

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Механико-технологический факультет
Кафедра машиностроения, автоматике и электроэнергетики

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____В.Г. Некрутов
_____201_ г.

Модернизация электропривода буровой лебедки

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2017.054.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н., доцент
_____В.Г. Некрутов
_____201_ г.

Руководитель работы,
доцент
_____В.Д. Константинов
_____201_ г.

Автор работы
студент группы ИОДО-552
_____Н.В. Брыков
_____201_ г.

Нормоконтролер, доцент
_____В.Д. Константинов
_____201_ г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ.....	8
1.1 Общее сопоставление возможностей преобразователей частоты.....	8
1.2 Особенности преобразователя частоты HITACHI j150-055HFE4.....	9
1.3 Особенности преобразователя частоты Сапфир АП-140.....	11
1.4 Особенности преобразователя частоты ВЕСПЕР EI-8000.....	12
1.5 Особенности преобразователя частоты MITSUBISHI FR-A 540 S EC.....	12
1.6 Особенности преобразователя частоты LG JS5-RUS.....	12
1.7 Особенности преобразователя частоты ОВЕН ЧВЗ.....	14
Выводы по части один.....	15
2 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ И ЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ	16
2.1 Описание котельного агрегата ДКВР-6,5-13	16
2.2 Характеристики тягодутьевого оборудования.....	19
Выводы по части два.....	20
3 АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ	21
3.1 Варианты модернизации	21
3.2 Модернизация с использованием частотно-регулируемого электропривода.....	22
Выводы по части три.....	23
4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	24
4.1 Описание модернизированной системы автоматизации	24
4.2 Функциональная схема автоматизации	25
Выводы по части четыре.....	27
5. ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ.....	28
5.1 Расчет мощности электродвигателей вентилятора и дымососа.....	28
5.2 Выбор асинхронных электродвигателей.....	29
5.3 Расчет переходных процессов электропривода.....	31
5.4 Выбор преобразователя частоты.....	46
Выводы по части пять.....	46
6 ВЫБОР ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ	47
6.1 Обоснование выбора	47
6.2 Система автоматического управления на оборудовании ОВЕН	48
6.3 Панельный программируемый логический контроллер СПК110.....	48

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

6.4 Модуль ввода аналоговых сигналов МВ110-8А	51
6.5 Модуль дискретного вывода МУ110-16Р	56
6.6 Модуль ввода дискретных сигналов МВ110-16Д	58
6.7 Программирование ПЛК	62
Выводы по части шесть.....	63
7 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.....	64
Выводы по части семь.....	70
8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	71
8.1. Общие положения.....	71
8.2. Расчет затрат на модернизацию и изготовление.....	72
8.3. Определение экономического эффекта.....	79
Выводы по части восемь.....	83
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	84
9.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабо- чем месте.....	84
9.2. Расчет необходимого воздухообмена.....	87
9.3. Мероприятия по защите от чрезвычайных ситуаций, вызванных атмосферными осадками.....	90
Выводы по части девять.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	93

ВВЕДЕНИЕ

В жилищно-коммунальном хозяйстве и в промышленности для получения тепла для отопления, горячего водоснабжения и прочих нужд очень часто применяются котлы ДКВР различных мощностей и модификаций. Надежность и удобство эксплуатации этих котлов на соответствующем уровне и подтверждена практикой применения на многих объектах ЖКХ и промышленности.

В данной работе за основу взят котел ДКВР-6.5-13, который имеет номинальную производительность 6,5 т/ч с температурой пара на выходе 194°C.

Управление процессами горения и работы котловых агрегатов ДКВР практически не автоматизировано, штатная автоматика достаточно проста и не соответствует современным требованиям и стандартам промышленной автоматизации. Многие эксплуатируемые в настоящее время котлы ДКВР имеют релейно-контакторные схемы управления или простые регуляторы технологических параметров. Работа технологического оборудования требует постоянного контроля и воздействий со стороны оператора. Это накладывает человеческий фактор на точность поддержания и выбора режимов работы оборудования, на возможность длительной и безаварийной работы оборудования.

С развитием промышленной электроники и программируемых контроллеров появилась возможность оснащать котловые агрегаты и котельные установки системами автоматизации, обеспечивающими полностью автоматическое управление технологическим процессом и необходимые блокировки и защиты. Кроме того программируемая логика современных контроллеров является гибкой, т.е. изменение алгоритмов работы оборудования требуют изменения только программной части системы без изменения внешних электрических соединений.

Также значительное влияние на эффективность работы котла оказывает тягодутьевой узел. При изменении режимов работы котла потребуется контроль и регулирование разрежения в топке котла. Наиболее экономичным вариантом регулирования разрежения в топке является изменение соотношения оборотов вентилятора и дымососа с помощью преобразователя частоты. Исходя из того, что определенная часть котельного оборудования оснащены тягодутьевыми механизмами с нерегулируемым электроприводом, то установка частотно-регулируемых электроприводов при комплексной или частичной модернизации является актуальной и первоочередной задачей.

Целью данной работы является внедрение частотно-регулируемого электропривода тягодутьевых механизмов и разработка системы автоматизации котла ДКВР-6.5-13 на основе программируемого логического контроллера.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

1.1 Общее сопоставление возможностей преобразователей частоты

В данной части выполнен анализ особенностей построения и реализации различных преобразователей частоты (ПЧ), российских производителей и зарубежных фирм.

Рассмотрим функциональные и технические возможности ПЧ фирм «Сапфир», «ОВЕН», «Веспер», «LG», «Mitsubishi» и «Hitachi» мощностью от 7.5 кВт, при их использовании для модернизации привода подачи. Преобразователи целесообразно сравнить по следующим показателям:

- тип преобразователя;
- напряжение питания;
- диапазон изменения выходной частоты;
- количество аналоговых/дискретных входов;
- наличие дополнительных опций.

Предварительный анализ технических возможностей ПЧ различных фирм показал, что диапазон мощностей (кВт) характеризует мощность двигателей, подключаемых к данному преобразователю. В общем случае, достаточно широкий диапазон мощностей для ряда моделей одной фирмы свидетельствует о серьезных и прочных позициях производителя в производстве преобразователей для разных применений.

Напряжение питания характеризует удобства конечного пользователя, не имеющего промышленной трехфазной сети, производителем предусмотрено ряд моделей рассчитанных на однофазное (двухпроводное) питание 200-240 В переменного тока. Как правило, это маломощные модели до 1,5 кВт. Более мощные модели изготавливаются из расчета трехфазного питания 380-480 В переменного тока. Разброс $-15\% \div +10\%$ от номинального напряжения питания, является стандартом, предъявляемым к электрическим аппаратам, что необходимо для устойчивой работы в российских сетях. Все ПЧ представленные в данном списке соответствуют этому требованию.

Количество параметров настройки характеризует возможность более гибко настроить преобразователь под свои задачи. Однако необходимо отметить, что качественный состав и продуманность параметров ни менее важны, чем их количество. Для упрощенных исполнений специализированных преобразователей достаточно малого количества необходимых для технологического процесса параметров. Для того чтобы правильно оценить качественный и количественный состав, его достаточность и необходимость для решения конкретных задач, необходимо изучить полное описание на данную модель преобразователя.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Наличие дополнительных опций характеризует приспособляемость ПЧ для гибкой настройки его под нужды производственного процесса, почти все солидные производители реализуют возможность установки в преобразователь частоты дополнительных модулей (опций), расширяющих его возможности. Безусловно, при выборе преобразователя следует учитывать, что у одного производителя введено в состав опции, у другого может входить в состав базового модуля.

Количество аналоговых/дискретных входов, характеризует сопряжения преобразователя частоты с системой локального управления технологическим процессом. Чем больше сигнальных входов, тем проще сопрягать преобразователь с внешней системой управления.

1.2 Особенности преобразователя частоты HITACHI j150-055HFE4

Данный привод имеет следующие особенности:

- Компактен;
- Бессенсорный векторный контроль, что позволяет эффективно использовать мощность двигателя;
- Возможность работы в энергосберегающем режиме;
- Простота программирования;
- Автонастройка ("Интеллектуальный" инвертор автоматически рассчитывает характеристики двигателя);
- Высокий пусковой момент;
- Широкая гамма дополнительного оборудования.

Общие технические характеристики преобразователя J300-055HFE4:

- Напряжение питания 3 фазы 380 - 415В + 10% или 400 - 460В ±10%, 50, 60Гц + 5%;
- Выходное напряжение: 3 фазы от 0 В до номинального напряжения питания;
- Выходная частота: 0,1 + 400 Гц (до 800 Гц - спец. исполнение);
- Точность задания частоты:
 - 1) При цифровой установке: ± 0,01% от максимального значения;
 - 2) При аналоговой установке: + 0,1 % от максимального значения;
- Шаг изменения частоты:
 - 1) При цифровой установке: 0,01 Гц;
 - 2) При аналоговой установке: Максимальная частота/1000;
- Характеристика:
 - 1) Постоянный момент;
 - 2) Сниженный момент;
 - 3) Высокий пусковой момент;
 - 4) Бессенсорный векторный контроль;
 - 5) Векторный контроль с применением датчика обратной связи;
- Перегрузка по току 150 % от номинального в течение 60 сек.
- Время ускорения/замедления:

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

- 1) 0,1 - 999 сек, устанавливается индивидуально для каждого процесса, может задаваться в форме прямой, кривой, возможна двухступенчатая установка ускорения/замедления;
 - 2) 0,1 + 3000 сек при использовании пульта дистанционного управления;
 - 3) Пусковой момент более 150 % от номинального на частоте 1Гц;
- Торможение:
 - 1) Динамическое;
 - 2) Рекуперативное;
 - 3) Параметры режима программируются, имеется возможность подключения устройств торможения и тормозных резисторов;
 - Рабочие функции:
 - 1) Цифровая установка:
 - Цифровым оператором;
 - Пультот дистанционного управления;
 - 2) Аналоговая установка с клемм входного терминала:
 - Переменным резистором 0,5 + 2кОм;
 - Напряжением 0 + 5 В, 0 -10 В (входное сопротивление 30 кОм);
 - Токовым сигналом 4 - 20 мА (входное сопротивление 250 Ом);
 - Другие рабочие функции:
 - 1) Работа в многоскоростном режиме (8 фиксированных частот);
 - 2) Пропуск резонансных частот;
 - 3) Регулировка электронного термоуровня;
 - 4) Энергосберегающий режим;
 - 5) Перезапуск двигателя;
 - 6) Встроенный ПИД регулятор;
 - Функции защиты:
 - 1) Защита от перегрузки по току;
 - 2) От повышенного и пониженного напряжения;
 - 3) От работы двигателя на 2-х фазах;
 - 4) Электронная термозащита двигателя;
 - 5) Защита от ошибки заземления;
 - 6) Защита от короткого замыкания на выходе;
 - Входной терминал:
 - 1) 2 аналоговых входа управления частотой;
 - 2) Цифровой вход пуска (FW);
 - 3) 8 цифровых программируемых многофункциональных входов;
 - Выходной терминал:
 - 1) Аналоговый выход просмотра частоты или момента;
 - 2) 2 программируемых бесконтактных цифровых выхода (открытый коллектор: сигнал о превышении заданной частоты, момента, работа в заданном интервале частот);
 - 3) 2 релейных выхода (сигнал о работе преобразователя или об аварийном отключении);

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ					10

- Температура окружающей от -10 до +50 °С (от -10 до +40 °С при переменном моменте);
- Место эксплуатации: Высота не более 1000 м, в помещении, свободном от коррозионных газов и пыли;
- Степень защиты ПЧ типа J300-055 + J300-150 - IP20, остальные IP00;
- Дополнительное оснащение:
 - 1) Различные дополнительные платы (ПИД-контроля, связи, выходы реле, высокого разрешения);
 - 2) Пульт дистанционного управления;
 - 3) Копирующее устройство;
 - 4) Устройства для включения в совместимую интерфейсную шину (Profibus и т.д.);
 - 5) Тормозные устройства;
 - 6) Фильтры.

1.3 Особенности преобразователя частоты Сапфир АП-140

Регулируемый асинхронный электропривод позволяет с высокой надежностью и эффективностью решать различные задачи автоматизации производства и экономии электроэнергии. АП-140 характеризуется надежностью функционирования, простотой настройки и управления, наличием большого числа управляющих функций. Встроенный пульт управления дает пользователю прямой доступ ко всем программируемым параметрам преобразователя.

Области применения АП-140: деревообрабатывающие, металлообрабатывающие, сверлильные станки; мельницы, дробилки; сепараторы, центрифуги; экструдеры; конвейеры; лифты и подъемники; упаковочные и дозирующие машины; системы водоподготовки и водоснабжения; вентиляция, кондиционирование; управление горением в газовых котлах.

Дополнительные возможности:

- линейные и S-образные характеристики разгона/торможения;
- 7 программируемых уставок скорости (тип А);
- функция цифрового потенциометра;
- автоматический рестарт с подхватом двигателя;
- надежное токоограничение;
- программируемые функции ходов/выходов;
- режим программного (таймерного) управления (тип А).

Техническая характеристика:

- Диапазон мощностей: 5,5; 7,5; 11; 15; 18,5; 22; 30; 37; 48 кВт.
- Перегрузочная способность: 150% - в течение 1 минуты, 180% - 0,2 с.
- Защита от перегрузки с помощью контроля тока.
- Выходное напряжение трёхфазное, от 0 В до входного напряжения.
- Способ управления – частотное управления, ПИД – регулятор.
- Способ модуляции: пространственно – векторная ШИМ.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ					11

- Частота модуляции 2-16 кГц.
- Входное напряжение 380 В (-15% / 1-10%).
- Частота 50 Гц.

1.4 Особенности преобразователя частоты ВЕСПЕР EI-8000

Малогобаритные преобразователи EI-8000 совмещают в себе свойства преобразователей EI-7000 и EI-9000 с упрощенным набором функций, имеют компактное исполнение, реализуют возможность плавного изменения частоты с помощью встроенного потенциометра:

- Диапазон мощностей 0,75 кВт - 15 кВт;
- Полная защита двигателя;
- Векторное управление без обратной связи;
- Встроенный ПИД-регулятор;
- Аналоговые и цифровые входы/выходы для регулирования и дистанционного управления;
- Согласование с RS-232/RS-485;
- Питание 220/380 В, 50/60 Гц.

1.5 Особенности преобразователя частоты MITSUBISHI FR-A 540 S EC

Преобразователи частоты MITSUBISHI предназначены для преобразования одно- или трехфазного напряжения с постоянной частотой 50 Гц в трехфазное напряжение переменной частотой в диапазоне от 0,2 до 400 Гц. Это свойство преобразователей частоты делает возможным их широкое применение для бесступенчатого регулирования любых асинхронных электродвигателей, в том числе электроприводов, насосов, вентиляторов, компрессоров и других механизмов, где требуется регулирование частоты вращения. Многообразие функций и высокая надежность, заложенные в преобразователях частоты MITSUBISHI делают возможным и выгодным их практическое применение для управления электроприводами различных установок и технологических комплексов.

Области применения: подъемно–транспортные механизмы, текстильные машины, насосы, мешалки и т.п.

Программный контроль выходного тока; самонастраивающееся векторное регулирование с функцией компенсации скольжения.

Коммуникации через последовательный порт RS422/RS485; удобство обслуживания; компактное исполнение; встроенный транзистор, управляющий тормозным сопротивлением; опционное тормозное сопротивление; подключение внешнего тормозного блока; программируемые выходы; устойчив к коротким замыканиям и перегрузкам; контроль холостого хода.

1.6 Особенности преобразователя частоты LG JS5-RUS

Модельный ряд LG JS5-RUS разработан для управления трёхфазными общепромышленными асинхронными двигателями мощностью от 0,75 до 75 кВт.

Основные функции:

- Тип инвертора: ШИМ на IGBT-модулях;
- Векторное управление скоростью или моментом;
- Несущая частота: от 1 до 15 кГц;
- Класс защиты: IP20;
- Встроенная поддержка ПИД-регулирования;
- Съёмная панель управления;
- Улучшенный алгоритм непрерывного динамического управления;
- Задание / Блокирование фиксированных частот;
- 3 многофункциональных входа;
- 2 многофункциональных выхода;
- Двух-, трехпроводное управление;
- Торможение постоянным током;
- Встроенный тормозной блок до 7,5 кВт;
- Автоматическое форсирование момента;
- Предотвращение блокировки;
- Интеллектуальное программирование режима управления;
- Программное обеспечение для мониторинга и управления;

Совместно со специалистами НТЦ «Приводная Техника» компания LG подготовила к производству специально адаптированную для России гамму преобразователей. Данная версия полностью русифицирована, включая ЖКИ дисплей на русском языке и дополнительную защиту от короткого замыкания фазы двигателя на «землю».

Опции:

- Коммуникационные платы:
 - 1) RS-485, DeviceNET, ModBus-RTU, F-Net, ProfiBus DP;
 - 2) Платы ввода/вывода:
 - 3+3 многофункциональных изолированных входа/выхода;
 - аналоговый вход;
 - импульсный вход и выход для энкодера;
- Кабель для удаленного управления (до 5м);
- Тормозной блок от 11 до 22 кВт;
- Тормозные резисторы.

Области применения:

- Многомоторное управление;
- Подъёмно-транспортные механизмы, конвейеры и транспортеры;
- Конвертор;
- Устройства позиционирования;

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ					

- Вентилятор и насосы;
- Текстильный привод;
- Экструдеры;
- Станочные приводы.

1.7 Особенности преобразователя частоты ОВЕН ПЧВЗ

Данные преобразователи частоты входят в универсальную линейку частотных преобразователей, которая может быть использована для управления приводами на базе асинхронных двигателей в промышленности и ЖКХ. Данные преобразователи частоты имеет широкий набор функций для решения базовых задач частотного управления.

Основные функциональные возможности ОВЕН ПЧВЗ:

- плавный пуск и останов двигателя, в том числе отложенный запуск и пуск под нагрузкой по S-образной характеристике разгона;
- компенсация нагрузки и скольжения;
- вольт-частотный или векторный алгоритмы управления;
- автоматическая адаптация двигателя без вращения;
- автоматическая оптимизация энергопотребления, обеспечивающая высочайший уровень энергоэффективности;
- полная функциональная и аппаратная диагностика и защита работы ПЧ;
- встроенный сетевой дроссель и дроссель в звене постоянного тока;
- встроенный ПИ-регулятор для управления в замкнутом контуре (поддержание давления, температуры, уровня и т.д.);
- встроенный ПЛК для решения сложных задач управления и позиционирования привода;
- возможность работы с внешними инкрементальными энкодерами, в том числе для поддержания малых частот вращения с большой точностью;
- возможность динамического торможения, в том числе с применением тормозных резисторов;
- гибкая структура управления с возможностью одновременного управления по физическим входам и по интерфейсу RS-485, что обеспечивает удобную интеграцию в современные системы управления и диспетчеризации;
- простая настройка в русскоязычном конфигураторе или с использованием локальной панели оператора;
- быстрые меню и готовые конфигурации под типовые задачи.

Основные функции:

- Питающая сеть 3 фазы, 380..480 В;
- Номинальная выходная мощность 75 кВт;
- Выходное напряжение 0..100 (U, V, W), %;
- Выходная частота 0..200 Гц (векторное)

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

0...400 (скалярное);

- Входной ток 154 А;
- Выходной ток 147 А;
- Цифровые входы 4;
- Импульсные входы 1;
- Аналоговые входы 2;
- Аналоговые выходы 1;
- Релейные выходы 1 (240 В, 2А);
- Протокол RS-485 Modbus RTU;
- Встроенные источники питания 10В/15мА
24В/130мА;
- Класс защиты корпуса IP20;
- Вибропрочность 0,7g;
- Максимальная относительная влажность 95% без конденсации влаги;
- Максимальная длина экранированного кабеля 15 м;
- Максимальная длина неэкранированного кабеля 50 м.

