуатацию. Придерживаться следующего порядка дей-

ствий при изменении макроса для соединения на значение, не соответствующее последней использованной установке:

- 1 Выполнить сброс на заводские установки ($P0010 = 30, P0970 = 1$);
- 2 Повторить базовый ввод в эксплуатацию и изменить макрос для соединения.

Если этого не сделать, то преобразователь может использовать установки как текущего, так и выбранного прежде макроса, что может привести к непредсказуемым последствиям.

Но параметры соединения P2010, P2011, P2021 и P2023 для макросов для соединения Cn010 и Cn011 не сбрасываются автоматически при сбросе на заводские установки. При необходимости они должны быть сброшены вручную. После изменения установки P2023 для Cn010 или Cn011 выключить и снова включить преобразователь. После отключения подождать, пока погаснет светодиод или индикатор (может длиться несколько секунд), прежде чем снова включать прибор.

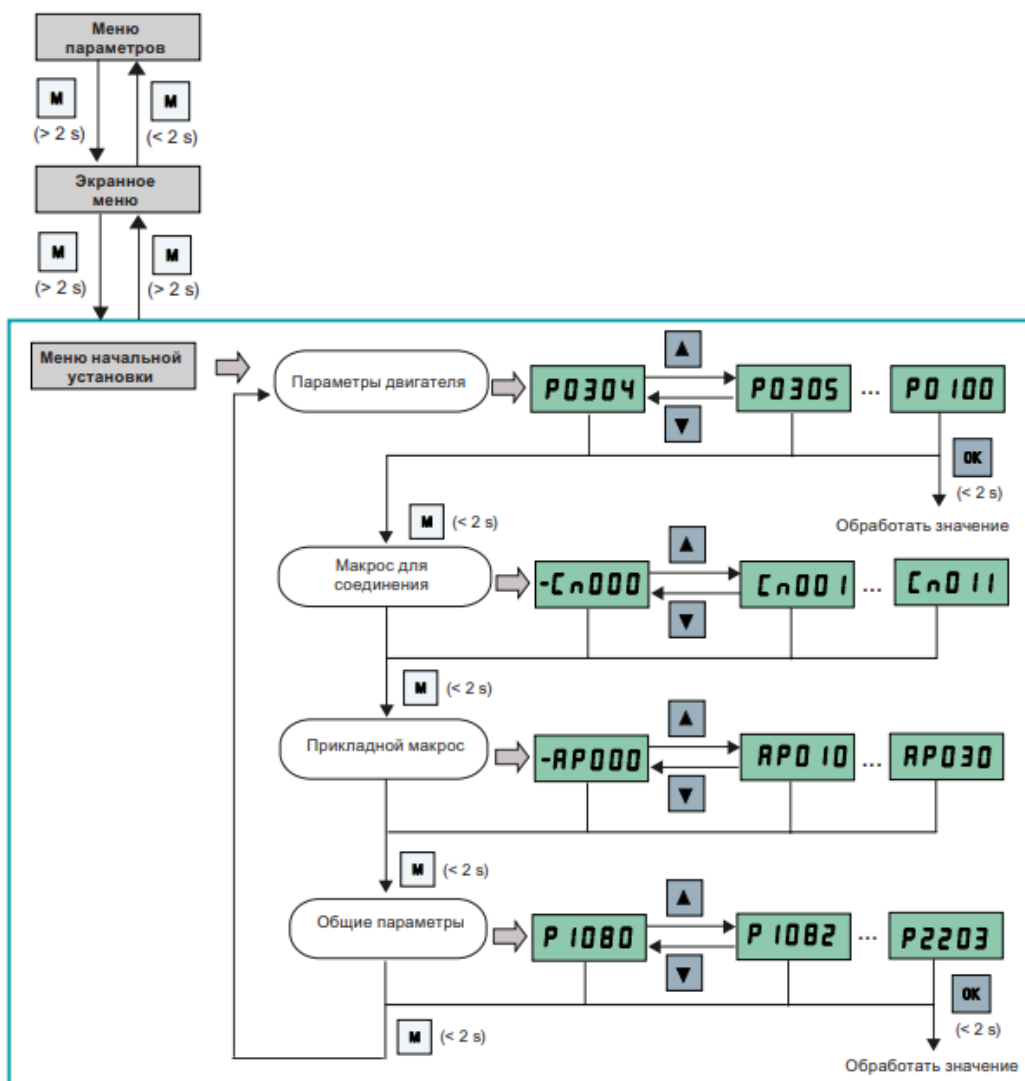


Рисунок 2.8 – Ввод данных электродвигателя

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

SINAMICS V20 поддерживает коммуникацию с PLC от Siemens через USS на RS485. Через параметры можно установить, должен ли интерфейс RS485 использовать протокол USS или MODBUS RTU. USS это установка шины по умолчанию. Для коммуникации RS485 рекомендуется использовать экранированную витую пару. Проверить правильность подключения шины. Для этого подключить терминатор 120 Ом между клеммами шины (P+, N-) устройства на стороне шины и терминатор между клеммами шины устройства на другой стороне шины. Обмен данными между контроллером и частотным преобразователем производится согласно структурной схеме, представленной на рисунке 2.9.

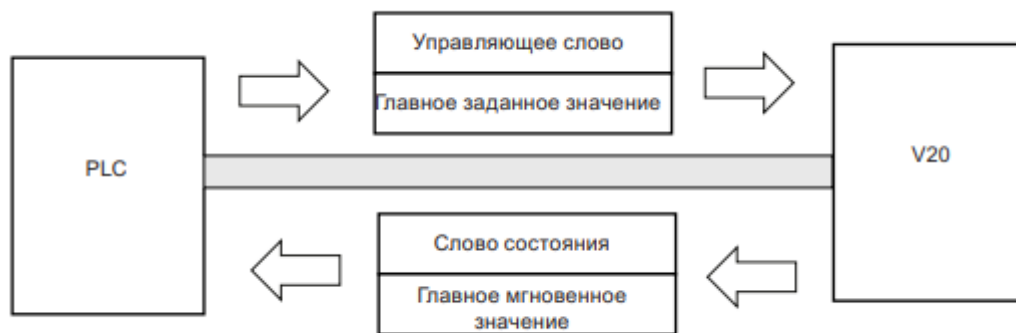


Рисунок 2.9 – Структурная схема обмена данными

3 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТА

В основу построения системы должны быть положены принципы открытости. АСУ ТП должна быть реализована как многоуровневая, включающая три уровня:

1 Нижний уровень автоматизации включает контрольно–измерительные приборы (датчики), преобразователи и исполнительные механизмы;

2 Средний уровень автоматического управления и регулирования с использованием контроллеров предназначен для координации работы системы, состоянии оборудования и передаче управляющих воздействий оператора;

3 Верхний уровень с использованием автоматизированного рабочего места оператора предназначенного для накопления данных о ведении технологического процесса, оптимизации и расчета установок, мониторинга физических параметров.

Первый уровень системы автоматизированного управления предназначен для сбора и первичного преобразования параметров технологического процесса;

– Передачи преобразованных сигналов в устройства ввода управляющего контроллера;

– Осуществления управляющих воздействий на технологическое оборудование.