Диапазон рабочих температур:

- при номинальном выходном токе 0...40°C
- при сниженном выходном токе - 10...+50°C

Перегрузочная способность:

- в течении 60 с 110%
- в течении 60 с 135%

Выводы по части один

В данной части ВКР были проанализированы возможности, технические характеристики и области применения преобразователей частоты для электроприводов отечественного и иностранного производства. Проведенный анализ вариантов поможет в дальнейшем выбрать подходящий преобразователь частоты для электропривода тягодутьевых агрегатов водогрейного котла ДКВР-6,5-13.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ И ЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

2.1. Описание котельного агрегата ДКВР-6,5-13

Вертикально-водотрубные отопительные котлы типа ДКВР (двухбарабанный котёл водотрубный реконструированный) используются для производства насыщенного и перегретого пара с температурой **250°C, 370°C и 440°C**, имеют несколько типоразмеров в зависимости от рабочего давления пара **1,3; 1,4; 2,4; 3,9 МПа** и номинальной паропроизводительности **2,5; 4; 6,5; 10; 20; 35 т/ч**.

Отопительные котлы типа ДКВР являются унифицированными. Они представляют собой двухбарабанные вертикально-водотрубные отопительные котлы с естественной циркуляцией. По длине верхнего барабана отопительные котлы ДКВР имеют две модификации – с длинным барабаном и укороченным. У котлов паропроизводительностью **2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч** (раннего выпуска) верхний барабан значительно длиннее нижнего. У котлов паропроизводительностью **10 т/ч** последней модификации, а также **20 и 35 т/ч** верхний барабан значительно укорочен. Комплекция котлов типа ДКВР теми или иными топочными устройствами зависит от вида топлива. Котлы ДКВР-2,5-13, ДКВР-4-13 и ДКВР-6,5-13 имеют одинаковое конструктивное оформление.

Внешний вид парового котла ДКВР-6,5-13 показан на рисунке 2.1. На данном рисунке обозначены позиции: 1 – топочная камера; 2 – верхний барабан; 3 – манометр; 4 – предохранительный клапан; 5 – питательные трубопроводы; 6 – сепарационное устройство; 7 – легкоплавкая пробка; 8 – камера догорания; 9 – перегородка; 10 – кипятильный пучок труб; 11 – трубопровод непрерывной продувки; 12 – обдувочное устройство; 13 – нижний барабан; 14 – трубопровод периодической продувки; 15 – кирпичная стенка; 16 – коллектор.

Два барабана отопительного котла – верхний 2 и нижний 13 – изготовлены из стали 16ГС и имеют одинаковый внутренний диаметр **1000 мм**. Нижний барабан котла укорочен на размер топки. Отопительный котел имеет экранированную топочную камеру 1 и развитый кипятильный пучок труб 10. Топочные экраны и трубы кипятильного пучка выполнены из труб **Ø51 x 2,5 мм**. Топочная камера отопительного котла разделена кирпичной стенкой 7 на собственно топку и камеру догорания 8, устраняющую опасность затягивания пламени в пучок кипятильных труб, а также снижающую потери от химической неполноты сгорания.

Дымовые газы из топки выходят через окно, расположенное в правом углу стены топки, и поступают в камеру догорания 8 (рис. 2.1). С помощью двух перегородок 9, шамотной (первая по ходу газов) и чугунной, изнутри отопительного котла образуются два газохода, по которым движутся дымовые газы, поперечно омывающие все трубы конвективного пучка. После этого они выходят из котла через специальное окно, расположенное с левой стороны в задней стене котла.

						13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			16

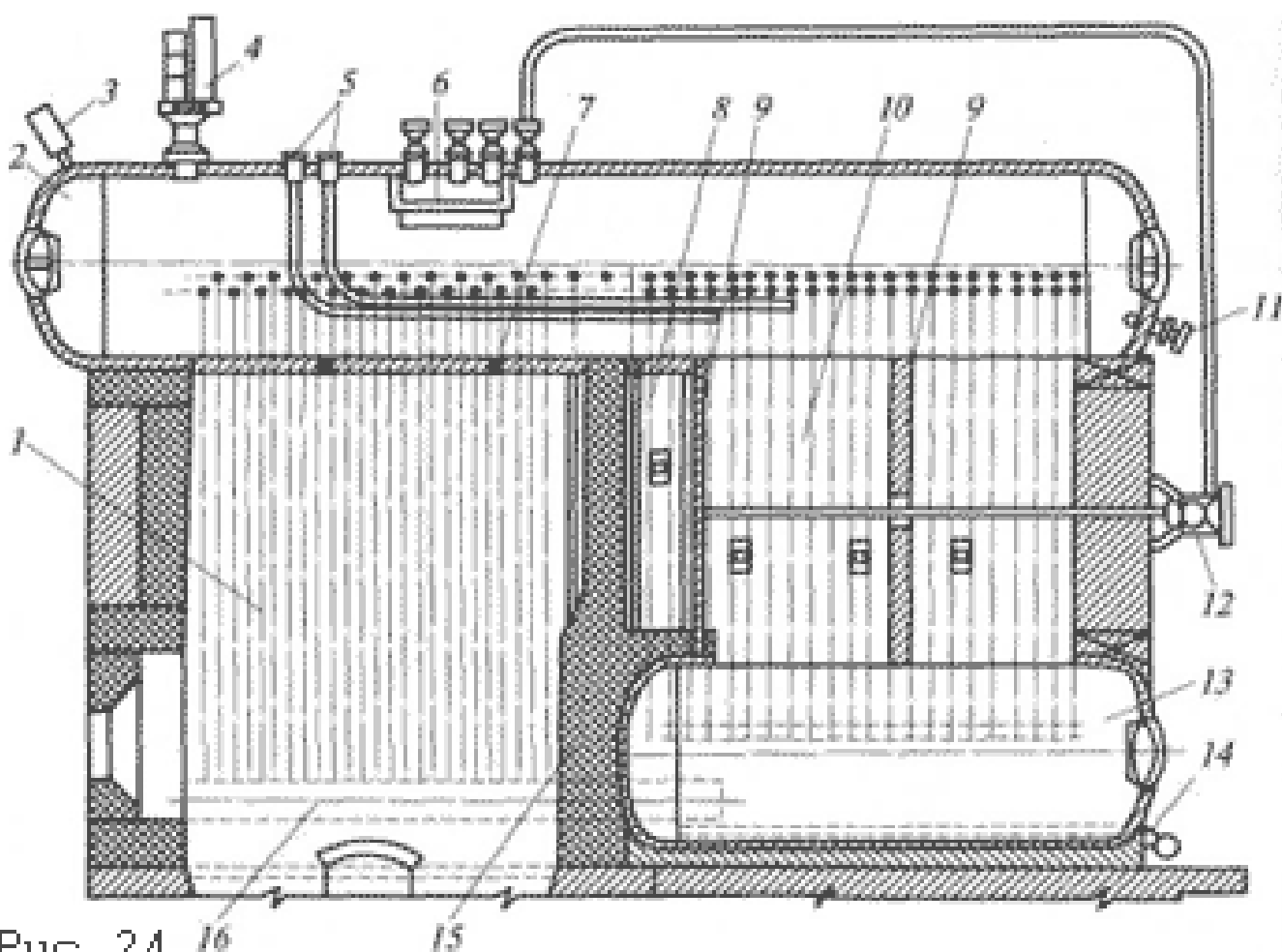


Рис . 24 16

15

Рисунок 2.1 – Внешний вид парового котла ДКВР-6,5-13

Верхний барабан отопительного котла в передней части соединен с двумя коллекторами 16 трубами, образующими два боковых топочных экрана. Одним концом экранные трубы ввальцованы в верхний барабан, а другим приварены к коллекторам $\varnothing 108 \times 4$ мм. В задней части верхний барабан котла соединен с нижним барабаном пучком кипяtilьных труб, которые образуют развитую конвективную поверхность нагрева. Расположение труб – коридорное с одинаковым шагом 110 мм в продольном и поперечном направлениях. Коллекторы соединены с нижним барабаном с помощью перепускных труб.

Питательная вода подается в паровой отопительный котел ДКВР по двум перфорированным (с боковыми отверстиями) питательным трубопроводам 5 под уровень воды в верхний барабан. По опускным трубам вода из барабана отопительного котла поступает в коллекторы 16, а по боковым экранным трубам пароводяная смесь поднимается в верхний барабан, образуя, таким образом, два контура естественной циркуляции.

Третий контур циркуляции образуют верхний и нижний барабаны котла и кипящий пучок. Опускными трубами этого контура являются трубы наименее обогреваемых последних рядов (по ходу газов) кипящего пучка.

Вода по опускным трубам отопительного котла поступает из верхнего барабана в нижний, а пароводяная смесь по остальным трубам котельного пучка, имеющим повышенную тепловую нагрузку, поднимается в верхний барабан. В верхнем барабане котла происходит разделение пароводяной смеси на пар и воду. Для снижения солесодержания и влажности пара в верхнем барабане установлено сепарационное устройство 6 из жалюзи и дырчатого листа, улавливающее капли уносимой с паром котловой воды. При необходимости производства перегретого пара пароперегреватель устанавливается после второго или третьего ряда труб кипящего пучка, заменяя часть его труб. Для отопительных котлов с давлением **1,4 МПа** и перегревом **225 .. 250°C** пароперегреватель выполняют из одной вертикальной петли, а для котлов давлением **2,4 МПа** – из нескольких петель труб **Ø32 x 3 мм**.

В нижней части верхнего барабана отопительного котла имеются патрубок, через который осуществляется непрерывная продувка котла с целью снижения солесодержания котловой воды и поддержания его на заданном уровне, а также две контрольные легкоплавкие пробки 7, сигнализирующие об упуске воды.

Нижний барабан отопительного котла является шламоотстойником; из него по специальному перфорированному трубопроводу 14 проводится периодическая продувка котла. Кроме того, в нижнем барабане имеются линия для слива воды и устройство для подогрева паром в период растопки котла.

На верхнем барабане отопительного котла установлены два водоуказательных стекла, манометр 3, предохранительные клапаны 4, имеется патрубок для отбора пара на собственные нужды, парозапорный вентиль. Для защиты обмуровки и газоходов от разрушения и предотвращения возможных взрывов отопительного котла в верхних частях топки и кипящего пучка расположены взрывные предохранительные клапаны. Для очистки наружных поверхностей труб от загрязнений котел оборудуют обдувочным устройством 12 – вращающейся трубой с соплами. Обдувка выполняется паром.

Рассматриваемый отопительный котел не имеет несущего каркаса, трубно-барабанная система его размещается на опорной раме, с помощью которой паровой отопительный котел ДКВР крепится к фундаменту.

Паровые отопительные котлы производительностью **10; 20; 30 т/ч** имеют рабочее давление **1,4; 2,4 и 3,9 МПа** и выполняются как с пароперегревателем, так и без него. Обмуровка отопительных котлов типа ДКВР выполняется из шамотного и обыкновенного кирпича или облегченной из термоизоляционных плит.

Все отопительные котлы типа ДКВР и особенно с повышенным рабочим давлением работают на химически очищенной и деаэрированной воде. При сжигании газа и мазута КПД этих котлов 90 %.

В таблице 2.1 приведены основные характеристики котла

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Таблица 2.1 – Основные характеристики котла ДКВР-6,5-13

Топливо	природный газ/мазут
Номинальная производительность	6,5 т/ч
Избыточное давление пара	13 кг/см ² (1,3 МПа)
Температура перегретого пара	194 °С
Температура питательной воды	100 °С
Расчетный КПД	87 %
Габариты компоновки (LxВxН)	8526x4695x5170 мм
Масса по компоновке, кг	11447

2.2 Характеристики тягодутьевого оборудования

Тягодутьевое оборудование котельной выбирается по производительности и создаваемому напору.

Для подачи воздуха в котле ДКВР-6,5-13 используется дутьевой вентилятор марки ВД-10. Основные параметры вентилятора приведены в таблице 1.1. Для привода вентилятора ВД-10 используется асинхронный электродвигатель 4А225М8, основные параметры которого приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Технические характеристики дутьевого вентилятора ВД-10

Параметр, ед. изм.	Значение
Диаметр рабочего колеса, мм	1000
Скорость вращения колеса, об/мин	750
Производительность, тыс. м ³ /ч	20
Полное давление, кгс/м ²	270
Полный наибольший КПД	0,67
Потребляемая мощность, кВт	20,5

Таблица 1.2 – Технические характеристики асинхронного электродвигателя вентилятора 4А225М8

Параметр, ед. изм.	Значение
Мощность, кВт	30
Скорость, об/мин	750
Скольжение, s, %	2
КПД, %	90
cos φ	0,8
$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2
$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	1,4
$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	5,5

Для удаления продуктов горения из котла ДКВР-6,5-13 используется дымосос марки Д-12. Основные параметры дымососа приведены в таблице 1.3. Для привода дымососа используется асинхронный электродвигатель АО2-92-6, основные параметры которого приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Технические характеристики дымососа Д-12

Параметр, ед. изм.	Значение
Диаметр рабочего колеса, мм	1200
Скорость вращения колеса, об/мин	970
Производительность, тыс. м ³ /ч	38
Полное давление, кгс/м ²	270
Полный наибольший КПД	0,67
Потребляемая мощность, кВт	54

Таблица 1.2 – Технические характеристики асинхронного электродвигателя дымососа АО2-92-6

Параметр, ед. изм.	Значение
Мощность, кВт	75
Скорость, об/мин	985
Скольжение, s, %	2
КПД, %	92,5
cos φ	0,92

Выводы по части два

В данной части ВКР рассматривается конструкция, назначение и техническая характеристика водогрейного котла ДКВР – 6,5-13, дымосос Д-12 а также дутьевого вентилятора ВД-10.

3. АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ

3.1. Варианты модернизации

Регулирование соотношения топливо – воздух с помощью дутьевого вентилятора и разряжения в топке котла с помощью дымососа является одной из наиболее важных задач, так как это необходимо для поддержания качества теплоносителя в регламентированных пределах. Однако традиционный способ регулирования дросселированием обеспечивает удовлетворительное решение этой задачи не во всех режимах работы агрегата, поэтому возникла необходимость перевода указанных турбомеханизмов на регулируемый привод.

Модернизация тягодутьевых механизмов котельных установок возможно следующими вариантами:

1. Замена физически и морально устаревшего направляющего аппарата дутьевых и дымососных каналов на новый аппарат.

2. Включение в цепь питания двигателей дутьевого вентилятора и дымососа преобразователей частоты соответствующей мощности с целью регулирования разряжения в топке.

3. Замена приводных двигателей дутьевого вентилятора и дымососа на двигатели, специально предназначенные для частотно-регулируемого электропривода. Реализация регулирования разряжения в топке на основе преобразователей частоты. Реализация системы управления на основе программируемого логического контроллера (ПЛК) с целью оптимального управления тягодутьевыми механизмами и прочими узлами котельной.

По первому варианту модернизации можно отметить, что он в современных условиях не эффективен, его применение нецелесообразно и после такой модернизации не стоит ожидать заметного улучшения работы котельной установки и снижения энергопотребления.

При втором варианте модернизации, когда потребуется установка частотно-регулируемого электропривода вентилятора и дымососа, уже возможно получить экономический эффект от сокращения потребления электроэнергии на привод вентиляторов и оптимальное использование топлива. Однако, в этом случае не предполагается замена приводных двигателей дутьевого вентилятора и дымососа, что может стать причиной снижения надежности системы электропривода и повышенных потерь электроэнергии в двигателях. Также при этом способе модернизации, когда отсутствует управление от ПЛК и отсутствует связь с системой автоматизации верхнего уровня, затруднительна работа обслуживающего персонала котельной. Однако, положительным моментом данного варианта модернизации является то, что такая модернизация может быть проведена с относительно небольшими материальными затратами и не потребует больших промежутков времени на выполнение работ.

Третий вариант модернизации предусматривает наиболее полноценную модернизацию и комплексный подход к автоматическому управлению котельными

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

установками. В этом случае помимо экономии от применения частотно-регулируемого электропривода дутьевого вентилятора и дымососа возможно получение неявного эффекта от управления от ПЛК и связи с системой автоматизации верхнего уровня. Такая модернизация является самой затратной и применяется в случаях, где затраты на модернизацию соизмеримы не только с экономией электроэнергии на привод вентиляторов, а и соизмеримы с выгодой от увеличения срока службы котельного оборудования.

3.2. Модернизация с использованием частотно-регулируемого электропривода

С точки зрения энергосбережения наиболее эффективным для этого является применение асинхронного привода с частотным управлением. При этом вполне естественным представляется перевод системы управления на современную элементную базу на основе программируемого контроллера.

Управление тягодутьевыми механизмами котельной установки (вентилятором и дымососом) осуществляется с помощью двух независимых подсистем, основным назначением которых является управление скоростью приводных электродвигателей так, чтобы в топке котла поддерживался оптимальный режим горения, создающий благоприятные условия для полного сгорания топлива во всем диапазоне производительности котельной установки. Для этого необходимо подать нужное количество воздуха в топку котла в зависимости от количества поступающего топлива, а также с заданной интенсивностью удалять из нее продукты горения.

Дополнительно система управления тягодутьевыми механизмами должна выполнять ряд вспомогательных функций:

- обеспечение режима вентиляции котла;
- поддержание заданного режима в момент розжига;
- управление работой аппаратуры, предотвращающей влияние дестабилизирующих факторов на режимы горения и розжига.

Поддержание оптимального режима горения в топке обеспечивается выбором необходимой скорости электродвигателей тягодутьевых механизмов при полностью открытых направляющих аппаратах практически во всем диапазоне рабочей производительности котельной установки.

Однако иногда возникает неустойчивый режим горения при розжиге котла и в нижнем диапазоне его производительности: «отрыв» пламени от запальника или от горелки. Такой режим характеризуется значительными динамическими возмущениями давления (разряжения) в топке котла, вызываемыми работой расположенных рядом других котельных установок, которые связаны газоходами с общей дымовой трубой. Причиной «отрыва» пламени может быть также естественная тяга дымовой трубы. Дестабилизирующее влияние этих факторов необходимо уменьшить или вообще исключить. Для этого на время розжига котла и при его невысокой производительности направляющие аппараты необходимо прикрыть. Контур управления положением направляющих аппаратов вводится как в систему

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

управления вентилятором, так и в систему управления дымососом. При желании эти контуры могут быть отключены.

Основным режимом работы системы управления тягодутьевыми механизмами является автоматический. Он характеризуется изменением режима работы котла в зависимости от поступающих в систему управления сигналов. Так, поступающий из системы защиты разрешающий сигнал переводит тягодутьевые механизмы котельной установки из первоначального режима вентиляции топки в режим розжига, а затем плавно с увеличением количества поступающего топлива – в рабочий режим, в котором во всем диапазоне производительности котла поддерживается требуемое соотношение топливо – воздух. В случае возникновения аварийных ситуаций, при которых автоматика безопасности выдает команду на отсечку котла, система управления тягодутьевыми механизмами заставляет агрегат перейти в режим вентиляции.

Для настройки различных систем управления агрегата предусматривается ручной режим работы тягодутьевых механизмов с непосредственным управлением скоростью двигателей. Перевод каждой системы управления из ручного режима работы в автоматический и обратно может быть произведен в любой момент времени независимо от режима работы другой системы управления.

В целом экономический эффект в системе теплоснабжения складывается из следующих составляющих:

- улучшения энергетических показателей котельной установки в целом;
- обеспечения системой управления на основе программируемого контроллера оптимальных режимов работы котельной установки во всем диапазоне ее производительности;
- уменьшения потребления электроэнергии двигателями центробежных механизмов;
- увеличения срока службы механизмов, так как их ввод в работу осуществляется плавно, практически с нулевой скорости, которая с заданным темпом увеличивается до необходимой скорости;
- увеличения срока службы контактно-коммутационной аппаратуры;
- при пуске электропривода отсутствуют броски тока, связанные с прямым включением двигателя в сеть; значение пускового тока электропривода не превышает номинального;
- улучшения характеристик питающей сети; во всем диапазоне рабочих скоростей и нагрузок коэффициент мощности электропривода близок к единице; питающая сеть не нагружается реактивным током, и, как следствие, отсутствуют дополнительные потери в проводящих элементах.