Первый уровень системы автоматизированного управления реализован с применением следующих устройств:

– Датчики различных видов (датчики давления, расхода, положения и т.д.);

– Исполнительные механизмы (клапаны и т.д.);

Второй уровень системы автоматизированного управления предназначен для:

– Сбор информации о значениях параметров технологического процесса от датчиков технологического оборудования;

– Обработки поступивших сигналов в соответствии с заданными алгоритмами;

– Выдачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы;

– Автоматического управления технологическим оборудованием и контроля его работы;

Третий уровень системы автоматизированного управления предназначен для:

– Сбор, первичной обработки, индикации, регистрации, сигнализации о значениях технологических параметров;

– Контроля состояния технологического оборудования хода технологического процесса;

– Диагностики состояний аппаратных средств программно-технического комплекса;

– Отображения технологической информации.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

3.1 Обоснование выбора регулирующих параметров и каналов внесения регулирующих воздействий

Контроль состояния технологического оборудования осуществляется с помощью показывающих приборов, датчиков технологических параметров и датчиков состояния ИМ. Сигналы с датчиков поступают в устройство управления СКУ для анализа состояния оборудования и выработки управляющих воздействий на ИМ при управлении работой в автоматическом режиме. Одновременно эти сигналы используются для отображения информации об объекте, регистрации и сигнализации средствами СКУ. Устройство управления (УУ) формирует сигналы управления, в том числе признаки состояния оборудования, пороговые сигналы текущих значений аналоговых датчиков, аварийной и предупредительной сигнализации. [6]

Управление исполнительными механизмами осуществляется через низковольтные коммутирующие устройства (НКУ), которые обеспечивают подачу рабочего напряжения на электропривод ИМ по сигналам от устройства управления в режимах автоматического или дистанционного управления. [7]

При управлении заслонками НКУ должны обеспечить:

- Выполнение команд «открыть» и «закрыть»;
- Автоматическое отключение двигателя электропривода при достижении запорным устройством арматуры крайних положений и при возникновении аварийных ситуаций (заклинивание, перегрузка и т.д.);
- Выполнение команд «закрыть» запорной арматуры с созданием гарантированного усилия на уплотнительных поверхностях запорного органа;
- Блокировку взаимоисключающих команд управления «открыть» и «закрыть»;
- Останов привода запорного (отключающего) устройства в любом промежуточном положении;
- Выдачу сигналов для индикации конечных положений запорного устройства арматуры «открыто» и «закрыто», аварийного отключения привода - АВАРИЯ, управление с местного поста управления МЕСТНОЕ.

Для управления ИМ в автоматическом и дистанционном режиме электроприводы клапанов и вентилях оснащены концевыми выключателями, муфтами предельного момента (или датчиками положения с выходом 4-20мА). Электроприводы регулирующих ИМ оснащены датчиками положения с аналоговыми выходными сигналами. НКУ при управлении запорной арматурой (кроме шаровой) должны обеспечить плотное закрытие (с определенным усилием на запорном органе) арматуры. При отсутствии в составе электропривода муфт предельного момента режим плотного закрытия реализуется с использованием реле максимального тока в схеме управления приводом. [9]

3.2 Обоснование выбора контролируемых и сигнализируемых параметров

Для обеспечения постоянной работы рассматриваемого процесса необходимо поддерживать все измеряемые параметры на заданном уровне. К главному управляемому параметру системы является температура подачи воздуха в обслуживаемые помещения. Поэтому на протяжении всей вентиляционной установки происходит измерение этой величины несколько раз поз. датчиков температуры приточного воздуха 2, 6, 17, 19, 21. Для контроля работы вентиляторов предусматривается установка датчиков перепада давления поз. 23, 16. Для контроля нормальной работы насосов циркуляции воды в водяном обогревателе, на насосах также устанавливается датчики перепада давления поз. 7. Так как в вентиляционной установке используется двухступенчатая система фильтрации воздуха необходим мониторинг перепада давления на двух фильтрах, поз. датчиков забива фильтра поз. 3, 4. Для предотвращения появления конденсата в установке на выходе из обогревателя воздуха устанавливается термостат защиты от замораживания поз. 12.

3.3 Описание защит и блокировок

Автоматика безопасности должна обеспечить постоянный контроль теплотехнических параметров работающего котла и определенные действия при отклонении параметров за пределы диапазона допустимых рабочих значений: предупредительную сигнализацию, технологические защиты и блокировки.

Сигнализация, предупредительная и аварийная, служит для оповещения персонала о нарушениях штатных режимов работы и отображения причин включения сигнализации. Автоматика безопасности должна обеспечить световую и звуковую сигнализацию при срабатывании защит. Звуковая сигнализация отключается оператором при квитировании сигнала аварии, световая сигнализация отключается после возврата контролируемого параметра к норме.

Автоматика должна обеспечить регистрацию срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации с отметкой по времени.

По характеру действия технологические защиты подразделяются на локальные и защиты, действующие на останов установки.

Локальные защиты обеспечивают отключение отдельных агрегатов при нарушении режима их работы. Действие локальных защит направлено на отключение только защищаемого оборудования, при этом, в зависимости от состояния установки и различных условий, остальное оборудование может оставаться в работе.

При срабатывании защит, действующих на останов системы, выполняется безусловное отключение подачи воздуха в обслуживаемые помещения.

- 1 Отключение подачи воздуха выполняется в следующем порядке:
- 2 Закрывается быстродействующий предохранительно-запорная заслонка

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

поз. 1 на приточной части установки;

3 Закрывается запорная и регулирующая арматура на вытяжной части установки поз. 24;

4 Отключается работа вентиляторов, обогревателей, а также конденсатора.

Для периодической проверки срабатывания защит устройством управления предусмотрен режим блокировки срабатывания защит по отдельным параметрам. При включении блокировки действием защит включается только предупредительная сигнализация, а остановка не происходит. Защиты, работающие от дискретных датчиков, рекомендуется проверять имитацией срабатывания датчиков. Сигналы дискретных датчиков типа «сухой» контакт, используемые в схемах защит, рекомендуется формировать при размыкании контактов при аварийном отклонении параметра. Таким образом, обеспечивается постоянный контроль исправности сигнальных цепей датчиков. Защиты, работающие от аналоговых датчиков 4-20 мА, проверяются изменением уставки до текущего значения измеряемого параметра или, если это возможно, принудительным изменением параметра. Включение блокировок срабатывания защит регистрируется. После окончания проверки защит блокировки должны быть отключены.

3.4 Описание функций системы управления

Функции, выполняемые приточно-вытяжной вентиляцией:

- 1 Контроль работы элементов системы и измерение поддерживаемых системами параметров температуры с регистрацией аварийных ситуаций;
- 2 Управление двигателями вентиляторов;
- 3 Изменение производительности вентсистемы посредством частотного регулятора;
- 4 Контроль работы двигателей вентиляторов по ответу от частотного преобразователя;
- 5 Управление воздушными заслонками;
- 6 Включение резервных двигателей при аварии основных;
- 7 Выдачу информации о текущем состоянии оборудования;
- 8 Сигнализацию об авариях оборудования.

Работа вентсистемы осуществляется в ручном или автоматическом режиме. Переход в «ручной/автоматический» режим происходит при переводе ключа, расположенного на корпусе щита автоматики и управления. При переводе ключа в положение отключено или ручной в систему диспетчеризации передается сигнал «автоматический режим отключен».

Все рассматриваемые автоматизируемые функции являются исходными данными, на основании которых разрабатываются алгоритмы и программное обеспечение для проектируемой АСУ ТП.

Основными функциями, используемыми для реализации требуемых объемов автоматизации технологических процессов, являются следующие:

- 1 Контроль параметров;

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

- 2 Визуализация;
- 3 Сигнализация;
- 4 Управление;
- 5 Диагностика;
- 6 Регистрация;
- 7 Формирование отчетов.

Функция «Контроль параметров» включает в себя контроль технологических параметров и параметров работы оборудования следующего типа:

- Контроль аналоговых параметров (токовый сигнал 4...20 мА);
- Контроль сигналов датчиков термосопротивления RTD;
- Контроль дискретных параметров (сигнал типа «сухой контакт», сигнал постоянного тока 24 В, сигнал переменного тока 220 В, а также сигналы типа NAMUR);
- Контроль аналоговых и дискретных параметров по интерфейсу RS-485 (протокол Modbus).