Вывод по третьей части

В данной части ВКР рассматриваются варианты модернизации тягодутьевых агрегатов водогрейного котла ДКВР – 6,5-13.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

4. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

4.1. Описание модернизированной системы автоматизации

В состав системы управления котлового агрегата ДКВР-6.5-13 должны входить следующие компоненты:

1. Программно-технический комплекс (ПТК), выполняющий функции автоматизированного управления и контроля технологического процесса.

2. Аппаратура релейной коммутации и усиления для непосредственного управления исполнительными механизмами по команде из ПТК или от ключей аварийного останова и выдачи ПТК сигналов о состоянии исполнительных механизмов.

3. Датчики для получения информации о технологических параметрах котлового агрегата.

4. Преобразователи частоты тягодутьевых механизмов для регулирования производительности котла.

5. Система электропитания, обеспечивающая электропитание системы управления с необходимым качеством и надежностью.

6. Кнопка аварийного останова котла.

7. Наличие технической возможности вывода параметров технологического процесса на SCADA-систему операторской станции и диспетчерского пункта.

В системе автоматизации должны быть реализованы следующие функции:

1. Автоматический способ управления, а также ручной аварийный останов котла.

2. Для управления объектом автоматизации – котлом, ПТК должен обеспечивать потенциальные управляющие сигналы уровнем 220 ВАС/2 А для управления:

- МЭО;

- электромагнитными клапанами блоков газооборудования котлов;

- ключи для управления пусковыми устройствами (или аналогичные средства коммутации).

Пользовательское программное обеспечение ПТК агрегатной автоматики должно обеспечивать:

1. Сбор и первичную обработку входных сигналов.

2. Автоматическое управление пуском котла, включающим в себя операции:

- опрос состояния исполнительных механизмов и датчиков защит котла, для разрешения автоматического пуска котла оператором;

- проведение предпусковой вентиляции;

- розжиг горелки на заданном давлении.

3. Автоматическое регулирование, защиты и блокировки:

- нагрузки котла по температуре воды на выходе котла;

- численное отображение технологических параметров работы котла;

- световая сигнализация режимов работы котла;

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

- отключение котла при срабатывании любой из защит котла с обязательным проведением послеостановочной вентиляции;
- защита котла от нештатных действий оператора и в случае выхода из строя исполнительных устройств.

4. Сигнализацию:

- превышения температуры дымовых газов;
- неисправности измерительных цепей;
- превышения температуры воды на выходе из котлового агрегата;
- понижения давления воды в котловом агрегате;
- понижения/повышения давления газа перед горелкой;
- отсутствия пламени в топке котла.

5. Запоминание первопричины возникновения аварийной ситуации.

6. Возможность периодического контроля датчиков защит без остановки котла.

7. Обеспечение блокировок пуска котла при:

- понижении давления газа перед предохранительным запорным клапаном ПЗК-1;
- понижении давления воды в котле.

8. Контроль при работе котла, достоверности информации или ее противоречивости от дискретных датчиков состояния исполнительных механизмов.

9. Выполнение автоматикой безопасности останова котла действием защит при аварийном отклонении технологических параметров:

- повышении (понижении) давление газа перед горелкой;
- понижении давления воздуха перед горелкой;
- погасание факела работающей горелки;
- повышение (понижение) давления воды на выходе из котла;
- аварийное отключение вентилятора.

10. Наличие технической возможности для реализации (при необходимости) дистанционного управления запорно-регулирующей арматуры.

4.2. Функциональная схема автоматизации

При разработке функциональной схемы автоматизации модернизированной системы автоматизации котла ДКВР-6.5-13 учитываем, что котел имеет возможность работы на двух видах топлива (газ и мазут), поэтому средства автоматизации должны контролировать и управлять двумя линиями подачи топлива. Контроль подачи топлива должен осуществляться с помощью соответствующих расходомеров. Управление подачей топлива должно выполняться с помощью клапанов, оснащенных исполнительными механизмами.

Также исходим из того, что необходима информация о фактической работе вентилятора, дымососа и циркуляционного насоса. Данную информацию можно получить с помощью соответствующих датчиков перепада давления.

На рисунке 4.1 приведена функциональная схема автоматизации модернизированной системы автоматизации котла ДКВР-6.5-13.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

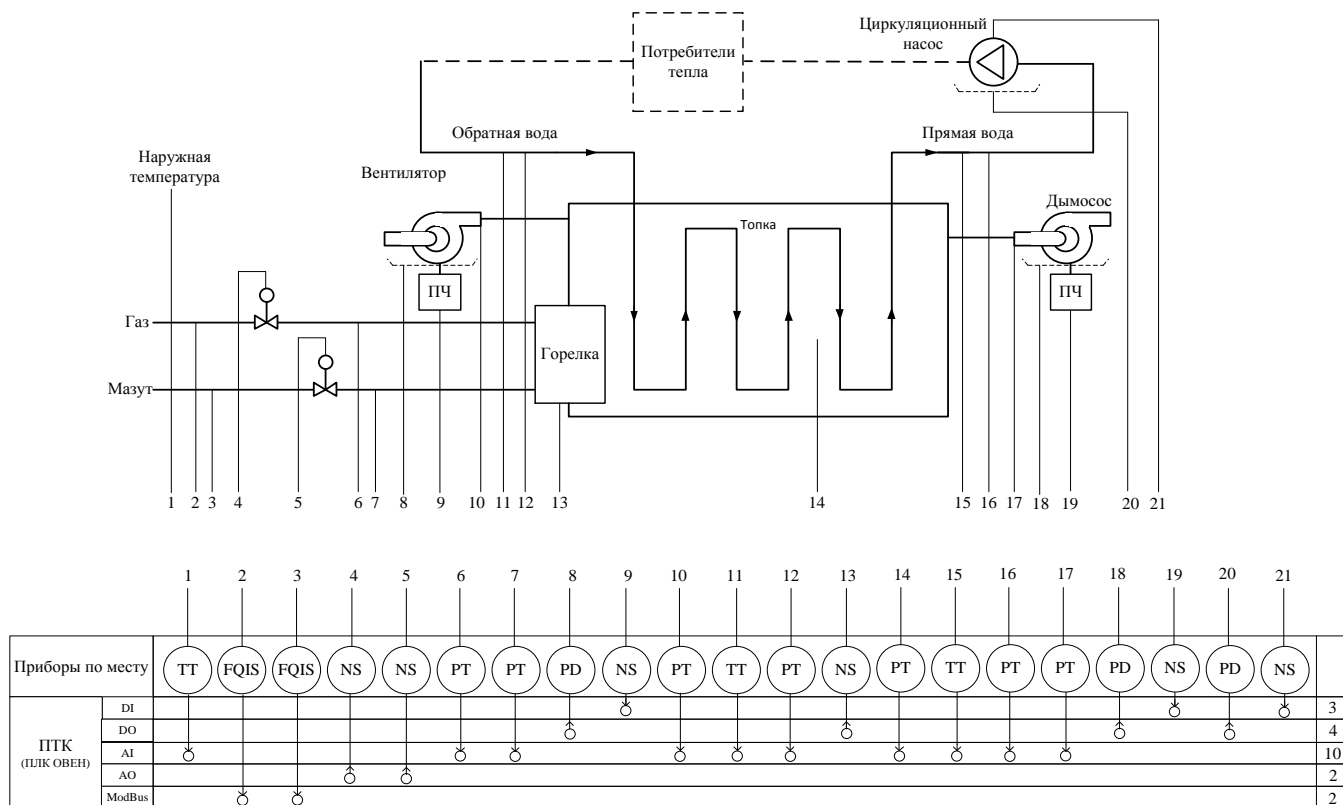


Рисунок 4.1 – автоматизации модернизированной системы Функциональная схема.

На рисунке 4.1 обозначены цифрами линии передачи сигналов:

- 1 – сигнал датчика температуры наружного воздуха;
- 2 – сигнал датчика расхода газа;
- 3 – сигнал датчика расхода мазута;
- 4 – сигнал управления исполнительным механизмом регулирующего клапана подачи газа;
- 5 – сигнал управления исполнительным механизмом регулирующего клапана подачи мазута;
- 6 – сигнал датчика давления в подающем трубопроводе газа;
- 7 – сигнал датчика давления в подающем трубопроводе мазута;
- 8 – сигнал датчика перепада давления вентилятора на входе в топку (подтверждает фактическую работу вентилятора);
- 9 – сигнал управления преобразователем частоты вентилятора на входе в топку;
- 10 – сигнал датчика давления подачи воздуха в топку;
- 11 – сигнал датчика температуры воды на входном трубопроводе воды в котел (обратная вода);
- 12 – сигнал датчика давления воды на входном трубопроводе воды в котел (обратная вода);
- 13 – сигнал розжига горелки;
- 14 – сигнал датчика разрежения в топке;

15 – сигнал датчика температуры воды на выходном трубопроводе воды из котла (прямая вода);

16 – сигнал датчика давления воды на выходном трубопроводе воды из котла (прямая вода);

17 – сигнал датчика давления на входе вентилятора удаления газов из топки;

18 – сигнал датчика перепада давления дымососа на выходе из топки (подтверждает фактическую работу дымососа);

19 – сигнал управления преобразователем частоты дымососа на выходе из топки;

20 – сигнал датчика перепада давления циркуляционного насоса (подтверждает фактическую работу циркуляционного насоса);

20 – сигнал управления пускателем циркуляционного насоса.

По сравнению с существующей схемой системы автоматизации в модернизированной системе сигналы всех датчиков поступают в программно-технический комплекс.

Предполагаем, что ПТК в модернизированной системе будет реализован на основе ПЛК ОВЕН. Обоснование и выбор элементной базы ПТК будет выполнен далее в работе.

Также на рисунке 4.1 показаны в ПТК сигналы типов:

DI – дискретный вход (Digital Input);

DO – дискретный выход (Digital Output);

AI – аналоговый вход (Analog Input);

АО – аналоговый выход (Analog Output);

Modbus – коммуникационная сеть.

Выводы по части четыре

В данной части ВКР рассматривается функциональная схема автоматизации модернизированной системы управления котлового агрегата ДКВР-6.5-13

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

5. ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ

5.1 Расчет мощности электродвигателей вентилятора и дымососа

Надежность работы электропривода и его энергетические показатели в процессе эксплуатации главным образом зависят от правильного выбора электродвигателя по мощности. Если нагрузка двигателя значительно меньше номинальной, то он переиспользуется по мощности, а это приводит к излишним капитальным вложениям. В случае, когда нагрузка на валу двигателя превышает номинальную, то происходит росту токов в его обмотках и значительным образом возрастают потери мощности. Данные явления приводят к тому, что температура двигателя может превысить допустимые значения величины, а это приведет к снижению электрической прочности электроизоляционных материалов, из-за изменения их физико-химических свойств. Снижение электрической прочности электроизоляционных материалов может привести к пробое изоляции обмоток и выходу из строя двигателя. Температура нагрева изоляции обмоток не должна превышать допустимых значений.

Другим условием выбора электродвигателя является то, что его перегрузочная способность должна быть достаточной для устойчивой работы электропривода в периоды максимальной загрузки.

Мощность электропривода при проектировании берется большей по отношению к расчетной.

К главным параметрам дымососов относят их производительность и создаваемый напор или же разрежение. Разрежением называют перепад полных давлений в входных и выходных патрубках машин. Характеристика вентиляторов и дымососов есть зависимость между полным давлением H и производительностью Q при данной частоте вращения и плотности перемещаемой среды, которые завод изготовитель обычно задает при температуре для дымососов в $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, вентиляторов в $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении 760 мм рт. ст.

Для тягодутьевых машин мощность электродвигателя определяется по формуле:

$$P = 1,4 \cdot \frac{Q_p \cdot H_p}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_v}, \quad (5.1)$$

где Q_p – расчетная производительность на входе в вентилятор, $\text{м}^3/\text{ч}$;

H_p – расчетный напор на входе в вентилятор, $\text{кгс}/\text{м}^2$;

η_v – КПД вентилятора, %.

Выполним расчет мощностей приводных электродвигателей на основе известных параметров вентилятора (табл. 1.1) и дымососа (табл. 1.3).

Мощность приводного электродвигателя вентилятора

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$P_{\text{вент}} = 1,4 \cdot \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 270}{3600 \cdot 102 \cdot 0,67} = 30,7 \text{ кВт.} \quad (5.2)$$

Мощность приводного электродвигателя дымососа

$$P_{\text{дым}} = 1,4 \cdot \frac{38 \cdot 10^3 \cdot 270}{3600 \cdot 102 \cdot 0,67} = 58,4 \text{ кВт.} \quad (5.3)$$

5.2. Выбор асинхронных электродвигателей

В связи с тем, что планируется реализовать систему с частотно-регулируемым электроприводом тягодутьевых механизмов, то будем выбирать асинхронные электродвигатели, которые предназначены для работы совместно с преобразователями частоты. Приводные асинхронные электродвигатели, установленные в настоящее время (дымосос – АО2-92-6, вентилятор – 4А225М8) предназначены для питания от напряжения с частотой 50 Гц и не рекомендуется их использовать в частотно-регулируемом электроприводе. Электродвигатели будем выбирать из серии АДЧР, которые предназначены для работы с преобразователями частоты, используются в составе комплектных приводов. Электродвигатели серии АДЧР асинхронные двигатели частотного регулирования выпускаются с учетом всех особенностей питания от частотного преобразователя и отвечают требованиям заказчика по конструкции, комплектации и режимам работы. К качеству изготовления всех элементов двигателя предъявляются повышенные требования.

В работе частотно-регулируемого привода существует ряд ограничений на использование электродвигателя, поэтому между электродвигателями АДЧР и общепромышленными двигателями есть существенные отличия.

Преимущества регулируемого электропривода:

- увеличение ресурса оборудования;
- экономия электроэнергии до 50%;
- уменьшение нагрузок на механическую часть агрегата;
- снижение нагрузки на сеть;
- простая интеграция в системы автоматического управления;
- уменьшение пусковых токов;
- гибкость управления технологическим процессом;

Отличия электродвигателей АДЧР от двигателей общепромышленных серий:

- специальная обмотка статора;
- повышенные требования по вибрации для двигателей АДЧР;
- надежный подшипниковый узел двигателей АДЧР;
- дополнительное оборудование и независимая вентиляция.

Далее рассмотрим более подробно эти отличия.

Специальная обмотка статора. Электродвигатель АДЧР имеет обмотку, предназначенную для работы с источником питания, выдающим прямоугольные им-

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

пульсы напряжения (ШИМ). Частотно-регулируемые двигатели имеют специальную систему изоляции обмотки, стойкую к высокой скорости нарастания напряжения. Работа общепромышленного двигателя от преобразователя частоты сокращает срок службы двигателя т.к. общепромышленные двигатели предназначены для питания от сети переменного тока синусоидальной формы фиксированной частоты. Специальная технология изготовления обмотки двигателей АДЧР и специальный обмоточный провод предотвращают систему изоляции от преждевременного разрушения и от короткого замыкания, а также выхода из строя электродвигателя.

Повышенные требования по вибрации для двигателей АДЧР. Часто электродвигатели АДЧР работают на скоростях выше, чем аналогичные общепромышленные электродвигатели, поэтому к роторам таких двигателей предъявляются более строгие требования по уровню вибрации. Роторы электродвигателей серии АДЧР точно отбалансированы и имеют низкий уровень вибрации по сравнению с общепромышленными моторами, что положительно сказывается на сроке службы электродвигателя и связанного оборудования.

Надежный подшипниковый узел двигателей АДЧР. Электродвигатели АДЧР комплектуются подшипниками производства SKF, которые гарантируют высокое качество и длительный срок эксплуатации, что снижает затраты на обслуживание двигателей.

Дополнительное оборудование и независимая вентиляция. Двигатель АДЧР работает в диапазоне частот вращения с необходимым уровнем нагрузки, в то время как общепромышленные двигатели предназначен для работы на одной фиксированной скорости вращения. Работа стандартных электродвигателей на скоростях ниже номинальной вызывает перегрев и выход их строя, а работа на повышенных скоростях приводит к потере мощности и увеличению шума. Электродвигатели АДЧР (АДЧР-В, -ДВ, -ТДВ) с установленным узлом независимой вентиляции лишены этих недостатков и могут работать в режиме постоянного момента на валу от самой минимальной до максимальной скорости.

Выбор приводных электродвигателей из частотно-регулируемой серии выберем на основе параметров двигателей (номинальная мощность и номинальная частота вращения), установленных в настоящее время. Для привода дымососа выбираем асинхронный электродвигатель АДЧР280S6 (табл. 5.1). Для привода вентилятора выбираем асинхронный электродвигатель АДЧР225M8 (табл. 5.2).

Таблица 5.1 – Параметры асинхронного двигателя АДЧР280S6

Параметр, ед. изм.	Значение
Мощность, кВт	75
Скорость синхронная, об/мин	1000
Ток при напряжении 380 В, А	142
Момент, Н · м	723
Скольжение, s, %	1,1

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ				

Продолжение таблицы 5.1

КПД, %	94,5
$\cos \varphi$	0,85
$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2,3
$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	2,2
$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	6,2
Максимальная скорость, об/мин	3000
Момент инерции ротора, кг · м ²	3,04

Таблица 5.2 – Параметры асинхронного двигателя АДЧР225М8

Параметр, ед. изм.	Значение
Мощность, кВт	30
Скорость синхронная, об/мин	750
Ток при напряжении 380 В, А	64,2
Момент, Н · м	390
Скольжение, s, %	2,0
КПД, %	91,0
$\cos \varphi$	0,78
$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2,2
$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	2,1
$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	5,5
Максимальная скорость, об/мин	2250
Момент инерции ротора, кг · м ²	0,70

5.3 Расчет переходных процессов электропривода

5.3.1 Расчет переходных процессов электропривода дымососа

Таблица 5.3– Используемые данные асинхронного двигателя АДЧР280S6

Параметр	Значение
Номинальная мощность P_n , кВт	75
n_n , об / мин	990
Ток номинальный I_n , А	142
$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2,3
КПД, %	94,5
$\cos \varphi$	0,85

Произведем расчет математической модели

Найдем следующие основные показатели, необходимые для построения модели работы электропривода дымососа: $T_{\text{Э}}$, $T_{\text{д}}$, $K_{\text{Э}}$.

Находим скольжение номинальное :

$$S_H = \frac{n_C - n_H}{n_C} \cdot \frac{1000 - 990}{1000} = \frac{10}{1000} = 0,01 \quad (5.4)$$

где n_C – скорость синхронная;

n_H – скорость номинальная.

Находим коэффициент усиления:

$$K_{\text{Э}} = \frac{1}{S_H} = \frac{1}{0,01} = 100 \quad (5.5)$$

Находим электрическое скольжение:

$$\omega_{\text{эл.}} = \frac{\pi n_C}{30} \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 105 \quad (5.6)$$

Находим отношение максимального момента к номинальному:

$$\mu_K = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,3 \quad (5.7)$$

где M_{max} – момент максимальный;

$M_{\text{ном}}$ – момент номинальный.