Функция «Визуализация» включает в себя отображение на операторских станциях:

- Текущих значений контролируемых параметров;
- Состояния технологического оборудования.

Функция «Сигнализация» включает в себя следующие разновидности сигнализации:

- Предупредительную световую сигнализацию отклонения значения аналогового параметра от нормы (предаварийные значения);
- Аварийную светозвуковую сигнализацию предельного значения аналогового параметра (аварийные значения);
- Аварийную светозвуковую сигнализацию возникновения аварийных значений технологических параметров (дискретные сигналы);
- Световую сигнализацию изменения режима работы оборудования системы;
- Квитирование звукового сигнала;
- Запись предаварийного и аварийного сообщений в журнале событий.

Функция «Управление» включает в себя:

- Управление с операторских станций;
- Автоматическое управление.

Функция «Диагностика» автоматически определяет:

- Отказ одной из линий связи с контроллером;
- Отказ одного из интерфейсного модуля полевой станции управления.

Функция «Регистрация» включает в себя:

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

- Сохранение необходимых текущих значений технологических параметров в реальном масштабе времени, учетных параметров;
- Автоматическую регистрацию действий оператора;
- Запись предаварийных и аварийных сообщений в журнале событий.

3.5 Обоснование выбора средств автоматизации

Система автоматизации вентиляционных систем состоит из следующих основных элементов:

- датчиков загазованности СО, устанавливаемых в обслуживаемых помещениях, по показаниям которых осуществляется заданный алгоритм работы вентсистем и формирование аварийного сигнала о превышении допустимой концентрации СО и дальнейшей передачей его в систему диспетчеризации;
- по датчику температуры наружного воздуха, установленного на фасаде здания с северной стороны, по показаниям которого определяется режим функционирования системы «Летний» или «Зимний»;
- датчика температуры приточного воздуха, устанавливаемого в приточном воздуховоде, по показаниям которого осуществляется управление воздушными клапанами наружного воздуха и работы водяного нагревателя, Поддержание температуры приточного воздуха в соответствии с заданным алгоритмом в переходный и зимний режимы;
- датчиков-реле перепада давления воздуха на фильтре, устанавливаемых на воздуховоде рядом с фильтром, по сигналам которых отслеживается засорение фильтра. При появлении сигнала о перепаде давления выше заданного значения, для передачи в систему диспетчеризации, формируется предупредительный сигнал о загрязнении фильтра.
- датчиков-реле перепада давления воздуха на вентиляторе, устанавливаемых на воздуховоде рядом с вентилятором, по сигналам которых отслеживается работоспособность вентилятора. При появлении сигнала о перепаде давления выше заданного значения, для передачи в систему диспетчеризации, формируется предупредительный сигнал об аварии двигателя. Вентсистема переключается на резервный двигатель или останавливается (при его отключении).

4 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

4.1 Использование новейших технических средств автоматизации

Для правильного подбора контрольно измерительных приборов и средств автоматизации, необходимо отталкиваться от автоматизируемого процесса. Необходимо учитывать, что технологический процесс характеризуется отсутствием взрывоопасных зон по ПУЭ, а также пожароопасных зон класса П-ПА. Для средств КИПиА необходима достаточная степень пыле-влагозащиты, не ниже IP 50.

Контроль состояния технологического оборудования осуществляется с помощью показывающих приборов, датчиков технологических параметров и датчиков состояния ИМ технологического процесса.

Сигналы с датчиков поступают в устройство управления СКУ для анализа состояния оборудования и выработки управляющих воздействий на ИМ при управлении работой в автоматическом режиме.

Одновременно эти сигналы используются для отображения информации об объекте, регистрации и сигнализации средствами СКУ. Устройство управления (УУ) формирует сигналы управления, в том числе признаки состояния оборудования, пороговые сигналы текущих значений аналоговых датчиков, аварийной и предупредительной сигнализации.

Средства измерения температуры:

Для измерения температуры в воздушных коробах выбираем датчик температуры канальный компании Carel DPDT011000, предназначены для измерения температуры нейтральных сред. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал, предназначенные для измерения температуры различных рабочих сред. Внешний вид датчика температуры канального представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 - Внешний вид датчика температуры

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ				38

Таблица 4.1 Технические характеристики датчика температуры.

НСХ	50М
Длина монтажной части	120 мм
Диапазон измерений	-20...+70 С
Количество ЧЭ	один
Климатическое исполнение	У1.1
Пределы температуры окружающего воздуха	-15...+40 0С
Степень защиты	IP54

Средства измерения давления:

Для измерения перепада давления в технологическом процессе будем использовать реле давления дифференциальное DANFOSS 017D002366, которые предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин разности давлений, нейтральных сред. Датчики в дискретный выходной сигнал. В системе измеряется перепад давления на фильтрующих устройствах, на вентиляторах.

Внешний вид реле перепада давления представлен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 - Внешний вид реле перепада давления

Таблица 4.2 Технические характеристики реле перепада давления.

Пределы температуры окружающего воздуха	-10...+40 0С
Основная погрешность	0.25 %
Диапазон измерений	0,5...6 бар
Выходной сигнал	0...10 В
Тип блока	Двухвентильный клапанный блок

Измерение загазованности

Для измерения загазованности используется стационарный одноканальный сигнализатор загазованности RGI CO0 L42. Данный прибор используется для измерения концентрации газа CO, в случае превышения газа в воздухе данный сигнализатор выдает аварийный сигнал в систему автоматизации, активирует свою звуковую и световую сигнализацию. Внешний вид сигнализатора представлен на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 - Внешний вид одноканальный сигнализатор загазованности

Таблица 4.3 Технические характеристики датчика давления.

Принцип измерений	электрохимический сенсор
Количество выходных реле	2
Мощность контактов реле	6(2) А 250 В

Окончание таблицы 4.3

Уровень защиты от пыли и влаги	IP40
Световая сигнализация	зеленый светодиод: нормальная работа
	красный светодиод: тревога
	желтый светодиод: неисправность
Звуковая сигнализация	85 Дб
Электропитание	230 В (-15 %, +10 %), 50 Гц

Средства воздействия на процесс:

Для регулирования потоками сред используются исполнительные механизмы воздушных заслонок. Заслонки используются для автоматического управления потоками воздуха. Заслонки могут не только регулировать, но и аварийно перекрывать или открывать вход в вентиляционную установку в зависимости от исходного положения. Для управления заслонками используется привод с возвратной пружиной компании Siemens GMA1661E. Внешний вид привода представлен на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 - Внешний вид привода

Таблица 4.4 Технические характеристики привода.

Тип	GMA166.1E
Возвратная пружина	Да
Управляющий сигнал	DC 0...10 V
Площадь заслонки, до	1,50 м ²

Окончание таблицы 4.4

Крутящий момент	7,00 Нм
Рабочее напряжение	АС 24 В , DC 24 В

5 ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР

5.1 Выбор и обоснование выбора ПЛК

В современном мире существует большое количество разных контроллеров различных фирм. Далее приводятся несколько примеров самых применяемых и известных фирм-изготовителей, а также их продукции:

Отечественный:

Логические контроллеры Siemens SIMATIC 1200 предназначены для высокопроизводительных компактных машин со встроенными функциями контроля скорости и положения. Они оснащены встроенным портом Ethernet с функциями FTP и веб-сервера, что позволяет легко интегрировать их в архитектуры систем управления для удаленного мониторинга и техобслуживания машин благодаря использованию программных приложений для смартфонов, планшетных компьютеров и ПК.

Центральный процессор модуль 1214 С.

Центральные процессоры предназначены для больших установок, а также для решения сложных задач автоматизации. 1214 имеют встроенный интерфейс PROFIBUS-DP. Центральный процессор имеет следующие характеристики:

- высокопроизводительный микропроцессор, имеющий время выполнения логической команды менее 0,1мкс;
- встроенная оперативная память с объемом 768 Кбайт;
- наличие гибких возможностей расширения системы ввода/вывода;
- встроенный MPI интерфейс;
- переключатель режимов работы, имеющий доступ к программе и данным, который может быть запрещён удалением ключа переключения режимов работы;
- наличие возможности установки одной карты памяти емкостью до 64 Мбайт. Карты RAM используются для расширения объема загружаемой памяти, карты Flash- EEPROM – для энергонезависимого хранения программ и данных;
- встроенные коммуникационные функции.

При выборе контроллеров требуется определяться следующими критериями:

- функциональные особенности контроллера должны быть способны полностью соответствовать задачам, поставленным при автоматизации данного технологического процесса;
- Параметры контроллера, характеризующие его быстродействие обязаны удовлетворять требованиям автоматического управления, а это значит, что времена срабатывания системы автоматического управления должны быть не больше временных постоянных процесса;
- Количественные характеристики контроллера, определяющие число и типы входов и выходов, должны оптимально соответствовать информационным характеристикам процесса;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ					43

– Коммуникационные характеристики контроллеров, такие как, тип сети, используемые протоколы и возможность сопряжения с имеющимися и предполагаемыми микропроцессорными устройствами должны лучшим образом соответствовать условиям производства (помехи, расстояние между устройствами, сопряжение с локальными сетями и системами управления, место установки оборудования и т.п.);

– Объем оперативной и постоянной памяти контроллера должен быть достаточным для размещения и оптимального функционирования прилагаемого программного обеспечения. При этом необходимо учитывать стоимость контроллеров и дополняющего его оборудования: (коммуникационных устройств и клеммно-блочных соединителей). Обязательным критерием при выборе микропроцессорных средств является отношение стоимости на канал (регулируемый или измерительный).

Из современных систем управления для данного технологического процесса был выбран управляющий контроллер семейства SIMATIC S7-1200. На выбор этого средства управления повлияли следующие причины:

– Модульная конструкция, наличие естественного охлаждения, мощные коммуникационные возможности, гибкие возможности расширения, а также лёгкость создания распределённых систем управления и удобство обслуживания определяют SIMATIC S7-1200, как лучшее средство при решении абсолютно любых задач автоматизации;

– Контроллеры SIMATIC S7-1200 можно использовать практически во всех отраслях промышленности;

– В SIMATIC S7-1200 используются несколько типов центральных процессоров различной производительности, а также большое количество модулей с множеством встроенных функций, что очень упрощают разработку систем автоматизации;

– Если алгоритмы управления процессом становятся более сложными и требуют использования дополнительного оборудования, то данный контроллер позволяет установить дополнительный набор модулей.

Исходя из информационной нагрузки (таблица 5.7), выбираем контроллер, который будет обрабатывать сигналы, поступающие на него с датчиков по запрограммированному алгоритму, реализуя функцию регулирования и выдавать значения контролируемых и регулируемых параметров на станцию оператора, а также формировать сигналы на соответствующем выходе.

Таблица 5.1 -Информационная нагрузка на систему управления

Вид информационного канала	Количество каналов
AI	4
AO	4
DI	16
DO	10
Всего информационных каналов	34

5.2 Описание технических характеристик ПЛК

Компактный пластиковый корпус со степенью защиты IP20 для монтажа на стандартную профильную шину DIN или на вертикальную плоскую поверхность. Горизонтальная или вертикальная установка.

Встроенный интерфейс PROFINET, 10/100 Мбит/с:

- 1x RJ45 в CPU 1211C, CPU 1212C и CPU 1214C;
- 2x RJ45 с встроенным 2-канальным коммутатором в CPU 1215C.

Два встроенных аналоговых входа 0...10 В/ 10 бит с программной настройкой:

- частоты подавления помех/ времени интегрирования для всех каналов,
- степени сглаживания входных сигналов для каждого канала,
- контроля переполнения для каждого канала.

Два встроенных аналоговых выхода 0...20 мА/ 10 бит (только в CPU 1215C) с контролем граничных значений сигналов и программной настройкой реакции выходов на остановку центрального процессора с возможностью выбора сохранения текущих состояний или перевода выходов в заданные состояния.

Набор встроенных дискретных выходов на основе транзисторных ключей или реле с программной настройкой реакции на остановку центрального процессора и возможностью выбора сохранения текущих состояний или перевода каждого выхода в заданное состояние.

В моделях с транзисторными выходными ключами:

наличие двух импульсных выходов для формирования выходных сигналов с частотой до 100 кГц и программной настройкой:

- разрешения/ запрета использования выхода в импульсном режиме;
- использования выхода в режиме широтно-импульсной модуляции (PWM) или в режиме формирования последовательности из заданного количества импульсов (РТО).

Отсек для установки сигнальной (SB) или коммуникационной (CB) платы и увеличения количества каналов вводавывода или получения дополнительного коммуникационного интерфейса без изменения установочных размеров центрального процессора. Дополнительно для CPU V3.0 и выше в этот отсек может устанавливаться модуль буферной батареи (BB).

Встроенные реверсивные скоростные счетчики с программной настройкой:

- 1 разрешения/ запрета использования счетчика;
 - 2 набора поддерживаемых функций:
- счет/измерение частоты следования импульсов/контроль текущей позиции на оси перемещения, с однофазным/двухфазным или квадратурным датчиком импульсов, управление изменением направления счета из программы пользователя или по внешнему входному сигналу, начальное направление счета: суммирующий/ вычитающий счет;
 - исходных значений предварительной установки и конечного состояния счетчика;

– сброса счетчика по внешнему входному сигналу с активным высоким или низким уровнем.

Встроенный ПИД регулятор с функциями автоматической настройки.

Съемные терминальные блоки с контактами под винт для подключения внешних цепей.

Светодиоды индикации:

- режимов работы RUN/STOP;
- наличия ошибок в работе контроллера ERROR;
- наличия запроса на обслуживание MAINT;
- наличия подключения к сети LINK;
- наличия обмена данными через коммуникационный интерфейс Rx/Tx;
- состояний дискретных входов и выходов.

Исчерпывающий набор инструкций:

– базовый набор инструкций для выполнения логических операций, адресации результата, сохранения данных, счета, отсчета выдержек времени, загрузки, пересылки, сравнения, сдвига, вращения, формирования дополнений, вызова подпрограмм (с локальными переменными);

– встроенные инструкции управления обменом данными через встроенный интерфейс центрального процессора и/или через коммуникационные модули;

– удобные функции управления импульсными выходами, выполнения арифметических операций с фиксированной и плавающей точкой, ПИД регулирования, переходов, циклов и преобразований форматов данных и т.д.

Дополнительные функции:

1 Обработка прерываний:

– фиксация нарастающих или спадающих фронтов входных сигналов для формирования быстрого отклика на соответствующие события;

– прерывания в функции времени;

– прерывания от счетчиков при достижении заданного состояния или изменении направления счета;

– коммуникационные прерывания, позволяющие ускорить

– и упростить обмен данными с периферийными приборами: принтерами, сканнерами и т.д.

2 Парольная защита доступа к программе и данным.

3 Функции тестирования и диагностики:

5.3 Методы и средства разработки прикладного программного обеспечения

Язык оперативного управления (интерфейс “человек-машина”) используется оператором-технологом для получения информации о работе системы и ввода управляющих воздействий. Он должен отражать технологию и структуру объекта управления и должен быть рассчитан на специалиста в своей предметной области, не владеющего какими-либо языками программирования.