Находим скольжение критическое:

$$S_K = S_{\mu} \cdot (\mu_K + \sqrt{\mu^2 k - 1}) = 0,01 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,02 \quad (5.8)$$

Находим эквивалентную электромагнитную постоянную времени:

$$T_{\text{Э}} = \frac{1}{\omega_{\text{эл.}} \cdot S_K} = \frac{1}{105 \cdot 0,02} = 0,48 \text{с} \quad (5.9)$$

По таблице 5.1 находим момент инерции- $J = 3,04 \text{кг} \cdot \text{м}^2$

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Находим механическую постоянную времени электродвигателя:

$$T_d = J \frac{\omega_0}{M_H} = 3,04 \frac{105}{723} = 0,44c \quad (5.10)$$

На основе имеющихся расчетов составляем в программе VisSim схему моделирования работы электропривода дымососа (рис. 5.1):

+_-

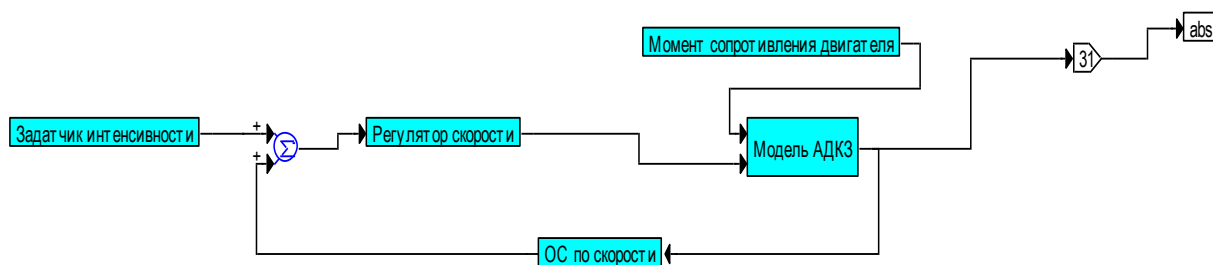


Рисунок 5.1 – Моделирование работы электропривода дымососа

Приблизительно параметры регулятора тока вычисляются по правилу технического оптимума:

$$T_2 = T_{\Sigma}$$

Постоянная времени контура регулирования тока:

$$T_{PT} = (2 \dots 4)(T_{II} + \tau)$$

$$T_1 = K_{\Sigma} * T_{PT}$$

$$T_2 = T_{\Sigma} = 0,48$$

$$T_{PT} = 3(0,01 + 0,0033) = 0,04$$

$$T_1 = K_{\Sigma} * T_{PT} = 100 * 0,04 = 4$$

Параметры регулятора скорости определяются по упрощенной структурной схеме по правилу симметричного оптимума.

Вспомогательная постоянная времени контура регулирования скорости:

$$T_{PC} = 3(T_{PT} + T_{II} + \tau)$$

Коэффициент регулятора скорости:

$$K_{PC} = \frac{T_D}{T_{PC}}$$

$$\omega_{сопр} = \frac{1}{3 * T_{PC}} = 2.1$$

$$T_4 = \frac{1}{\omega_{сопр}} = 0.48$$

$$T_3 = \frac{T_4}{K_{PC}} = 0.17$$

$$T_{PC} = 3(0,04 + 0,01 + 0,0033) = 0,16$$

$$K_{PC} = \frac{T_D}{T_{PC}} = 2.75$$

Используя программу Vissim, подбираем параметры регулятора тока, используя исходную структурную схему регулирования тока (Рис 5.2).

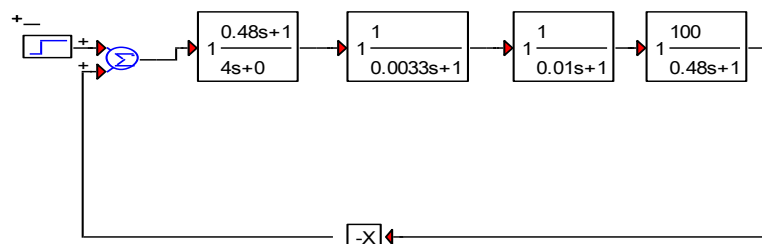


Рисунок 5.2 Структурная схема регулирования тока

Экспериментальным способом удалось скорректировать значения, полученные по правилу технического оптимума.

$$T1=3 \text{ с.}$$

$$T2=0.48 \text{ с.}$$

По полученным параметрам строим переходный процесс контура регулирования тока (Рис. 5.3) и определяем его показатели качества:

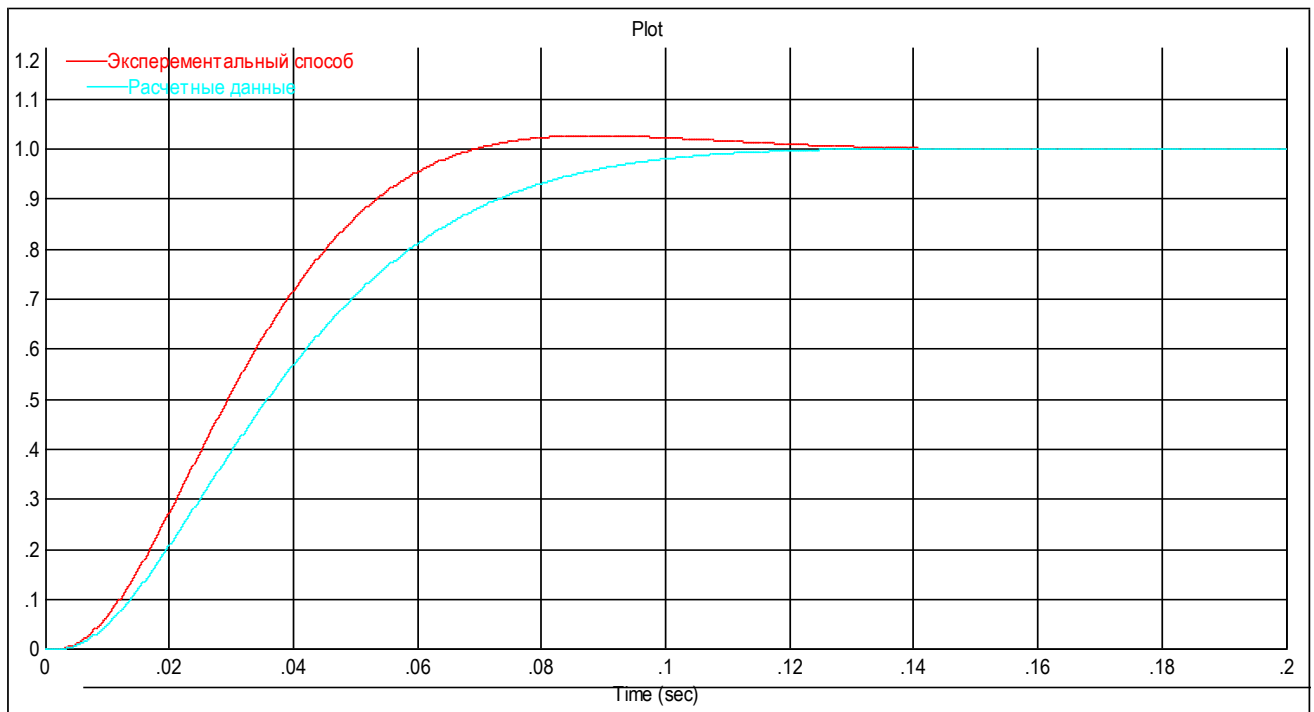


Рисунок 5.3 Переходный процесс в контуре регулирования тока

С помощью программы Vissim, подбираем параметры регулятора скорости, используя исходную структурную схему контура регулирования скорости (Рис. 5.4).

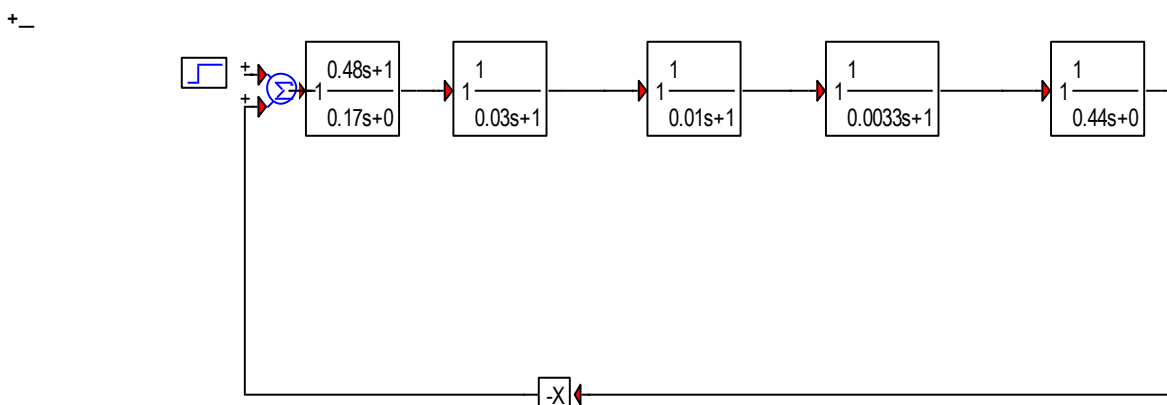


Рисунок 5.4 Структурная схема контура регулирования скорости.

Экспериментальным способом удалось скорректировать значения, полученные по правилу технического оптимума.

$T_3=0,14$ с.

$T_4=0.6$ с.

Далее строим переходный процесс в контуре скорости (Рис. 5.5).

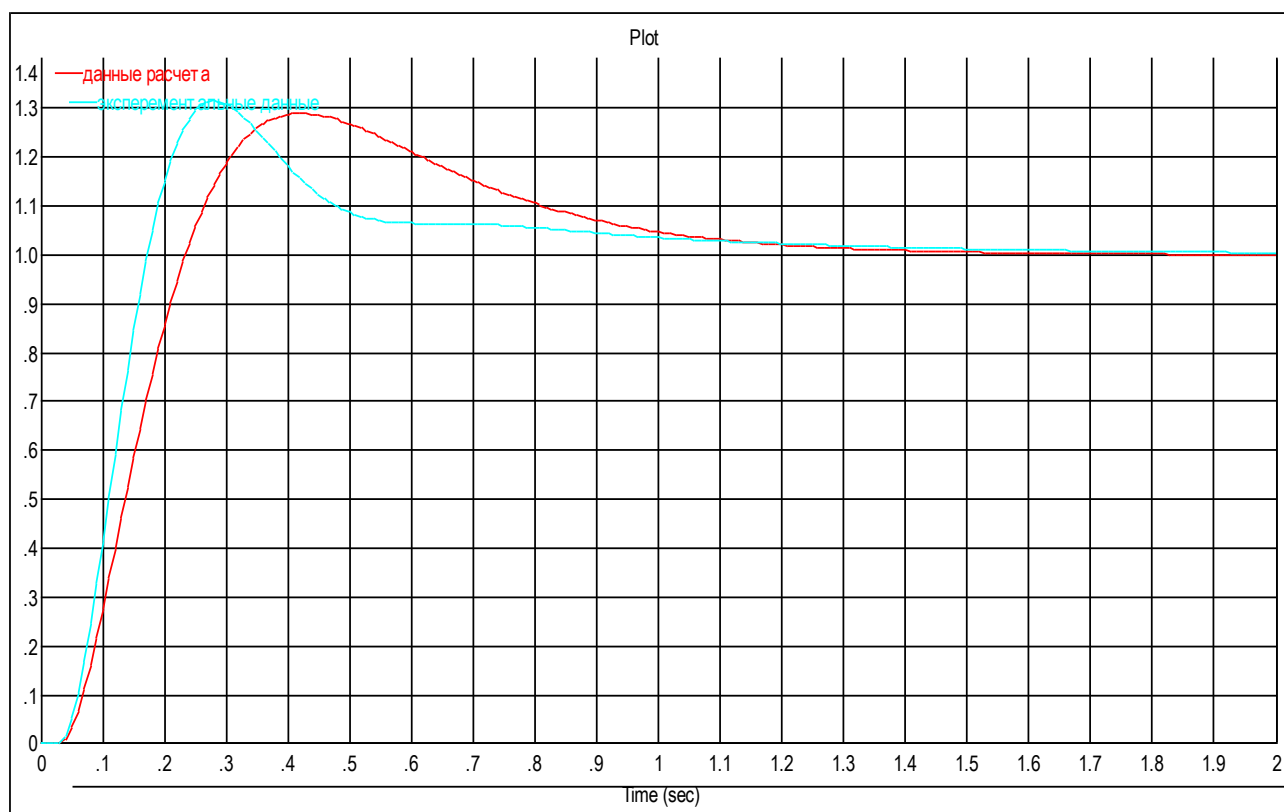


Рисунок 5.5 Переходный процесс в контуре скорости.

Задатчик интенсивности—устройство, формирующее сигналы ускорения соответствующей технической заданию величины, поступающие на регулятор скорости (рис. 5.6).

Регулятор скорости—выполняет функцию регулирования частоты вращения посредством электродвигателя с учетом обратной связи (ОС) по скорости (рис. 5.7).

В модели АДКЗ (расшифровка наименования—асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором) частично включена модель преобразователя частоты (рис. 5.8).

Модель процесса работы электродвигателя пуско-тормозном режиме (рис. 5.9).

Из модели работы электропривода дымососа построим график производительности дымососа (рис. 5.10)

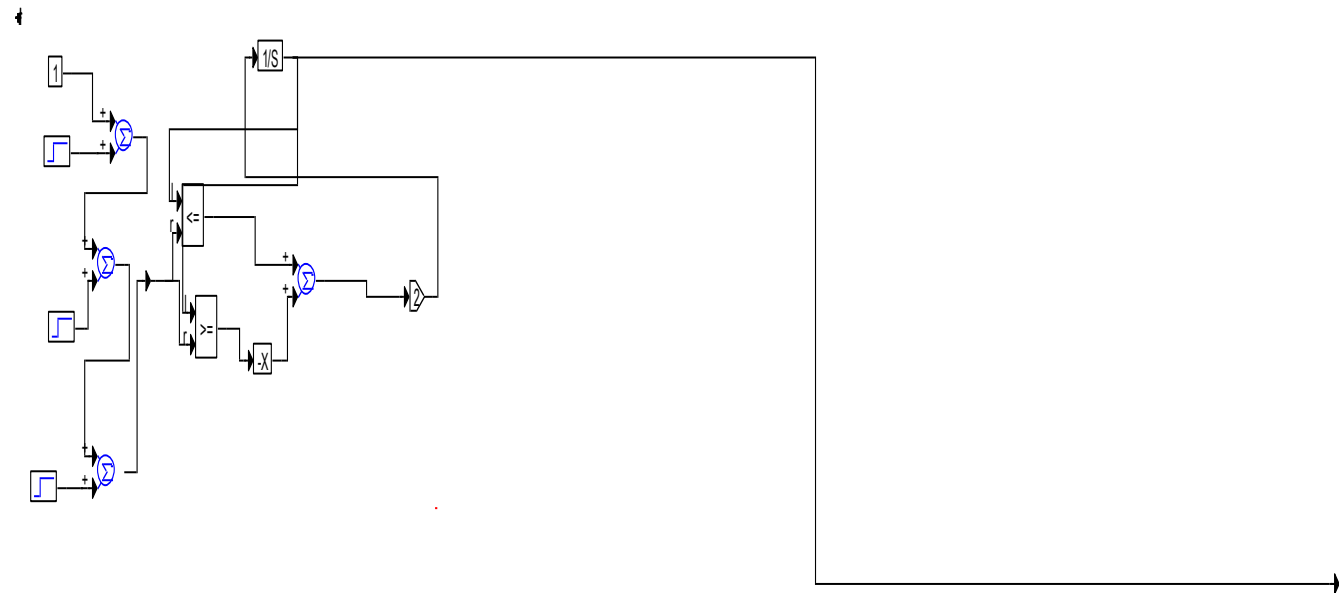


Рисунок 5.6 – Модель задатчика интенсивности

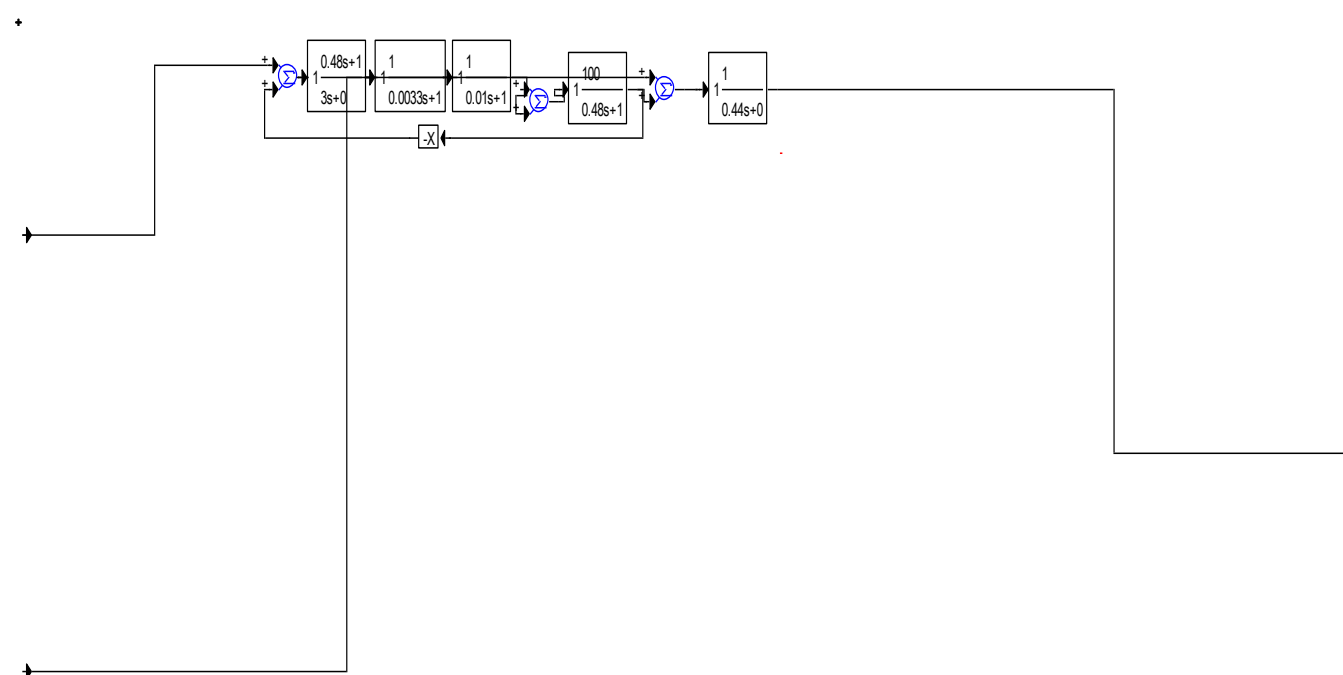


Рисунок 5.7 – Модель АДКЗ



Рисунок 5.8 – Модель обратной связи по скорости

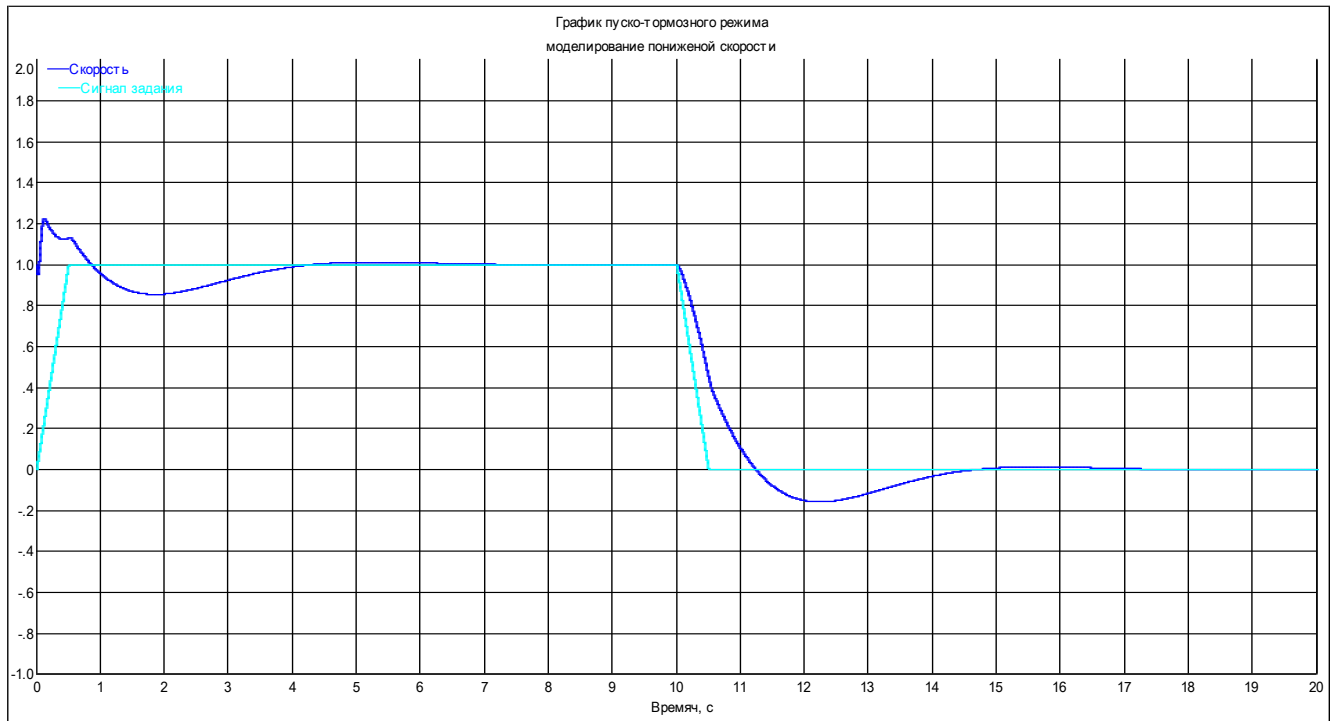


Рисунок 5.9 – Модель процесса работы электродвигателя в пуско-тормозном режиме.