Открытая SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - централизованный контроль и сбор данных) система визуализации фирмы SIEMENS SIMATIC WinCC (Windows Control Center) – это компьютерная система человеко-машинного интерфейса, работающая под управлением операционных систем Windows и предоставляющая широкие функциональные возможности для построения систем управления различного назначения. Она предназначена для оперативного управления и мониторинга технологического процесса. Базовая конфигурация системы включает в свой состав набор функций, позволяющих выполнять событийно управляемую сигнализацию, архивирование результатов измерений, регистрировать технологические данные и параметры настройки конфигурации, функции управления и визуализации. SCADA-система SIMATIC WinCC позволяет легко и просто интегрировать операторский интерфейс в создаваемые или уже существующие системы технологического управления, избежав при этом непомерных затрат на проектирование и отладку программного обеспечения. Ядро продукта WinCC образует нейтральная по отношению к отраслям промышленности базовая система, которая оснащена всеми важнейшими функциями и поддержкой таких стандартных интерфейсов, как OPC, ActiveX, ODBC, SQL и ANSI C.

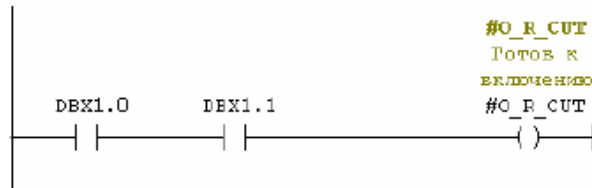
STEP 7 – это базовый пакет программ, включающий в свой состав весь спектр инструментальных средств, необходимых для программирования и эксплуатации систем управления, построенных на основе систем автоматизации SIMATIC S7/C7/WinAC. Отличительной особенностью пакета STEP 7 является возможность разработки комплексных проектов автоматизации, базирующихся на использовании множества программируемых контроллеров, промышленных компьютеров, устройств и систем человеко-машинного интерфейса, устройств распределённого ввода/вывода, сетевых структур промышленной связи. Ограничения на разработку таких проектов накладываются только функциональными возможностями программаторов или компьютеров, на которых инсталлирован STEP 7. Пакет программ STEP 7 в полной мере отвечает требованиям международного стандарта IEC 1131-3 и европейских норм DIN EN 6.1131-3.

ПО должно быть построено так, чтобы отсутствие отдельных исходных данных не препятствовало работе системы и не сказывалось на работе тех функций АСУ, при реализации которых эти данные не используются. ПО должно иметь средства диагностики технических средств и контроля достоверности входной информации. Анализ битов готовности преобразователя частоты в выбранном программном обеспечении приведен на рисунке 5.1.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ					47

Network 12: Title:

обработка слова состояния ПЧ YLT2800
Анализируются биты:
"Готов к включению"
"Готов к работе"



Network 13: Title:

Обработка бита "Привед в работе"



Network 14: Title:

обработка бита "Неисправность активна"



Рисунок 5.1 – Анализ битов готовности

Эксплуатационная документация на ПО должна соответствовать стандартам ЕСПД и содержать все сведения, необходимые персоналу АСУ для использования, загрузки и запуска, проверки правильности функционирования с помощью соответствующих тестов. Эксплуатационная документация должна быть на русском языке.

Таблица 5.2 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Входные сигналы контроллера	T0	Датчик температуры	Есть
	T1	Датчик температуры	Есть
	T2	Датчик температуры	Есть

Продолжение таблицы 5.2

	P0	Датчик давления	Есть
	P1	Датчик давления	Есть
	P2	Датчик давления	Есть
	Z1	Положение заслонки	Есть
	Z2	Положение заслонки	Есть
	Z3	Положение заслонки	Есть
	ГотН	Сигнал «Пуск Нагревателя»	Есть
	ГотП	Сигнал «Стоп приточных вентиляторов»	Есть
	ГотВ	Сигнал «Пуск вытяжных вентиляторов»	Есть
	СбросА	Сигнал «Сброс Аварии»	Есть
АСтоп	Сигнал «Аварийный стоп»	Есть	
Выходные сигналы контроллера	ВН	Включение нагревателя	Есть
	ВП	Включение вентилятора приточки	Есть
	ВВ	Включение вентилятора вытяжки	Есть
	Заслонка1	Регулирование открытия заслонки1	Есть
	Заслонка2	Регулирование открытия заслонки2	Есть
	Заслонка3	Регулирование открытия заслонки3	Есть
Входные сигналы панели НМІ	Питание	Индикация «Питание установки»	Есть
	Авария1	Индикация «Авария1»	Есть
	Авария2	Индикация «Авария2»	Есть
	Авария3	Индикация «Авария3»	Есть
	ИТО	Значение датчика температуры «Т0»	Есть

Окончание таблицы 5.2

	ИТ1	Значение датчика температуры «Т1»	Есть
	ИТ2	Значение датчика температуры «Т2»	Есть
	Р0	Значение датчика давления «Р0»	Есть
	Р1	Значение датчика давления «Р1»	Есть
	Р2	Значение датчика давления «Р2»	Есть
Выходные сигналы панели НМІ	Питание	Графическая кнопка на панели НМІ «Питание»	Есть
	Стоп	Графическая кнопка на панели НМІ «Стоп»	Есть
	ПускН	Сигнал «Пуск Нагревателя»	Есть
	СтопН	Сигнал «Стоп Нагревателя»	Есть
	ПускП	Сигнал «Пуск приточного вентилятора»	Есть
	СтопП	Сигнал «Стоп приточного вентилятора»	Есть
	ПускВ	Сигнал «Пуск вытяжного вентилятора»	Есть
	СтопВ	Сигнал «Стоп вытяжного вентилятора»	Есть
	31	Кнопка открытия заслонки1	Есть
	32	Кнопка открытия заслонки2	Есть
	33	Кнопка открытия заслонки3	Есть
	СбросА	Сигнал «Сброс Аварии»	Есть
	АСтоп	Сигнал «Аварийный стоп»	Есть

На станции оператора предусмотрена функция опробования звуковой сигнализации с записью в журнал событий. Параметры сигнализации (цвет, частота мигания, тональность и громкость звукового сигнала и. т. п.) для ее различных приоритетов должны различаться.

Сигнализация должна сопровождаться:

а миганием графического символа, отображающего технологическое оборудование;

б соответствующим цветом;

в появлением на экране сообщения с причиной сигнализации;

г включением звукового сигнала (в зависимости от приоритета);

д записью причины и времени срабатывания сигнализации в журнал сигнализации, а также времени квитирования.

Квитирование сигнала выполняется оператором. Факты появления, квитирования и снятия сигнала должны регистрироваться во времени.

В систему сигнализации должны вводиться только сигналы, появление которых правомерно по технологии работы оборудования. Сигналы, появление которых является ложным, должны блокироваться (например, сигналы об уменьшении напряжения на отключенном объекте). Пример мнемосхемы приводится на рисунке 5.2.

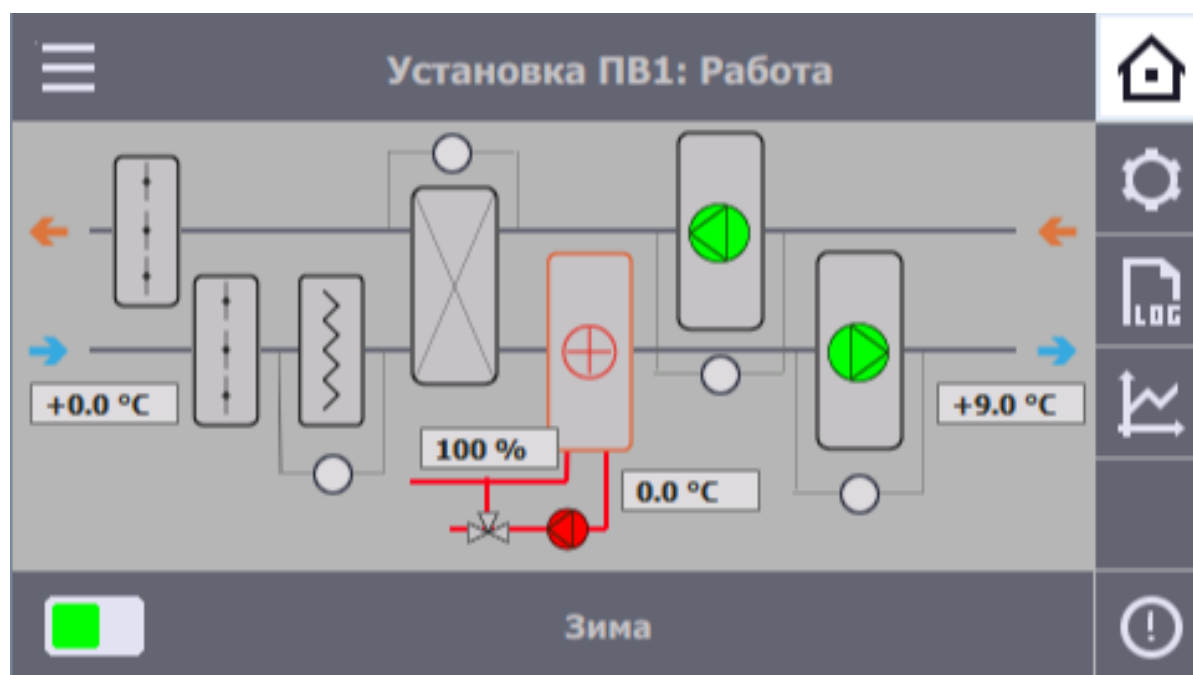


Рисунок 5.2 – Пример мнемосхемы

5.4 Составление логических уравнений

Программу для контроллера разделим условно-функционально на несколько блоков: «блок управления нагревателем», «блок регулирования заслонки», «блок

управления приводом вытяжного вентилятора», «блок управления приводом приточного вентилятора», «блок аварийных сигналов».

Начало работы установки происходит посредством подачи питания на установку, для этого используется автомат, установленный в шкафу управления. С панели оператора кнопкой «Вкл» подается ток на работу системы управления. Кнопка отключение питания «Выкл».

$$\text{Питание1} = (\text{Вкл} + \text{Питание1}) \overline{\text{Выкл}}$$

Для включения нагревателя подается сигнал на «ГотН» и также при наличии «Питания», учитывая отсутствие сигнала «Авария», учитывая сигнал с датчика температуры «Т0» и датчика давления «Р0». Также учитываются нажатые кнопки «Стоп нагревателя» и «Аварийный стоп».

$$\text{ВН} = (\text{ГотН} * \text{Питание} * \text{Т0} * \text{Р0} + \text{ВН}) * \overline{\text{Авария}} * \overline{\text{СтопН}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

Для включения вентиляторов притока подается сигнал на «ГотП» и также при наличии «Питания», учитывая отсутствие сигнала «Авария», учитывая сигнал с датчика температуры «Т1» и датчика давления «Р1» и положения открытия заслонки. Также учитываются нажатые кнопки «Стоп нагревателя» и «Аварийный стоп»

$$\text{ВП} = (\text{ГотП} * \text{Питание} * \text{Т1} * \text{Р1} * \text{Z2} + \text{ВП}) * \overline{\text{Авария}} * \overline{\text{СтопП}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

Для включения вентиляторов вытяжки подается сигнал на «ГотВ» и также при наличии «Питания», учитывая отсутствие сигнала «Авария», учитывая сигнал с датчика температуры «Т1» и датчика давления «Р1» и положения открытия заслонки. Также учитываются нажатые кнопки «Стоп нагревателя» и «Аварийный стоп».

$$\text{ВВ} = (\text{ГотВ} * \text{Питание} * \text{Т2} * \text{Р2} * \text{Z1} + \text{ВВ}) * \overline{\text{Авария}} * \overline{\text{СтопВ}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

Сигнал регулирования заслонки возникает при разрешении на открытие заслонки «Z1» а также отсутствии сигнала «Авария1» и нажатой кнопки «Стоп».

$$\text{Заслонка1} = (\text{Авто} * \text{Z1} + \text{Заслонка1}) * \overline{\text{Авария}} * \overline{\text{СтопН}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

$$\text{Заслонка2} = (\text{Авто} * \text{Z2} + \text{Заслонка2}) * \overline{\text{Авария}} * \overline{\text{СтопВ}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

$$\text{Заслонка3} = (\text{Авто} * \text{Z3} + \text{Заслонка3}) * \overline{\text{Авария}} * \overline{\text{СтопН}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

В случае управления аварийных сигналов, приводятся примеры возникновения на главных технологических объектах вентиляторах и нагревателе.

$$\text{Авария1} = (\overline{\text{Р0}} * \overline{\text{ГотН}} * \overline{\text{Z1}} + \text{Заслонка1} + \text{Авария1}) * \overline{\text{Сброса}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

$$\text{Авария2} = (\overline{\text{Р1}} * \overline{\text{ГотВ}} * \overline{\text{Z1}} + \text{Заслонка3} + \text{Авария2}) * \overline{\text{Сброса}} * \overline{\text{АСтоп}}$$

5.5 Программирование ПЛК

Для составления программы необходимо определить адреса выходных и входных переменных, а также адреса счетчиков. В таблицах 5.3 , 5.4 и 5.5 представлены адреса входных, выходных переменных на языке контроллера.

Таблица 5.3 – Адреса входных сигналов ПЛК

Сигнал	Адрес ПЛК
T0	X1
T1	X2
T2	X3
P0	X7
P1	X8
P2	X9
Z1	X13
Z2	X14
Z3	X15
ГотН	X16
ГотП	X17
ГотВ	X18
СбросА	X19
АСтоп	X20
Питание	X21
Авто	X22

Таблица 5.4 – Адреса выходных сигналов ПЛК

Сигнал	Адрес ПЛК
ВН	Y1
ВП	Y2
ВВ	Y3
Заслонка1	Y4
Заслонка2	Y5

Окончание таблицы 5.4

Заслонка3	Y6
Питание1	Y7
Авария1	Y8
Авария2	Y9
Авария3	Y10
СбросА	Y11
АСтоп	Y12
СтопН	Y13
СтопП	Y14
СтопВ	Y15

Таблица 5.5 – Адреса входных сигналов ПЛК

Команда ПЛК	Уравнение ПЛК
ВН	$Y1 = (X16 * X21 * X1 * X7 + Y1) * \overline{Y8} * \overline{Y13} * \overline{Y12}$
ВП	$Y2 = (X17 * X21 * X2 * X8 + Y2) * \overline{Y9} * \overline{Y14} * \overline{Y12}$
ВВ	$Y3 = (X18 * X21 * X3 * X9 + Y3) * \overline{Y10} * \overline{Y15} * \overline{Y12}$
Заслонка1	$Y4 = (X22 * X13 + Y4) * \overline{Y8} * \overline{Y13} * \overline{Y12}$
Заслонка2	$Y5 = (X22 * X14 + Y5) * \overline{Y9} * \overline{Y14} * \overline{Y12}$
Заслонка3	$Y6 = (X22 * X15 + Y6) * \overline{Y10} * \overline{Y15} * \overline{Y12}$
Питание1	$Y7 = (X21 + Y1) * \overline{Y12}$
Авария1	$Y8 = (X7 * X16 * X13 + Y4 + Y8) * \overline{Y11} * \overline{Y12}$
Авария2	$Y9 = (X8 * X17 * X14 + Y5 + Y8) * \overline{Y11} * \overline{Y12}$

Листинг программы представлен на рисунке 5.3.