Рисунок 5.10 График производительности дымоcоса

5.3.2 Расчет переходных процессов электропривода вентилятора

Таблица 5.4 – Используемые данные асинхронного двигателя АДЧР225М8

Параметр	Значение
Номинальная мощность P_H , кВт	30
n_H , об / мин	735
Ток номинальный I_H , А	64.2
$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2,2
КПД, %	91
$\text{Cos } \phi$	0,78

Произведем расчет математической модели

Найдем следующие основные показатели, необходимые для построения модели работы электропривода вентилятора: $T_{\text{Э}}$, $T_{\text{Д}}$, $K_{\text{Э}}$.

Находим скольжение номинальное :

$$S_H = \frac{n_C - n_H}{n_C} \cdot \frac{750 - 735}{750} = \frac{15}{750} = 0,02 \quad (5.11)$$

где n_C – скорость синхронная;

n_H – скорость номинальная.

Находим коэффициент усиления:

$$K_{\text{Э}} = \frac{1}{S_H} = \frac{1}{0,02} = 50 \quad (5.12)$$

Находим электрическое скольжение:

$$\omega_{\text{эл.}} = \frac{\pi n_C}{30} \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 79 \quad (5.13)$$

Находим отношение максимального момента к номинальному:

$$\mu_K = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,2 \quad (5.14)$$

где M_{max} – момент максимальный;

$M_{\text{ном}}$ – момент номинальный.

Находим скольжение критическое:

$$S_K = S_\mu \cdot (\mu_K + \sqrt{\mu^2 k - 1}) = 0,02 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,083 \quad (5.15)$$

Находим эквивалентную электромагнитную постоянную времени:

$$T_\Theta = \frac{1}{\omega_{эл.} \cdot S_K} = \frac{1}{79 \cdot 0,083} = 0,15c \quad (5.16)$$

По таблице 5.1 находим момент инерции- $J = 0,70 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

Находим механическую постоянную времени электродвигателя:

$$T_D = J \frac{\omega_0}{M_H} = 0,70 \frac{79}{390} = 0,14c \quad (5.17)$$

На основе имеющихся расчетов составляем в программе VisSim схему моделирования работы электропривода вентилятора (рис. 5.11):

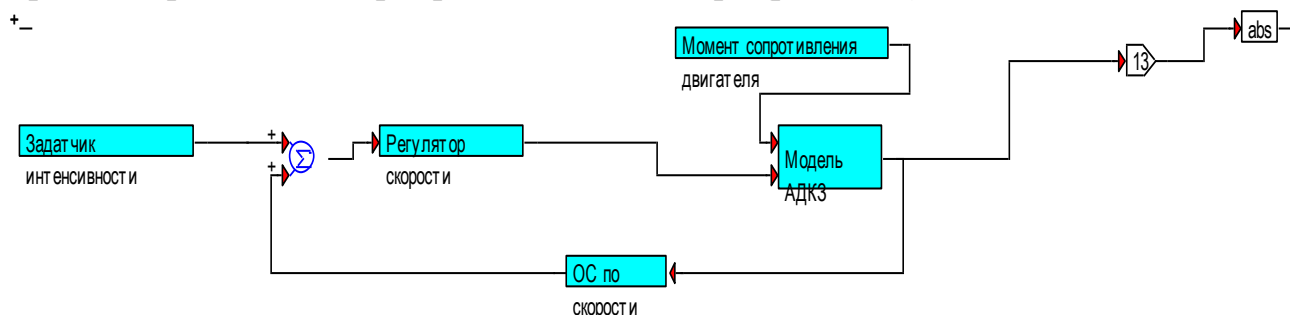


Рисунок 5.11 – Моделирование работы электропривода вентилятора

Приблизленно параметры регулятора тока вычисляются по правилу технического оптимума:

Постоянная времени контура регулирования тока:

$$T_{PT} = (2 \dots 4)(T_{II} + \tau)$$

$$K = \frac{T_1}{T_2}$$

$$T_2 = T_\Theta = 0,15$$

$$T_{PT} = 3(0,01 + 0,0033) = 0,04$$

$$T_1 = K_\Theta * T_{PT} = 50 * 0,04 = 2$$

Параметры регулятора скорости определяются по упрощенной структурной схеме по правилу симметричного оптимума.

Вспомогательная постоянная времени контура регулирования скорости.

$$T_{PC} = 3(T_{PT} + T_{II} + \tau)$$

Коэффициент регулятора скорости:

$$K_{PC} = \frac{T_D}{T_{PC}}$$

$$\omega_{сопр} = \frac{1}{3 * T_{PC}} = 2.1$$

$$T_4 = \frac{1}{\omega_{сопр}} = 0.48$$

$$T_3 = \frac{T_4}{K_{PC}} = 0.55$$

$$T_{PC} = 3(0,04 + 0,01 + 0,033) = 0,16$$

$$K_{PC} = \frac{T_D}{T_{PC}} = 0.87$$

Используя программу Vissim, подбираем параметры регулятора тока, используя исходную структурную схему регулирования тока (Рис 5.12).

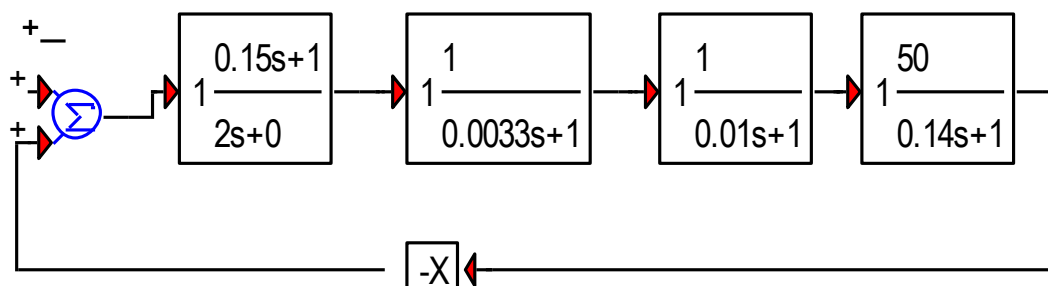


Рисунок 5.12 Структурная схема регулирования тока

Экспериментальным способом удалось скорректировать значения, полученные по правилу технического оптимума.

$$T1 = 1.5 \text{ с.}$$

$$T2 = 0.48 \text{ с.}$$

По полученным параметрам строим переходный процесс контура регулирования тока (Рис. 5.13).

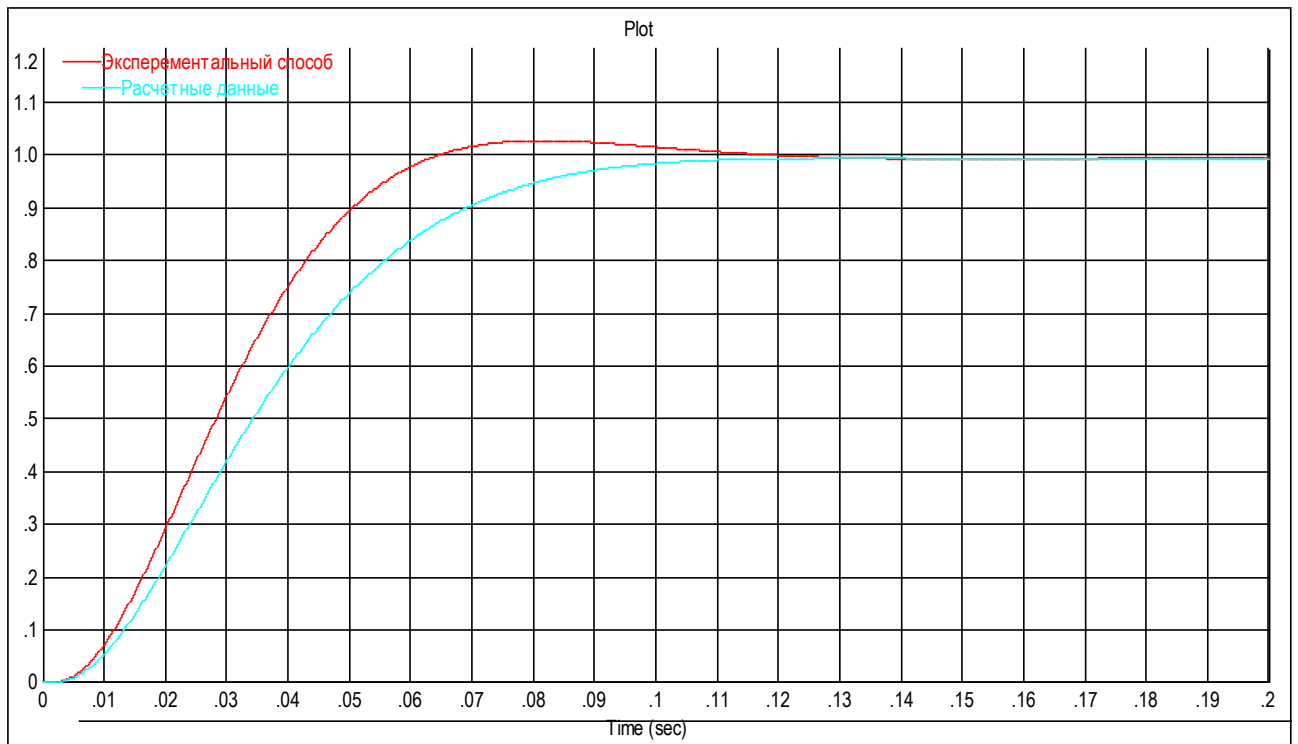


Рисунок 5.13 Переходный процесс контура регулирования тока

С помощью программы Vissim, подбираем параметры регулятора скорости, используя исходную структурную схему контура регулирования скорости (Рис. 5.14).

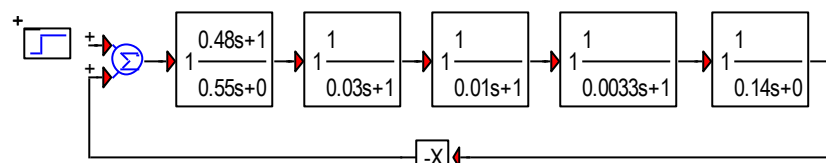


Рисунок 5.14 Структурная схема контура регулирования скорости

Экспериментальным способом удалось скорректировать значения, полученные по правилу технического оптимума.

$$T3=0,4 \text{ с.}$$

$$T4=0.5 \text{ с.}$$

Далее строим переходный процесс в контуре скорости (Рис. 5.15).

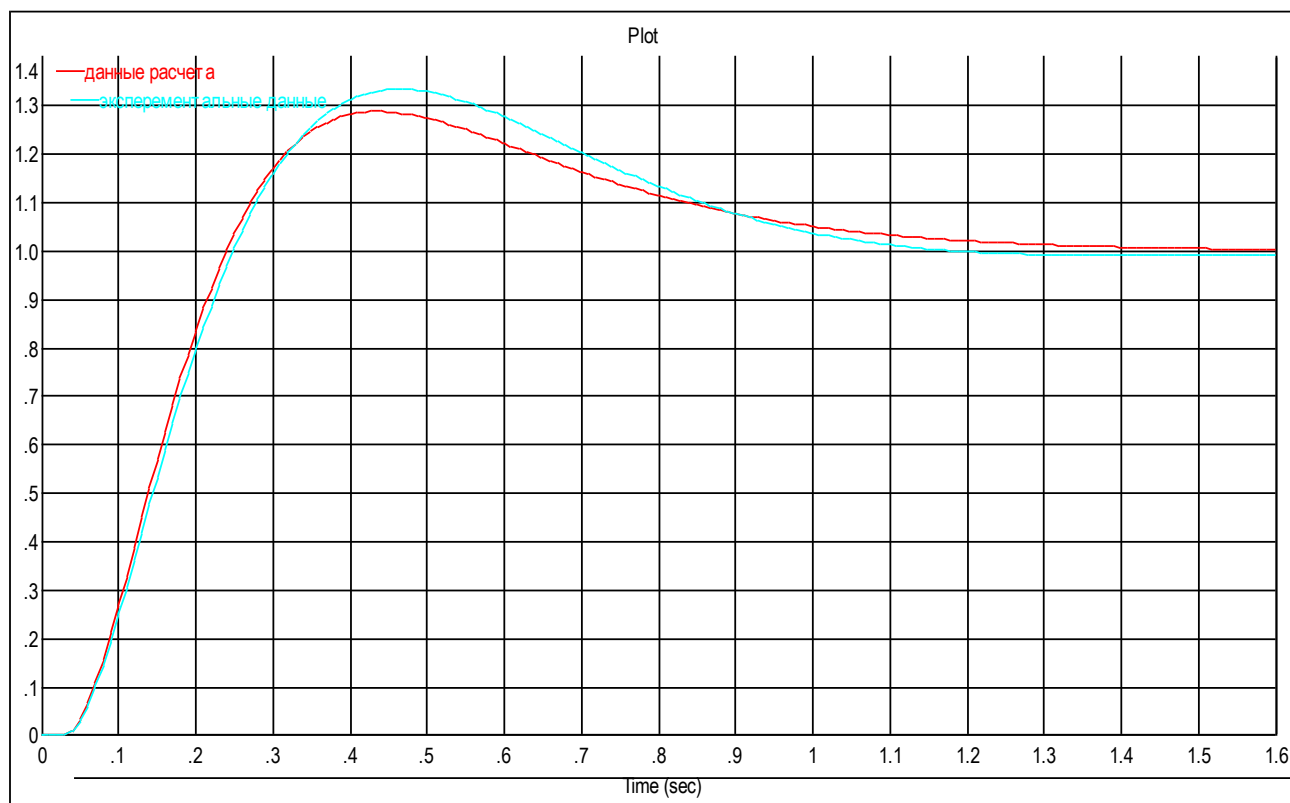


Рисунок 5.15 переходный процесс в контуре скорости

Задатчик интенсивности—устройство, формирующее сигналы ускорения соответствующей технической заданию величины, поступающие на регулятор скорости (рис. 5.16).

Регулятор скорости—выполняет функцию регулирования частоты вращения посредством электродвигателя с учетом обратной связи (ОС) по скорости (рис. 5.17).

В модели АДКЗ (расшифровка наименования—асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором) частично включена модель преобразователя частоты (рис. 5.18).

В модели механической передачи математически описывается процесс работы системы электродвигателя вентилятора (рис. 5.19).

Модель процесса работы электродвигателя пуско-тормозном режиме (рис. 5.20).

Из модели работы электропривода вентилятора дутьевого построим график производительности вентилятора (рис. 5.21)