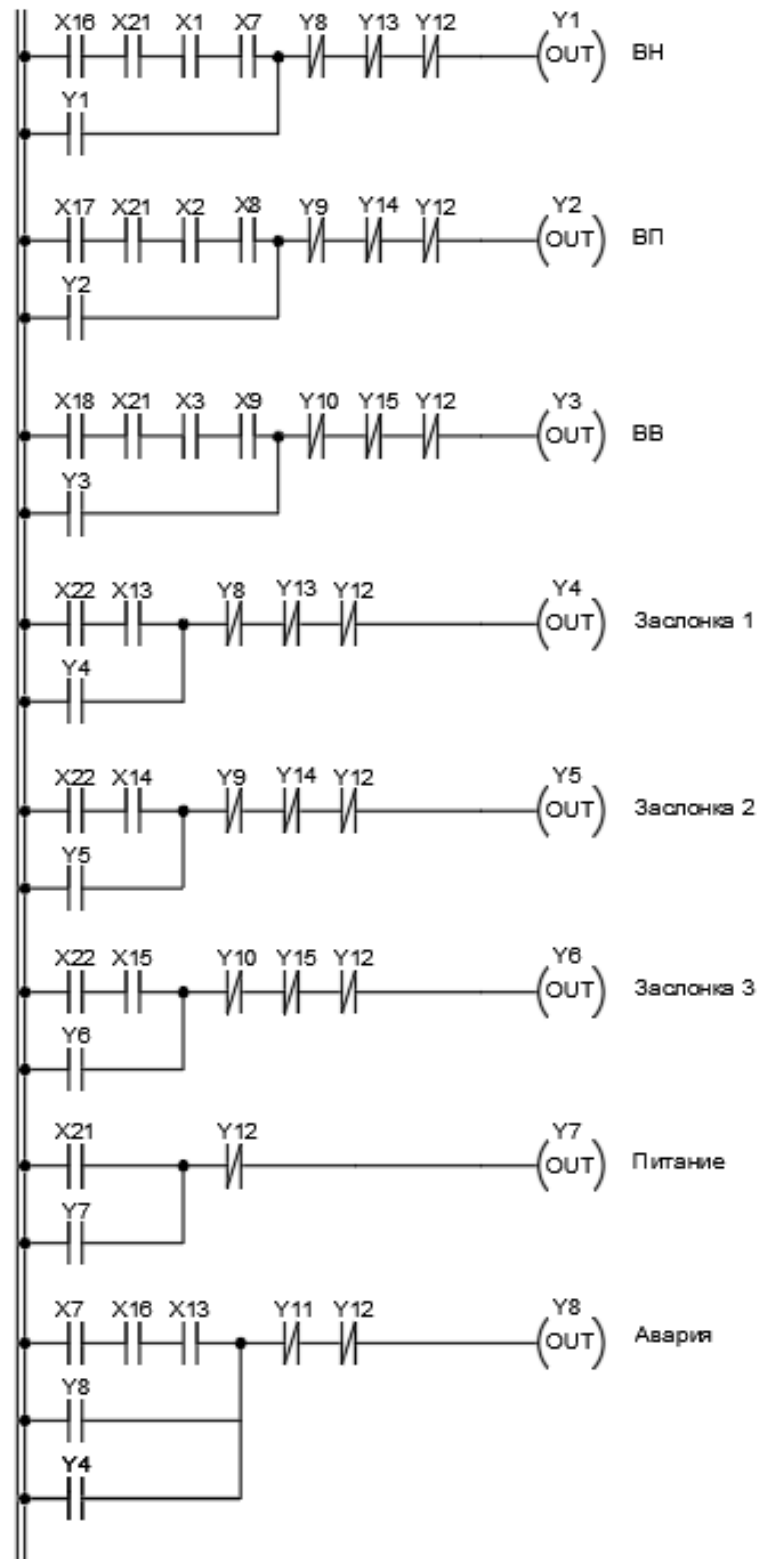


Рисунок 5.3 – Листинг программы

6 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ

В данной главе рассмотрим экономический аспект внедрения автоматизированной системы управления вентиляционной установкой, рассчитаем дополнительные капитальные затраты, а также дополнительные эксплуатационные издержки.

6.1 Расчет дополнительных капитальных затрат

Стоимость оборудования $S = 3\,090\,799,98$ руб. (включает стоимость всего проектируемого оборудования).

Транспортно-заготовительные расходы составляют 7% от стоимости средств автоматизации:

$$\begin{aligned} Z_{\text{тзр}} &= S * 0.07 & (6.1) \\ Z_{\text{тзр}} &= S * 0.07 = 3\,090\,799,88 * 0.07 = 216\,355,99 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на монтаж вновь приобретенных средств автоматизации составляют 25% от их стоимости:

$$\begin{aligned} Z_{\text{м}} &= S * 0.25 & (6.2) \\ Z_{\text{м}} &= S * 0.25 = 3\,090\,799,88 * 0.25 = 772\,699,97 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на проектирование составляют 4 % от стоимости монтажных работ:

$$\begin{aligned} Z_{\text{пр}} &= Z_{\text{м}} * 0.04 & (6.3) \\ Z_{\text{пр}} &= Z_{\text{м}} * 0.04 = 772\,699,97 * 0.04 = 30\,907,99 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на пуско-наладочные работы составляют 23 % от стоимости средств автоматизации:

$$\begin{aligned} Z_{\text{п.н.}} &= S * 0.23 & (6.4) \\ Z_{\text{п.н.}} &= S * 0.23 = 3\,090\,799,88 * 0.23 = 710\,883,77 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на демонтаж существующих средств автоматизации составляют 20% от стоимости монтажных работ:

$$\begin{aligned} Z_{\text{д}} &= Z_{\text{м}} * 0.20 & (6.5) \\ Z_{\text{д}} &= Z_{\text{м}} * 0.20 = 772\,699,97 * 0.20 = 154\,539,8 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на инженерные работы и обучение составляют 10% от стоимости от средств автоматизации:

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

$$Z_{и} = S * 0.10 \quad (6.6)$$

$$Z_{и} = S * 0.10 = 3\,090\,799,88 * 0.10 = 309\,079,9 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные затраты определяются по следующей формуле:

$$K = S + Z_{\text{тзр}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{пр.}} + Z_{\text{п.н.}} + Z_{\text{д}} + Z_{\text{и}} \quad (6.7)$$

$$K = 3\,090\,799,88 + 216\,355,99 + 772\,699,97 + 30\,907,99 + 710\,883,77 + 154\,539,8 + 309\,079,9 = 5\,285\,267,311 \text{ руб.}$$

6.2 Расчет дополнительных эксплуатационных издержек

Амортизация (от англ. "depreciation", лат. "amortizatio" — "погашение") — это перенос основных средств в процессе производства на стоимость продукции по мере их износа (материального и морального). Другими словами,

это списание с баланса денежных средств по мере устаревания объектов. Норма амортизационных отчислений – значение, рассчитанное в процентах от цены основного средства, эксплуатирующегося в предприятии. Себестоимость любого продукта, производимого в фирме, всегда включает и долю амортизации основных фондов.

Дополнительные эксплуатационные издержки включают в себя:

- а амортизационные отчисления на средства автоматизации;
- б затраты на содержание и текущий ремонт средств автоматизации;
- в прочие затраты.

Произведем расчет дополнительных эксплуатационных издержек:

Амортизационные отчисления на средства автоматизации составляют 10% от величины дополнительных капитальных затрат:

$$Z_{\text{А}} = K * 0.10 \quad (6.8)$$

$$Z_{\text{А}} = K * 0.10 = 5\,285\,267,311 * 0.10 = 528\,526,731 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и текущий ремонт средств автоматизации составляют 12% от величины дополнительных капитальных затрат:

$$Z_{\text{р}} = K * 0.12 \quad (6.9)$$

$$Z_{\text{р}} = K * 0.12 = 5\,285\,267,311 * 0.12 = 634\,232,077 \text{ руб.}$$

Прочие затраты составляют 5 % от величины дополнительных капитальных затрат:

$$Z_{\text{проч.}} = K * 0.05 \quad (6.10)$$

$$Z_{\text{проч.}} = K * 0.05 = 5\,285\,267,311 * 0.05 = 264\,263,366 \text{ руб.}$$

Величина дополнительных эксплуатационных издержек определяется по формуле:

$$Z = Z_A + Z_P + Z_{\text{проч.}} \quad (6.11)$$
$$Z = 528\,526,731 + 634\,232,077 + 264\,263,366 = 1\,427\,022,174 \text{ руб.}$$

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основными условиями безопасного ведения технологического процесса, предотвращения аварий и несчастных случаев является строгое выполнение обслуживающим персоналом требований настоящего регламента, должностных, технологических инструкций, инструкций по охране труда, соблюдение норм технологического режима, установка электрооборудований во взрывобезопасном исполнении, наличие схемы аварийного опорожнения основного технологического оборудования в специальные емкости, а также исправное состояние КИП и СА, систем сигнализации и блокировок основных технологических параметров и сигнализаторов дозврывоопасных концентраций продуктов производства в закрытых помещениях и на наружных установках.

Для обеспечения безопасного ведения технологического процесса и безопасной эксплуатации оборудования необходимо соблюдать следующие требования:

- следить за исправной работой КИП и СА. Работа с отключенными и неисправными КИПиСА, систем сигнализации и блокировок запрещается. При отказе КИП и СА контроль за параметрами осуществляется по месту до устранения неполадок в системе КИПиСА;
- не допускать резких изменений давления, вакуума и температуры в аппаратах и трубопроводах;
- вести постоянный контроль за герметичностью оборудования, запорной, регулирующей, предохранительной арматуры, сальниковых и торцевых уплотнений, фланцевых соединений оборудования;
- вести постоянный контроль за давлением воздуха КИП, азота, воздуха технологического на вводе в цех. При понижении давления ниже предусмотренного требованиями рабочих инструкций сообщить диспетчеру завода.
- все неработающие аппараты и трубопроводы должны быть освобождены от продукта и продуты азотом, надежно отключены и отглушены от работающих аппаратов;
- все движущиеся и вращающиеся части машин и механизмов должны быть с исправным ограждением;
- с целью снижения тепловыделений и предупреждения тепловых ожогов аппараты и трубопроводы должны иметь исправную теплоизоляцию. При проливе горючих продуктов на изоляционный материал загрязненную изоляцию немедленно заменить;
- производить проверку работоспособности средств автоматического пожаротушения, огнепреградителей на дыхательных линиях аппаратов, согласно установленных графиков.
- с целью предотвращения преждевременного выхода из строя аппаратов, трубопроводов, насосов, КИПиА ремонт оборудования необходимо проводить строго по графику ППР;
- следить за наличием и исправным состоянием защитных кожухов на фланцевых соединениях трубопроводов, перекачивающих щелочь и кислоту.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

- следить за исправным состоянием предохранительных клапанов на аппаратах, работающих под давлением;
- не допускать попадания воды, углеводородов и других горючих продуктов производства на электродвигатели силового оборудования;
- следить за исправным состоянием заземления зданий, оборудования и коммуникаций;
- следить за исправным состоянием всех вентиляционных систем.

В цехе установлено электрооборудование, которое питается переменным электрическим током напряжением 220/380В с частотой 50Гц. В соответствии с ПУЭ помещение по степени опасности поражения электрическим током относится к классу помещения с особой опасностью.

В нем присутствуют следующие условия повышенной опасности:

- токопроводящие полы;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй, механизмам и технологическим аппаратам с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала от поражения электрическим током предусматриваются следующие меры защиты:

- защита от прямого прикосновения, которая обеспечивается с помощью применения кабелей, защитных кожухов и оболочек электрооборудования, а также установкой электрооборудования в шкафах;
- зануление четвертой жилы питающего кабеля; предупредительные плакаты;
- автоматическое отключение питания.

Лица, обслуживающие и эксплуатирующие электроустановки, относятся к электротехническому персоналу, который условно разделяется на четыре группы:

- административно-технический персонал, к которому относятся начальники служб, энергетики, мастера и т. д.;
- оперативный персонал, к которому относятся дежурный и т. д.;
- оперативно обслуживающий персонал - работники, выполняющие ремонтные, наладочные и другие работы в электроустановках;
- ремонтно-оперативный персонал - это лица, оперативно обслуживающие электроустановки и выполняющие другие работы при отсутствии дежурного персонала.

К работам в электроустановках не допускаются лица моложе 18 лет. Лица, допускаемые к обслуживанию электроустановок, проходят медицинское освидетельствование при приеме на работу и периодически 1 раз в 2 года.

Перед назначением на самостоятельную работу в электроустановках персонал обязан пройти обучение на своем рабочем месте: ознакомиться с оборудованием; приобрести практические навыки; изучить производственные инструкции, правила технической эксплуатации (ПТЭ) и правила техники безопасности (ПТБ) при эксплуатации электроустановок потребителей. Обучение производится под руководством опытного работника и под контролем лица, ответственного

за эксплуатацию данной установки. После обучения персонал проходит проверку знаний по ПТЭ, ПТБ, должностных и производственных инструкций. Знания проверяет специальная комиссия, утвержденная главным энергетиком предприятия. Комиссия выдает удостоверение на допуск к самостоятельной работе в электроустановках, а администрация цеха оформляет распоряжение по цеху о допуске к самостоятельной работе.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была достигнута поставленная цель, а именно разработана автоматизированная система управления вентиляционной установкой предприятия задания. В процессе выполнения работы были изучены особенности технологического процесса, разработка структурной и функциональной схем, схемы информационных потоков, выбор комплекса технических средств, разработка схемы внешних проводок.

Таким образом, в результате выполнения данной работы удалось обеспечить автоматический контроль параметров процесса, автоматическое и дистанционное автоматизированное управление технологическим оборудованием, запорной арматурой, оперативность контроля и управления процессом производства, возможность развития и модернизации системы.

Результатом данной работы является разработанная схема автоматизации. При проектировании схемы преимущественно выбирались самые распространённые средства автоматизации. При выборе приборов и средств автоматизации учитывались условия функционирования приборов и систем (степень пожаро- и взрывоопасности процесса, агрессивность среды и т.п.), предельные значения и диапазон изменения параметров процесса, требования к точности контроля и регулирования, быстродействию, надежности и другие факторы.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 В.Г. Хапусов, П.Р. Ершов. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 300 с.
- 2 Ротач В.Я. Теория автоматического управления Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 400 с.
- 3 Инструкции по эксплуатации средств автоматизации фирм «Метран», «Siemens», «SAMSON GROUP» 2018г.
- 4 Ю.Н. Федоров. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств. В 2-х томах. 2016г.
- 5 А.С. Ключев и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие; под ред. А.С. Ключева. 3-е изд. стер. -М.: Альянс, 2008. -464 с.
- 6 Справочник химика. В 3-х томах. Т. 1-3. -М.-Л.: Госхимиздат, 1963.
- 7 Правила устройства электроустановок, ПУЭ, седьмое издание, М, «Энергоатомиздат». 2017г.
- 8 ОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
- 9 ГН 2.2.5.1313-03 с изм. № 8 от 16.09.2013. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
- 10 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
- 11 СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 12 ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 13 ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум.
- 14 ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда.
- 15 Вибрационная безопасность. Общие требования.
- 16 СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
- 17 СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
- 18 ГОСТ 12.1.004-91 изм.1 Пожарная безопасность. Общие требования.
- 19 ГОСТ 12.1.010-76* Взрывобезопасность. Общие требования.
- 20 ГОСТ Р 51330.11-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 1 Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам.
- 22 ГОСТ Р 51330.5-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения.
- 23 ГОСТ 12.1.005-88 изм.1 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 24 ГОСТ 12. 0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

					13.03.02.2020.984.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63