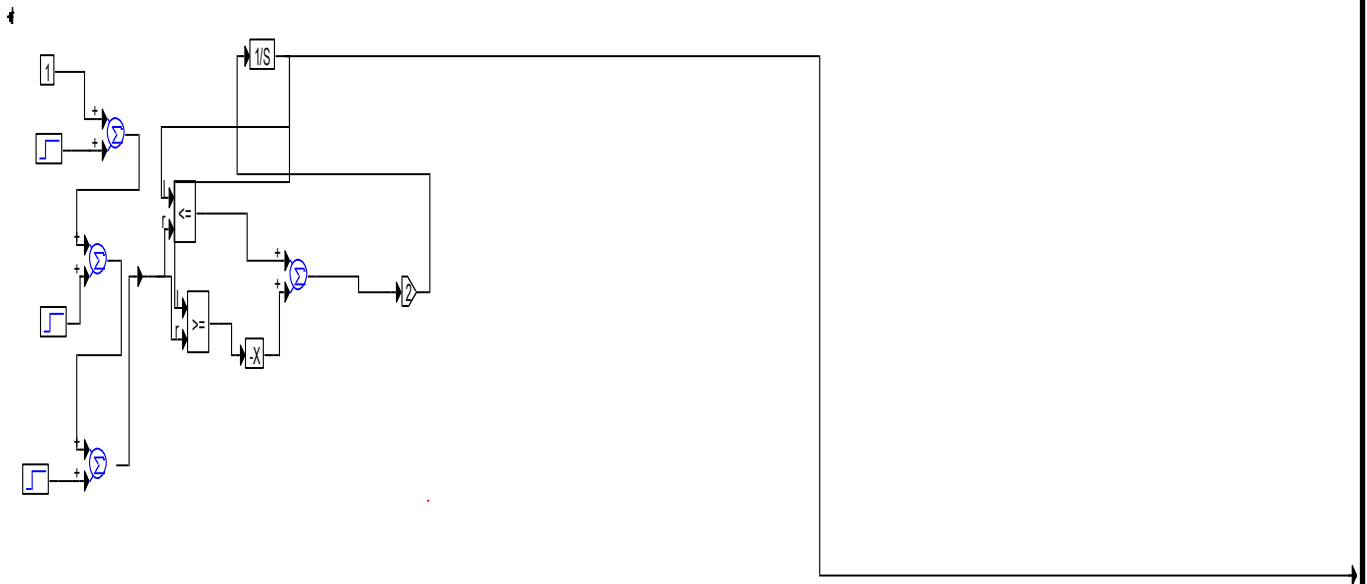


Рисунок 5.16 – Модель датчика интенсивности

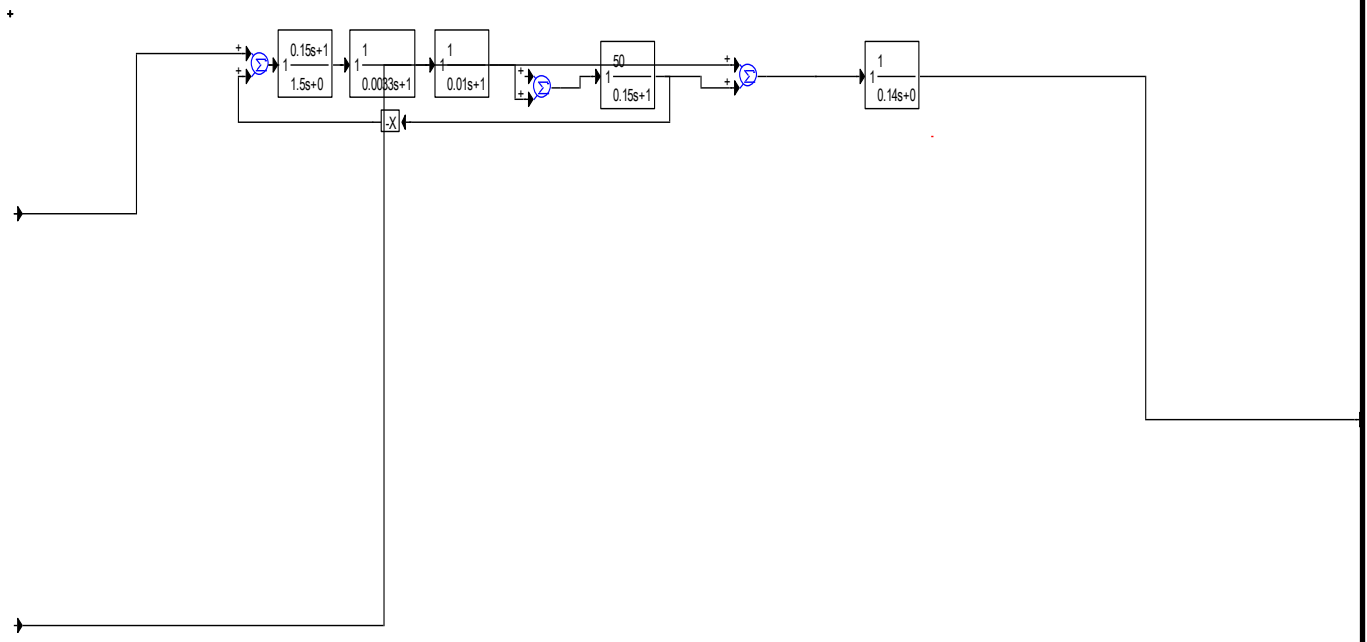


Рисунок 5.17 – Модель АДКЗ



Рисунок 5.18 – Модель обратной связи по скорости

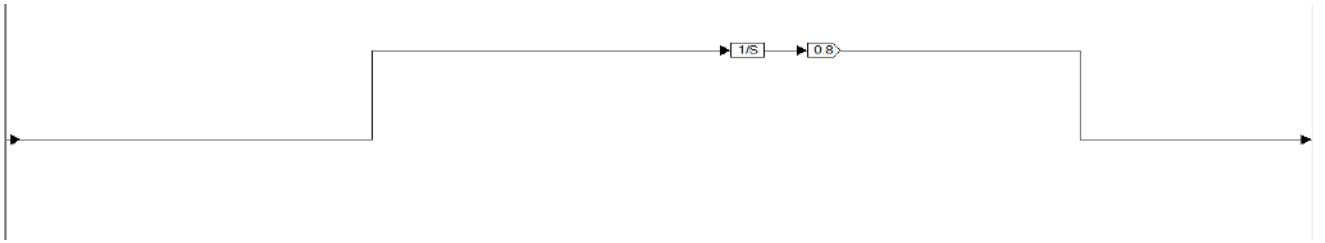


Рисунок 5.19 – Модель механической передачи

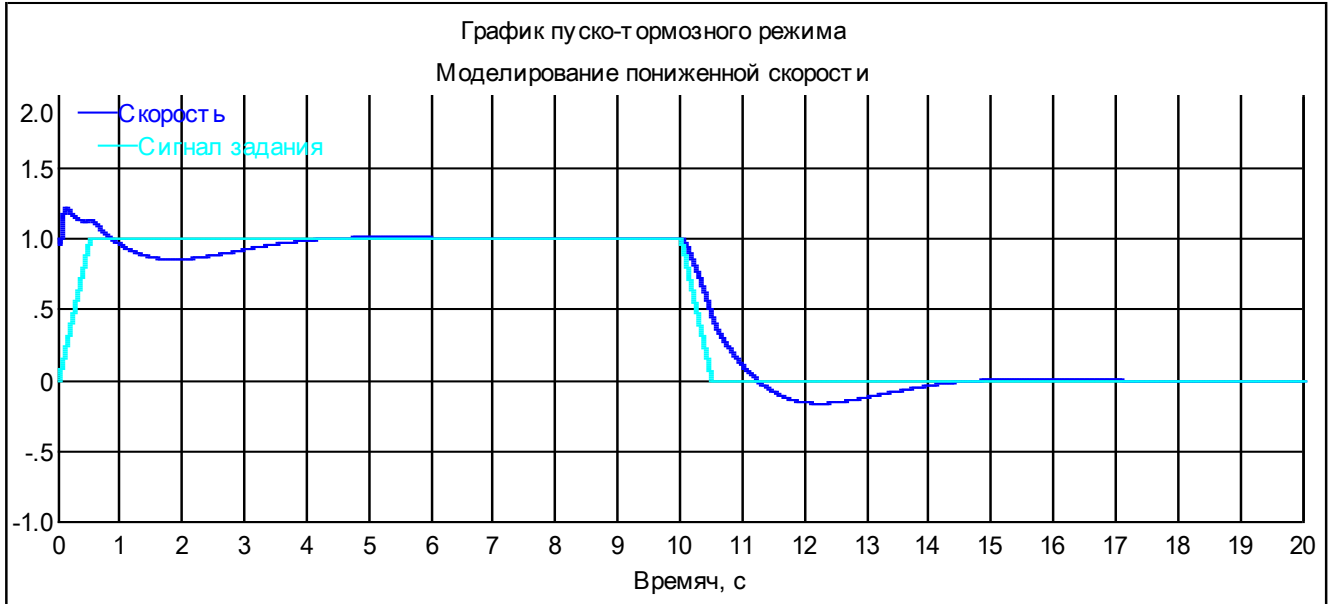


Рисунок 5.20 – Модель процесса работы электродвигателя в пуско-тормозном режиме.

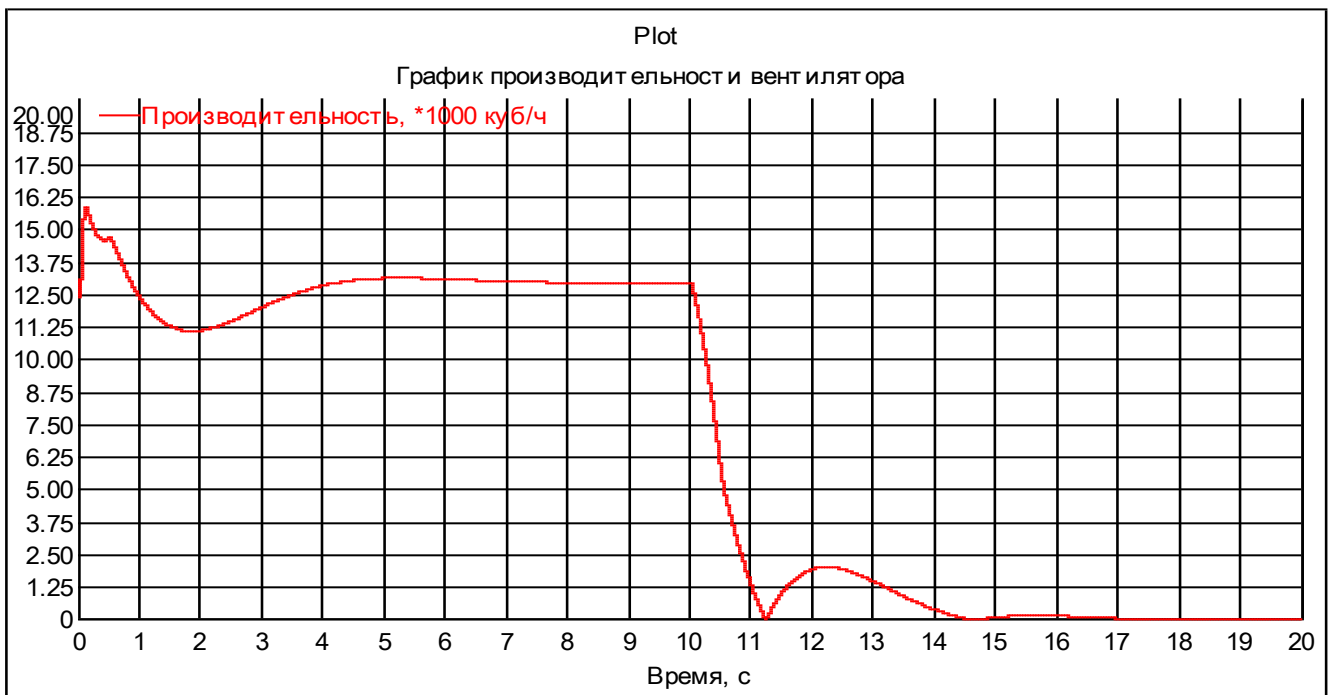


Рисунок 5.21 График производительности вентилятора

5.4 Выбор преобразователя частоты

Анализируя требования, предъявляемые к приводу и описания различных приводов (часть 1 ВКР) останавливаем свой выбор на преобразователе ОВЕН ПЧВЗ. Данный привод обеспечивает все необходимые режимы работы двигателя, диапазон регулирования. Кроме того, данный привод производится в России, и производитель производит гарантийное бесплатное техническое обслуживание и ремонт. Исходя из этого выбираем преобразователь частоты вентилятора и дымососа в соответствии с мощностями приводных двигателей (75 кВт и 30 кВт, соответственно).

В качестве опции к данному приводу может поставляться микропроцессорный комплекс «Modbus RTU» который может выполнять следующие функции:

- Контроль состояния привода, ведение журнала аварийных ситуаций;
- Реализация обратных связей;
- Соединение с информационными сетями посредством последовательных интерфейсов;
- Реализация программной логики управления.

Выводы по части пять

В данной части ВКР произведен расчет мощности электродвигателей вентилятора и дымососа, а также производится выбор преобразователя частоты, удовлетворяющего всем требованиям для этого привода из выборки, представленной в части 1 выпускной квалификационной работы.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

6. ВЫБОР ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ

6.1. Обоснование выбора

При модернизации системы автоматического управления водогрейного котла ДКВР-6,5-13 будем использовать оборудование российского производства. При такой модернизации не будем рассматривать замену технологического оборудования и изменение технологического процесса котельной с котлом ДКВР-6,5-13.

В качестве варианта оборудования системы автоматизации котла ДКВР-6,5-13 рассмотрим оборудование российской компании ОВЕН. Продукцией компании ОВЕН являются различные датчики, измерительные преобразователи, измерители-регуляторы, программируемые реле, программируемые-логические контроллеры, панели человеко-машинного интерфейса и прочие изделия.

К ПЛК ОВЕН можно подключать как аналоговые, так и цифровые измерительные устройства с унифицированными сигналами. Также данным ПЛК могут быть интегрированы в сети промышленной автоматизации на основе сетей Modbus, Ethernet и других.

За два десятилетия выпуска ПЛК ОВЕН многие специалисты сходятся во мнении, что данные ПЛК удовлетворяют разнообразным требованиям большинства систем автоматического управления и систем автоматизации технологических процессов.

Выбирая основу элементной базы программно-технического комплекса между ПЛК и программируемым реле, учтем следующие особенности. Применение программируемого реле позволит реализовать систему управления практически идентичную существующей, только с какой-то возможностью гибкого изменения логики работы за счет перепрограммирования. Однако данное решение не позволит реализовать требуемую интеграцию с системой автоматизации верхнего уровня и со SCADA системой.

Далее выполним краткое сравнение технических средств автоматизации компании ОВЕН и зарубежной компании Siemens.

Отметим, что оборудование компании Siemens имеет высокое качество изготовления, высокий уровень надежности и отказоустойчивости, но при этом его высокая стоимость значительно удорожает реализацию проектов. Кроме того, реализация проектов автоматизации на оборудовании компании Siemens, в большинстве случаев, требует привлечения иностранных специалистов, что также увеличивает стоимость реализации. При модернизации системы автоматизации котельной учитываем и то, что оборудование Siemens выпускается за рубежом, а в Российской Федерации может находиться только на складах крупных поставщиков и не всегда в нужном количестве. Поэтому возможны ситуации, когда поставка на объект оборудования Siemens займет около 3-6 недель.

При использовании продукции ОВЕН, наличие русскоязычной технической документации, русскоязычных интерфейсов среды разработки программ, а также русскоязычной технической поддержки и разработчиков вообще исключают рас-

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

ходы на привлечение иностранных специалистов. Наличие производственных мощностей компании ОВЕН и развитой сети партнеров во многих регионах Российской Федерации, сокращает срок поставки оборудования ОВЕН на объект до нескольких дней.

Все выше сказанное позволяет создать на базе ОВЕН СПК110 современную систему автоматического управления водогрейным котлом ДКВР-6,5-13 с возможностью последующей модернизации или расширением аппаратной части. Стоит отметить, что затраты на аппаратную часть не значительны в сравнении с покупкой готовых частей зарубежного производства. Предлагаемый контроллер ОВЕН СПК110 стоит 19824 руб.

6.2. Система автоматического управления на оборудовании ОВЕН

На основании каталогов производителя [1] выполним выбор оборудования отечественного производства ОВЕН для системы автоматизации водогрейного котла ДКВР-6,5-13.

Основными элементами САУ являются:

- панельный программируемый логический контроллер СПК110;
- модуль ввода аналоговых сигналов на 8 аналоговых входов МВ110-8А;
- модуль дискретного вывода на 16 выходов-реле МУ110-16Р;
- модуль ввода дискретных сигналов на 16 входов МВ110-224.16Д.

Далее рассмотрим подробнее используемые устройства ОВЕН.

6.3. Панельный программируемый логический контроллер СПК110

Для реализации системы автоматизации водогрейного котла ДКВР-6,5-13 выбираем контроллер ОВЕН СПК110. Данный контроллер является устройством класса «человеко-машинный интерфейс» со встроенными функциями свободно-программируемого контроллера. Сфера применения ОВЕН СПК110 – автоматизированные системы управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, энергетике и ЖКХ.

На рисунке 6.1 показан вид передней панели ОВЕН СПК110. На рисунке 6.2 – задней панели ОВЕН СПК110.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



Рисунок 6.1 – Вид передней панели ОВЕН СПК110



Рисунок 6.2 – Вид задней панели ОВЕН СПК110

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Основные особенности выбранного контроллера ОВЕН СПК110 по сравнению с другими контроллерами ОВЕН:

- панель оператора и программируемый логический контроллер в одном корпусе;
- графический экран с диагональю 7 дюймов;
- количество цветов 65535 (16 бит);
- сенсорное управление экраном;
- два независимых последовательных интерфейса RS-232/RS-485;
- встроенная операционная система Linux;
- поддержка протоколов Modbus/OWEN.

Основные функциональные возможности контроллера ОВЕН СПК110:

- объединение функций ПЛК и графической панели оператора позволяют сэкономить пространство в щите управления и стоимость системы управления в целом;

- разработка программ и алгоритмов управления в единой среде программирования позволяет сократить сроки разработки за счет использования одних и тех же переменных системы, тем самым экономит человеческие и финансовые ресурсы исполнителя;

- сенсорный экран управления – позволяет создавать элементы управления технологическим процессом в удобных для пользователя местах, осуществлять необходимые подписи и комментарии к элементам управления;

- программное переключение режимов работы универсальных интерфейсов RS-232/RS-485 – позволяют не оговаривать исполнение панели в момент заказа и сократить количество ЗИП на складе;

- индикация состояния обмена по последовательным интерфейсам на лицевой панели позволяет идентифицировать состояние линий связи с внешними устройствами, не прибегая к вскрытию щита управления;

- операционная система – дает возможность использовать стандартные программные средства для увеличения функциональных возможностей изделия.

В таблице 6.1 приведены основные технические характеристики контроллера ОВЕН СПК110. В таблице 6.2 приведена информация о поддерживаемых коммуникационных протоколах контроллера ОВЕН СПК110.

Таблица 6.1 – Основные технические характеристики контроллера ОВЕН СПК110

Климатическое исполнение, °С	0 ... + 60
Охлаждение	Пассивное
Степень защиты корпуса (с лицевой стороны)	IP54
Диапазон напряжений питания, В СПК1xx	От 12 до 28В постоянного тока (номинальное 24В)
Потребляемая мощность, Вт	Не более 10

Продолжение таблицы 6.1

Материал	
Лицевая панель	Пластик
Корпус	Пластик
Масса, кг	1,5
Габаритные размеры корпуса, мм	277x200x39
Установочные размеры корпуса, мм	258x177x33
Размер экрана, дюйм	10,2"
Видимая область, мм	220x132
ЖК дисплей	TFT
Разрешение экрана, пиксель	800x480
Количество цветов	65536 (16 бит)
Яркость, Кд\м ²	300
Контрастность	500:1
Индикация на передней панели	Индикация работы контроллера. Индикация наличия сетевого обмена. Индикация работы программы
Тип подсветки дисплея	Светодиодная (LED)
Время работы подсветки, часов	50 000
Сенсорное управление, тип	Есть, резистивный
Количество нажатий	1 000 000
«Механические» кнопки, шт	Нет

Таблица 6.2 – Поддерживаемые коммуникационные протоколы контроллера ОБЕН СПК110

Интерфейс	Количество, шт.	Протоколы	Режимы работы
COM1 (RS232/RS485)	1	ModBus (ASCII RTU), ОБЕН	4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
COM2 (RS232/RS485)	1	ModBus (ASCII RTU), ОБЕН	
Ethernet	0		
USB Host	1	Подключение USB Flash	
USB Device	1	Порт для загрузки программы	
SD Card	1	Карточки до 32 ГБ	

6.4. Модуль ввода аналоговых сигналов MB110-8A

В основу модуля ввода аналоговых сигналов MB110-8A положен широко распространенный стандарт проводной связи RS-485. Все модули используют для

коммуникации простые протоколы, основанные на принципе «запрос-ответ». На рисунке 6.3 показан внешний вид модуля MB110-8A.



Рисунок 6.3 – Внешний вид модуля MB110-8A

Модуль расширения MB110-8A работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Тип протокола определяется прибором MB110-8A автоматически.

Прибор MB110-8A не является Мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна иметь Мастер сети, например, персональный компьютер с запущенной на нем SCADA-системой, контроллер или регулятор. В качестве Мастера сети могут использоваться контроллеры ОВЕН ПЛК и т.п.

К прибору MB110-8A предоставляется бесплатный OPC-драйвер и библиотека стандарта WIN DLL, которые рекомендуется использовать при подключении прибора к SCADA-системам и контроллерам других производителей.

Конфигурирование прибора MB110-8A осуществляется на ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например, ОВЕН АС3-М или АС4, соответственно) с помощью программы «Конфигуратор M110», входящей в комплект поставки.

Опрос входов происходит последовательно, т.е. опрос восьми входов займет время, равное сумме опросов входов с 1 по 8.

Прибор MB110-8A эксплуатируется при следующих условиях:

- закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов;
- температура окружающего воздуха от минус 10 до +55 °С;
- верхний предел относительной влажности воздуха 80 % при 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа.

По устойчивости к климатическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения В4 по ГОСТ Р 52931-2008. По устойчивости к воздействию атмосферного давления прибор относится к группе Р1 по ГОСТ Р 52931-2008. По устойчивости к механическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения N1 по ГОСТ Р 52931-2008. По электромагнитной совместимости модули относятся к оборудованию класса А по ГОСТ Р 51522-99.

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ					

В таблице 6.3 приведены характеристики модуля расширения ОВЕН МВ110-8А.

Таблица 6.3 – Характеристики модуля расширения ОВЕН МВ110-8А

Наименование	Значение
Напряжение питания	от 90 до 264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой от 47 до 63Гц или от 20 до 375 В постоянного тока (номинальное напряжение 24 В)
Потребляемая мощность, ВА	не более 6
Количество аналоговых входов	8
Время опроса одного входа	
термометры сопротивления, с	не более 0,9
термоэлектрические преобразователи и унифицированные сигналы постоянного напряжения и тока, с	не более 0,6
Предел основной приведенной погрешности при измерении: термоэлектрическими преобразователями, %	$\pm 0,5$
термометрами сопротивления и унифицированными сигналами постоянного напряжения и тока, %	$\pm 0,25$
Электрическая прочность изоляции цепей, В	1500
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек	115200
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Степень защиты корпуса	IP20 со стороны передней панели, IP00 со стороны клеммной колодки
Габаритные размеры прибора, мм, не более	63x110x73
Масса прибора, кг	не более 0,5
Средний срок службы, лет	10
Средняя наработка на отказ, ч	не менее 50 000

В таблице 6.4 приведены характеристики используемых на входе сигналов постоянного тока, напряжения и сопротивления.

Таблица 6.4 – Используемые на входе ОВЕН МВ110-8А сигналы постоянного тока, напряжения и сопротивления

Наименование	Диапазон измерений, %	Значение единицы младшего разряда, ед. изм.	Предел основной приведенной погрешности, %
Дискретные датчики с выходом типа «сухой контакт»			
Датчики контактные («сухие»)	0 и 100	Не устанавливается	±0,25
Сигнал постоянного напряжения			
от минус 50 до 50 мВ	0...100	0,1	±0,25
Унифицированные сигналы по ГОСТ 26.011-80			
от 0 до 1 В	0...100	0,1	±0,25
от 0 до 5 мА	0...100	0,1	±0,25
от 0 до 20 мА	0...100	0,1	
от 4 до 20 мА	0...100	0,1	
Датчики положения задвижек			
Резистивный (от 25 до 900 Ом)	от 2,8* до 100	1	±0,25
Резистивный (от 25 до 2000 Ом)	от 1,26* до 100	1	
Токовый от 0 (4) до 20 мА	от 0 до 100	1	±0,25
Токовый от 0 до 5 мА	от 0 до 100	1	

На рисунке 6.4 показано обозначение клемм прибора ОВЕН МВ110-8А.

При модернизации системы автоматизации водогрейного котла ДКВР-6,5-13 к прибору ОВЕН МВ110-8А необходимо подключать датчики температуры, на рисунке 6.5 показана возможная схема подключения в случае использования термометра сопротивления.

Также возможно подключение ко входам ОВЕН МВ110-8А дискретных датчиков с выходом типа «сухой контакт» (рис. 6.6).

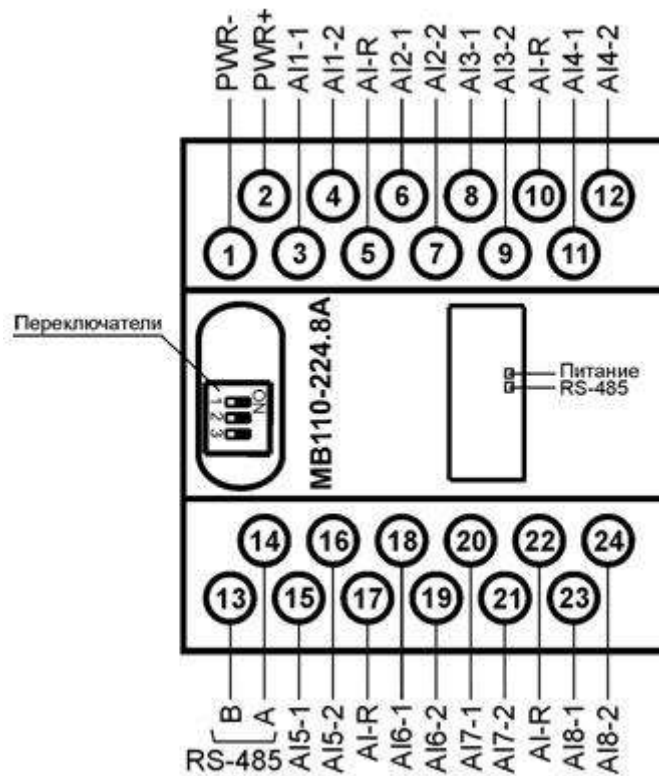


Рисунок 6.4 – Обозначение клемм прибора ОВЕН МВ110-8А

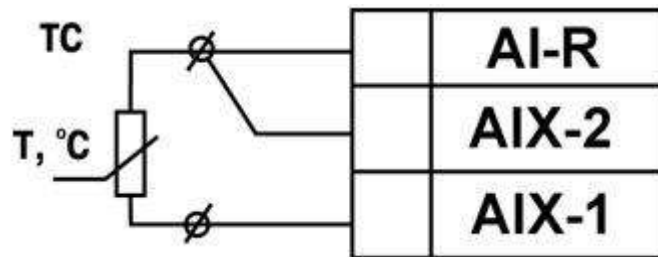


Рисунок 6.5 – Схема подключения термометра сопротивления

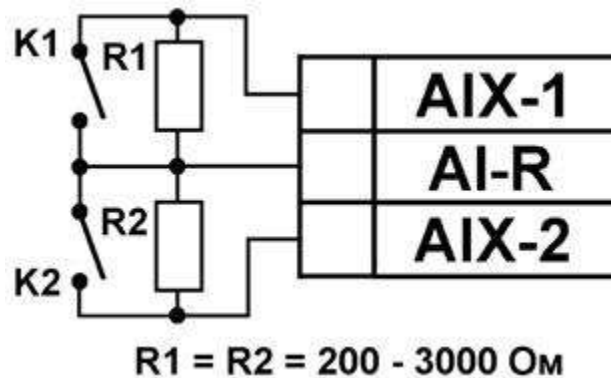


Рисунок 6.6 – Схема подключения дискретных датчиков с выходом типа «сухой контакт»

6.5. Модуль дискретного вывода МУ110-16Р

Прибор МУ110-16Р предназначен для управления по сигналам из сети RS-485 встроенными дискретными выходными элементами, используемыми для подключения исполнительных механизмов с дискретным управлением.

Внешне модуль дискретного вывода МУ110-16Р похож на модуль МВ110-8А (рис. 6.3).

Встроенные выходные элементы могут работать в режиме ШИМ.

Прибор МУ110-16Р работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Прибор МУ110 не является Мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна иметь Мастер сети, например, ПК с запущенной на нем SCADA-системой, контроллер или регулятор.

К прибору МУ110-16Р предоставляется бесплатный OPC-драйвер и библиотека стандарта WIN DLL, которые рекомендуется использовать при подключении прибора к SCADA-системам и контроллерам других производителей.

Конфигурирование прибора МУ110-16Р осуществляется на ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например ОВЕН АС3-М или АС4) с помощью программы «Конфигуратор М110», входящей в комплект поставки.

Прибор МУ110-16Р отвечает требованиям по устойчивости к воздействию помех в соответствии с ГОСТ Р 51522 для оборудования класса А.

Прибор МУ110-16Р эксплуатируется при следующих условиях:

- закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов;
- температура окружающего воздуха от минус 10 до +55 °С;
- верхний предел относительной влажности воздуха 80 % при 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа.

По устойчивости к климатическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения В4 по ГОСТ 12997-84. По устойчивости к воздействию атмосферного давления прибор относится к группе Р1 по ГОСТ 12997-84. По устойчивости к механическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения N1 по ГОСТ 12997-84.

Основные особенности модуля дискретного вывода ОВЕН МУ110-16Р:

- 16 каналов дискретного вывода, групповая развязка;
- типы выходных элементов: Р – э/м реле 3 А ~250 В или =30 В;
- возможность выдачи ШИМ-сигнала с любого выхода;
- напряжение питания: ~220 В или =24 В (в зависимости от модификации);
- МУ110 работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

В таблице 6.5 приведены основные характеристики прибора МУ110-16Р.

На рисунке 6.7 показана схема подключения клемм прибора МУ110-16Р.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Таблица 6.5 – Основные характеристики прибора МУ110-16Р

Наименование	Значение
Напряжение питания: МУ110-220.16Р	90...264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой 47...63Гц
МУ110-24.16Р	18...29 В постоянного тока (номинальное напряжение 24 В) 90...264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой 47...63Гц или
МУ110-224.16Р	20...375 В постоянного тока (номинальное напряжение 24 В)
Потребляемая мощность, ВА, не более МУ110-220(224).16Р(К) МУ110-24.16Р(К)	12 6
Количество дискретных выходных элементов	16
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек	115200
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры прибора, мм	63x110x73
Масса прибора, кг, не более	0,5
Средний срок службы, лет	8

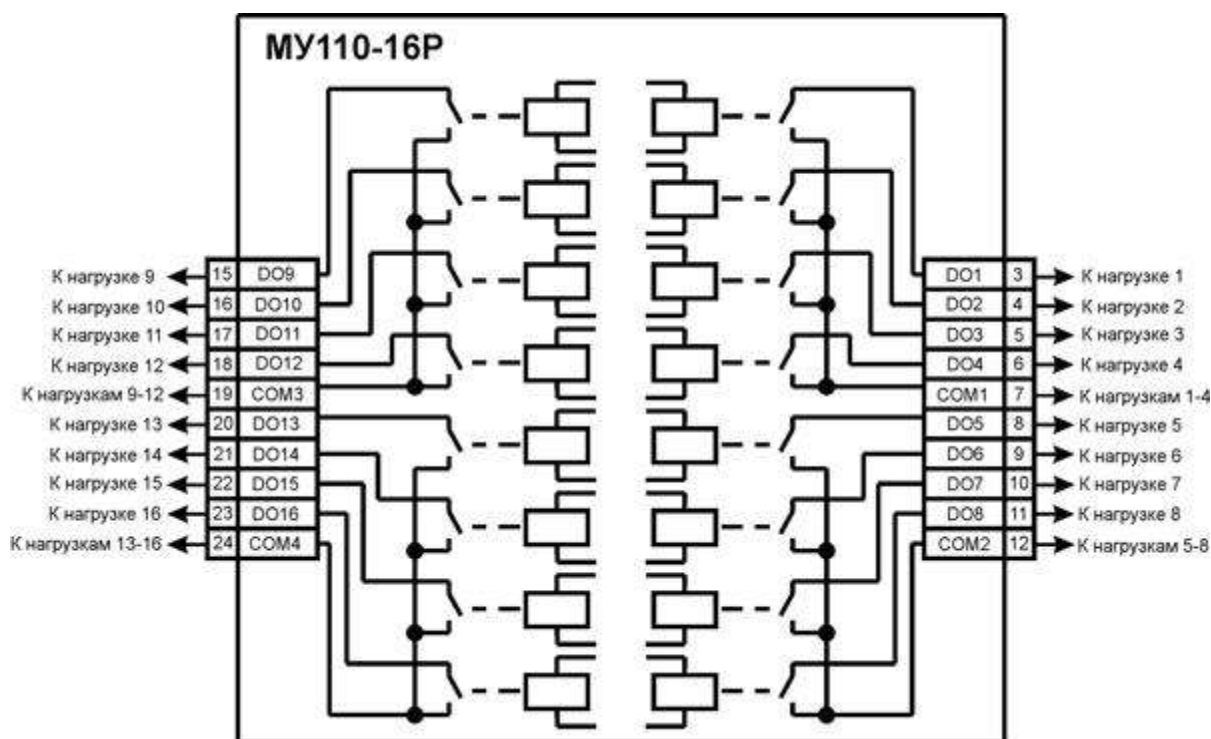


Рисунок 6.7 – Схема подключения клемм прибора МУ110-16Р

6.6. Модуль ввода дискретных сигналов MB110-16Д

Прибор MB110-16Д предназначен для сбора данных со встроенных дискретных входов с передачей их в сеть RS-485.

Внешне модуль дискретного ввода MB110-16Д похож на модуль MB110-8А (рис. 6.3).

Встроенные дискретные входы могут работать в режиме счетчиков импульсов частотой до 1 кГц. Прибор MB110-16Д работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прибор MB110-16Д не является Мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна иметь Мастер сети, например, ПК с запущенной на нем SCADA-системой, контроллер или регулятор.

К прибору MB110-16Д предоставляется бесплатный OPC-драйвер и библиотека стандарта WIN DLL, которые рекомендуется использовать при подключении прибора к SCADA-системам и контроллерам других производителей.

Конфигурирование прибора MB110-16Д осуществляется на персональном компьютере через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например ОВЕН АС3-М или АС4) с помощью программы «Конфигуратор М110», входящей в комплект поставки.

Прибор MB110-16Д отвечает требованиям по устойчивости к воздействию помех в соответствии с ГОСТ Р 51522 для оборудования класса А.

Прибор эксплуатируется при следующих условиях:

- закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов;

- температура окружающего воздуха от минус 10 до +55 °С;
- верхний предел относительной влажности воздуха 80 % при 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа.

По устойчивости к климатическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения В4 по ГОСТ 12997-84. По устойчивости к воздействию атмосферного давления прибор относится к группе Р1 по ГОСТ 12997-84. По устойчивости к механическим воздействиям при эксплуатации прибор соответствует группе исполнения N1 по ГОСТ 12997-84.

В таблице 6.6 приведены основные характеристики прибора МВ110-16Д. В таблице 6.7 – основные характеристики дискретных входов прибора МВ110-16Д.

На рисунке 6.8 показана схема подключения прибора МВ110-16Д к датчикам с выходом типа «сухой контакт». На рисунке 6.9 – схема подключения прибора МВ110-16Д к датчикам с выходом типа N-P-N с открытым коллектором.

Таблица 6.6 – Основные характеристики прибора МВ110-16Д

Наименование	Значение
Потребляемая мощность, ВА, не более	6
Количество дискретных входов	16
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек	115200
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры прибора, мм	(63x110x73)±1
Масса прибора, кг, не более	0,5
Средний срок службы, лет	8

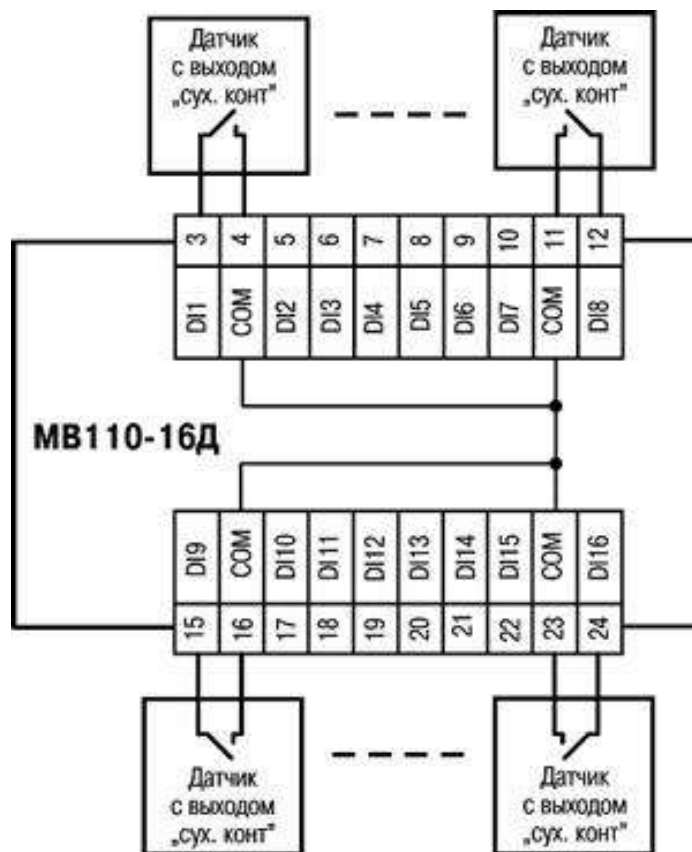


Рисунок 6.8 – Схема подключения прибора MB110-16Д к датчикам с выходом типа «сухой контакт»

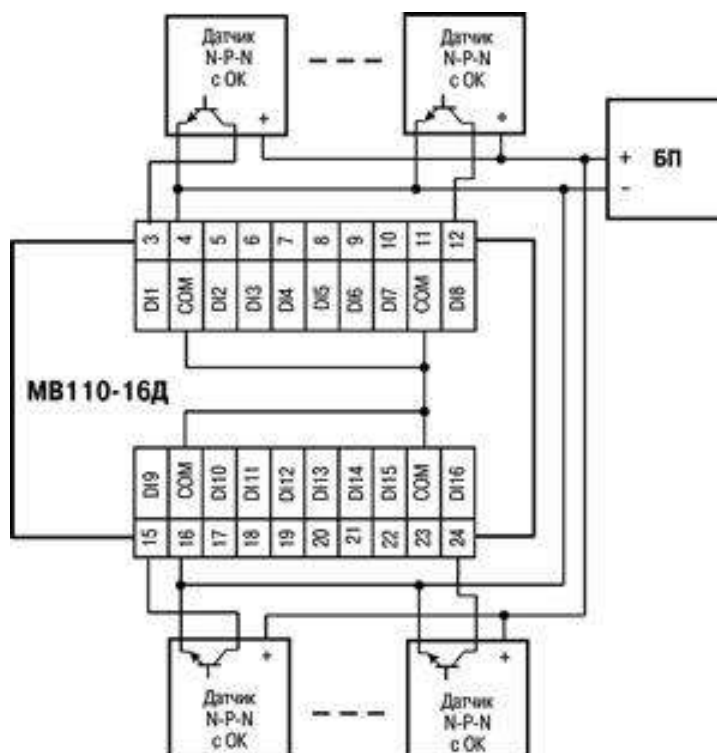


Рисунок 6.9 – Схема подключения прибора MB110-16Д к датчикам с выходом типа N-P-N с открытым коллектором

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ

Лист

60

Таблица 6.7 – Основные характеристики дискретных входов прибора МВ110-16Д

Наименование параметра	Дискретный вход (Д)	Дискретный двунаправленный вход (изолированный) (ДН)
Гальваническая развязка дискретных входов	-	Групповая
Электрическая прочность изоляции дискретных входов, В	-	1500
Максимальная частота сигнала, подаваемого на дискретный вход, кГц	1	
Минимальная длительность импульса, воспринимаемого дискретным входом, мс	0.5 (скважность 2 для частоты 1 кГц)	
Напряжение питания дискретных входов, В	-	24±3
Максимальный входной ток дискретного входа, мА, не более	7	8,5 (при напряжении питания входа 27В)
Ток «логической единицы», мА, не менее	-	4,5
Ток «логического нуля», мА, не более	-	1,5
Сопротивление контакта (ключа) и соединительных проводов, подключаемых к дискретному входу, Ом, не более	100	-
Тип датчика дискретного входа	Коммутационные устройства (контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т.п.). Датчики, имеющие на выходе транзисторный ключ n-p-n- типа (открытый коллектор).	Коммутационные устройства (контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т.п.). Датчики, имеющие на выходе транзисторный ключ n-p-n- типа (открытый коллектор) или p-n-p- типа.

6.7 Программирование ПЛК

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ					61

Перед использованием контроллер необходимо запрограммировать, т.е. создать пользовательскую программу. После создания пользовательская программа может быть сохранена в энергонезависимой Flash-памяти контроллера и запускаться на выполнение после включения питания или перезагрузки. Программирование осуществляется с помощью ПО CoDeSys 3.5. Для связи со средой программирования CoDeSys может использоваться один из интерфейсов контроллера: RS-485-Debug, USB-Device или Ethernet.

Для программирования контроллера необходимо задать адреса переменным в таблице 6.8.

Таблица 6.8 Описание переменных

Адрес	Описание
X1	Кнопка пуска
X2	Датчик разрежения П1
X3	Датчик разрежения П2
X4	Кнопка остановки
Y1	Пуск дымососа и вентилятора
Y2	Остановка дымососа и вентилятора
Y3	Открытие клапана дымососа
Y4	Закрытие клапана дымососа

Согласно выбранных адресов составляем уравнения для построения релейно-контактной схемы рисунок 6.10.

$$Y3 = X1$$

$$Y1 = X1 \cdot Y3$$

$$Y1 = X2 \cdot \overline{Y3}$$

$$Y2 = X3 \cdot \overline{Y4}$$

$$Y2 = X4 \cdot \overline{Y4}$$

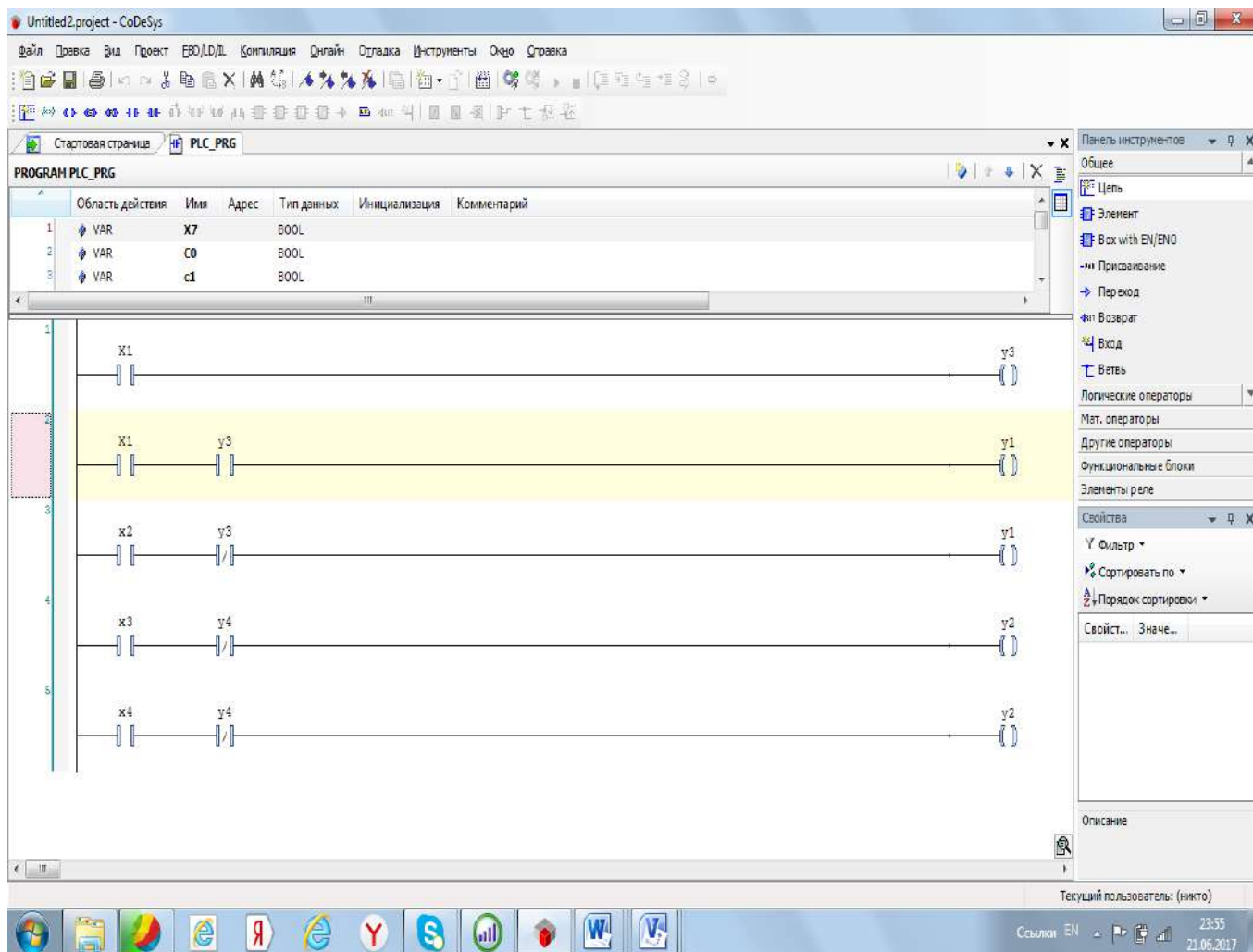


Рисунок 6.10 – Релейно-контактная схема

Выводы по части шесть

В данной части ВКР рассматривается выбор программируемого логического контроллера для управления электроприводами тягодутьевых агрегатов водогрейного котла ДКВР – 6,5-13 а также рассматривается система автоматического управления на оборудовании ОВЕН.

7. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Разработаем принципиальную электрическую схему соединений элементов системы автоматизации и автоматизированного электропривода тягодутьевых механизмов.

На рисунках 7.1 – 7.7 показаны принципиальные схемы подключения модулей ввода/вывода, датчиков и исполнительных механизмов. Принципиальные схемы составлены в соответствии с функциональной схемой автоматизации модернизированной системы тягодутьевых агрегатов водогрейного котла ДКВР-6.5-13.

Выбранные модули расширения (ввод/вывод аналоговых и дискретных сигналов) подключаются к главному контроллеру СПК 110 по сети Modbus (клеммы Modbus A и Modbus B). Также к этой же сети Modbus подключаются преобразователи частоты вентилятора и дымососа (рис. 7.1).

Преобразователи частоты подключены к трехфазной сети переменного тока и питают приводные двигатели вентилятора и дымососа (рис. 7.2).

Питание контроллера СПК 110 и модулей расширения осуществляется от источника питания постоянного напряжения БП30Б-ДЗ-24 (рис. 7.3).

На рисунках 7.3 – 7.7 показано подключение к модулям ввода/вывода необходимых датчиков и исполнительных механизмов.

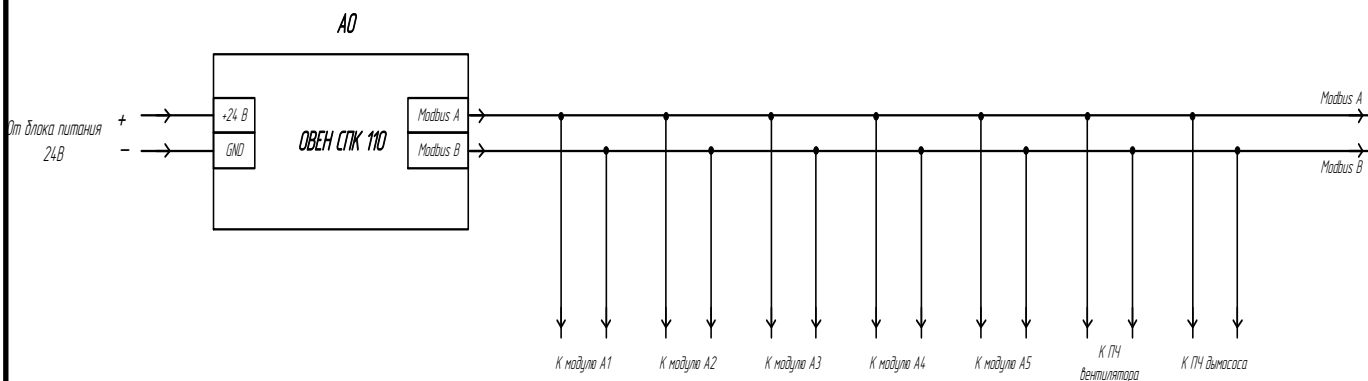


Рисунок 7. 1 – Принципиальная схема подключения контроллера ОВЕН СПК 110 и сети Modbus

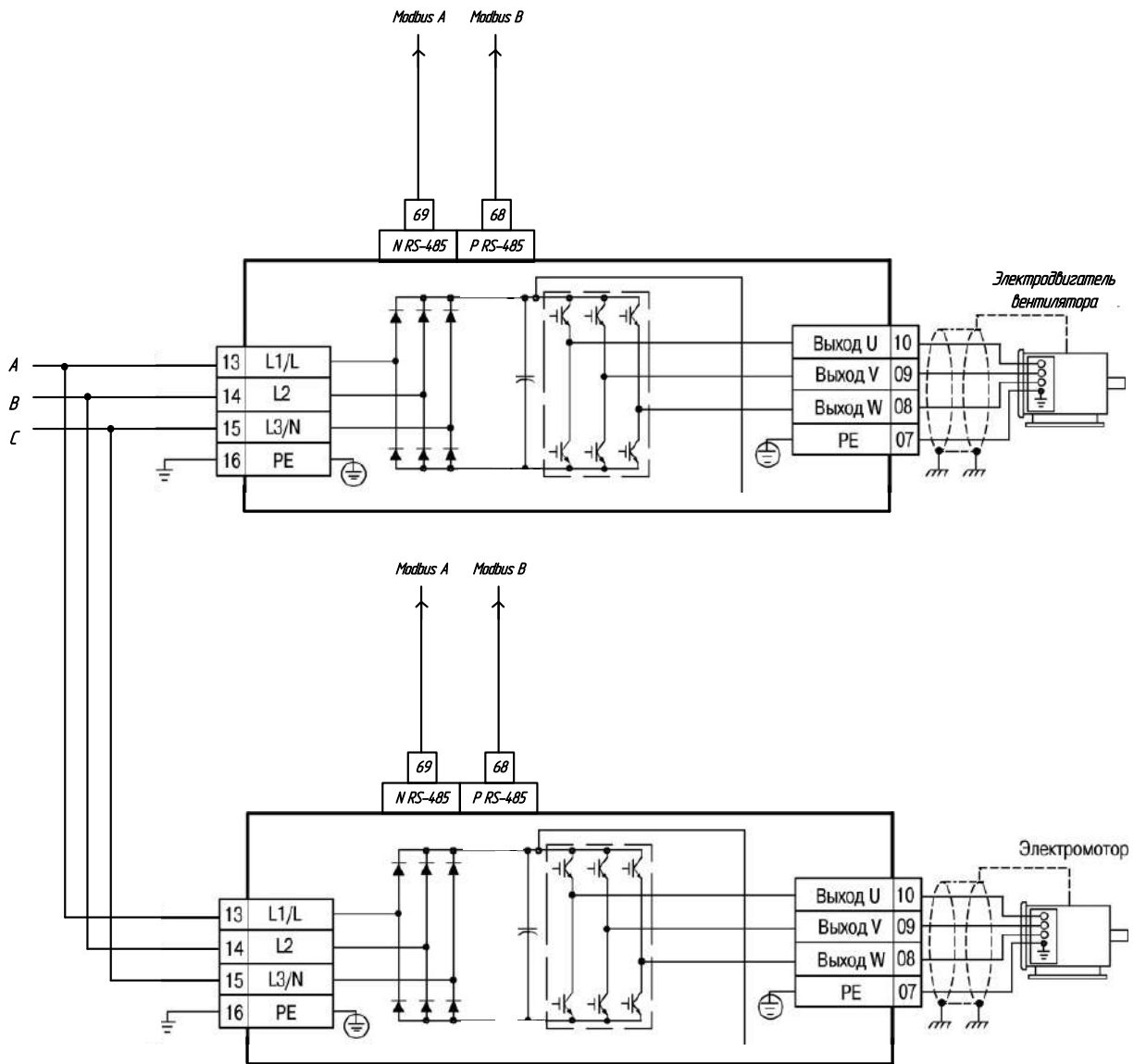


Рисунок 7. 2 – Принципиальная схема подключения преобразователей частоты

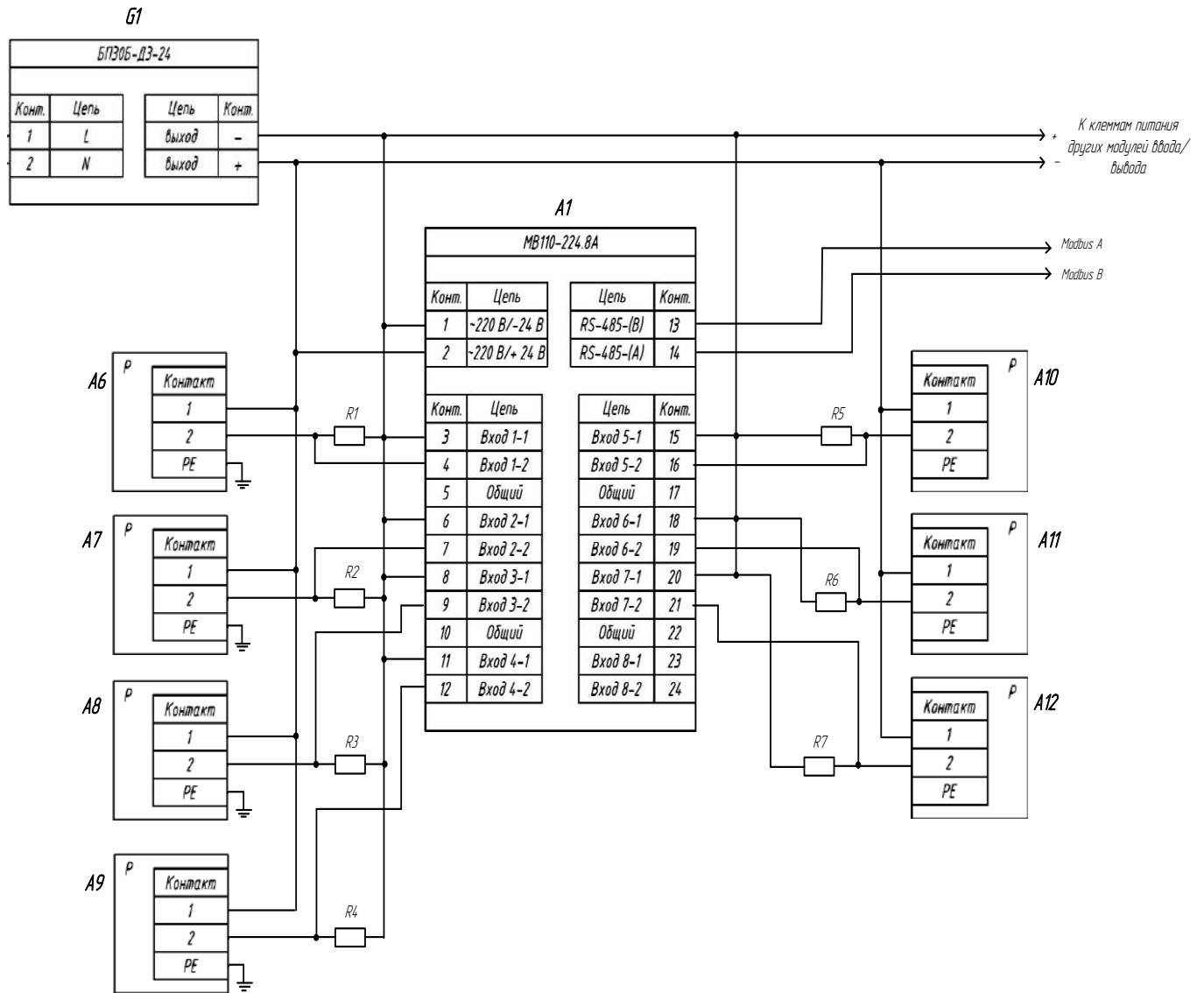


Рисунок 7.3 – Принципиальная схема подключения модуля А1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ

Лист

66

A2

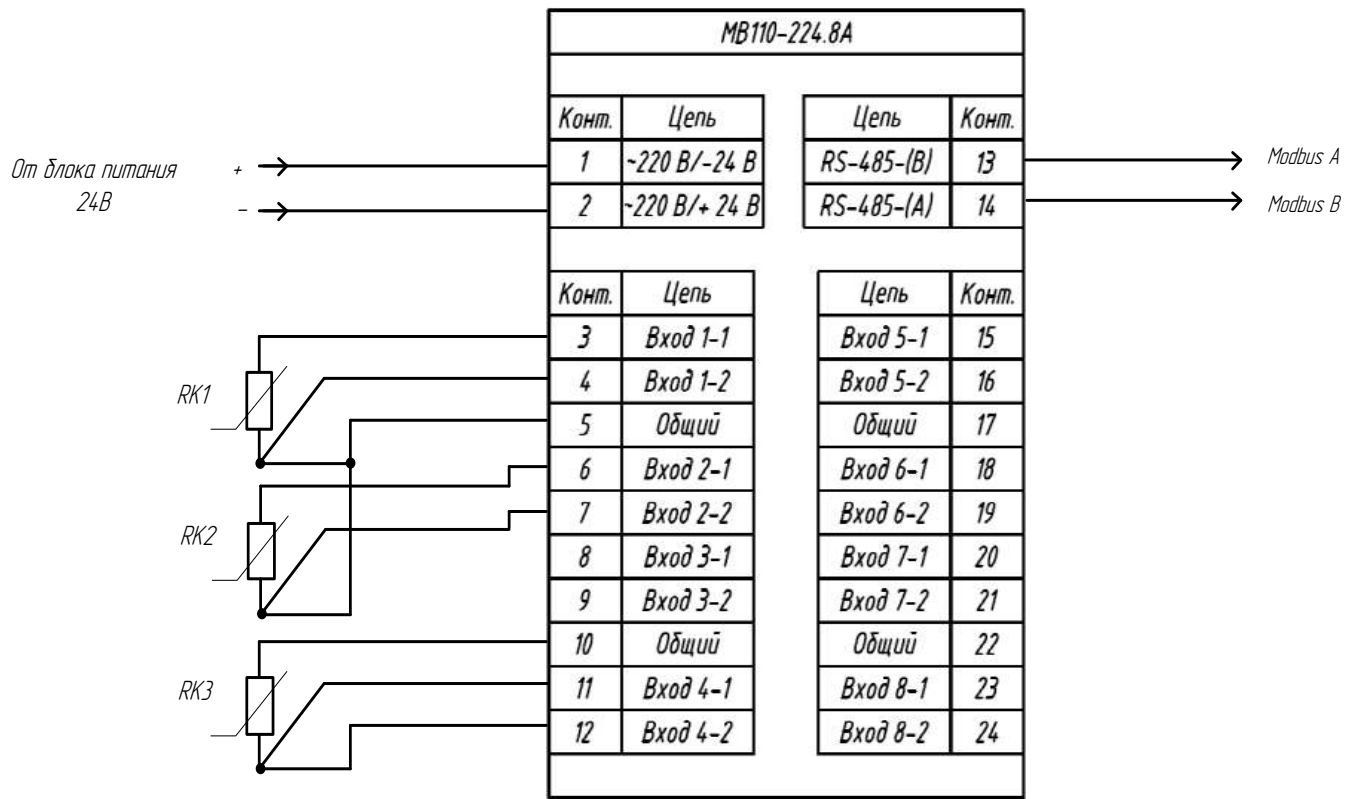


Рисунок 7.4 – Принципиальная схема подключения модуля А2

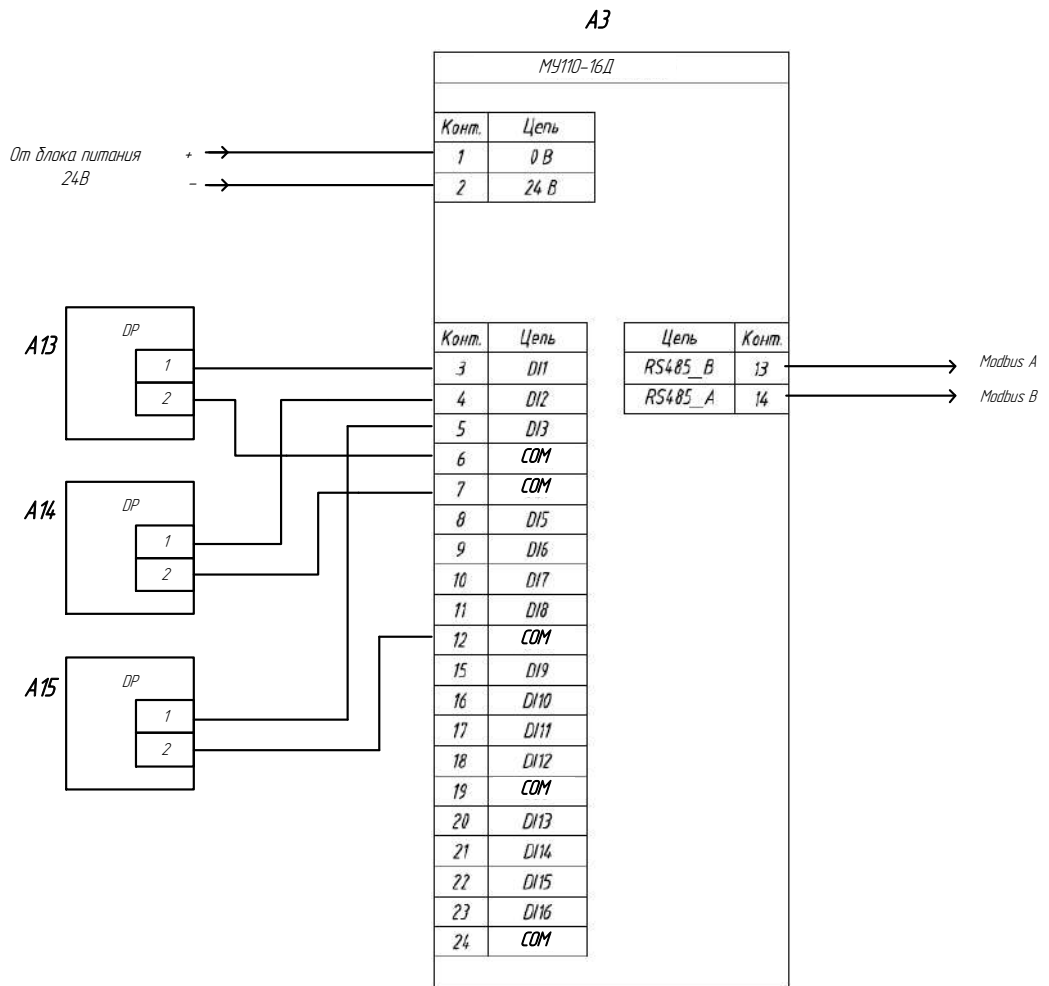


Рисунок 7.5 – Принципиальная схема подключения модуля А3

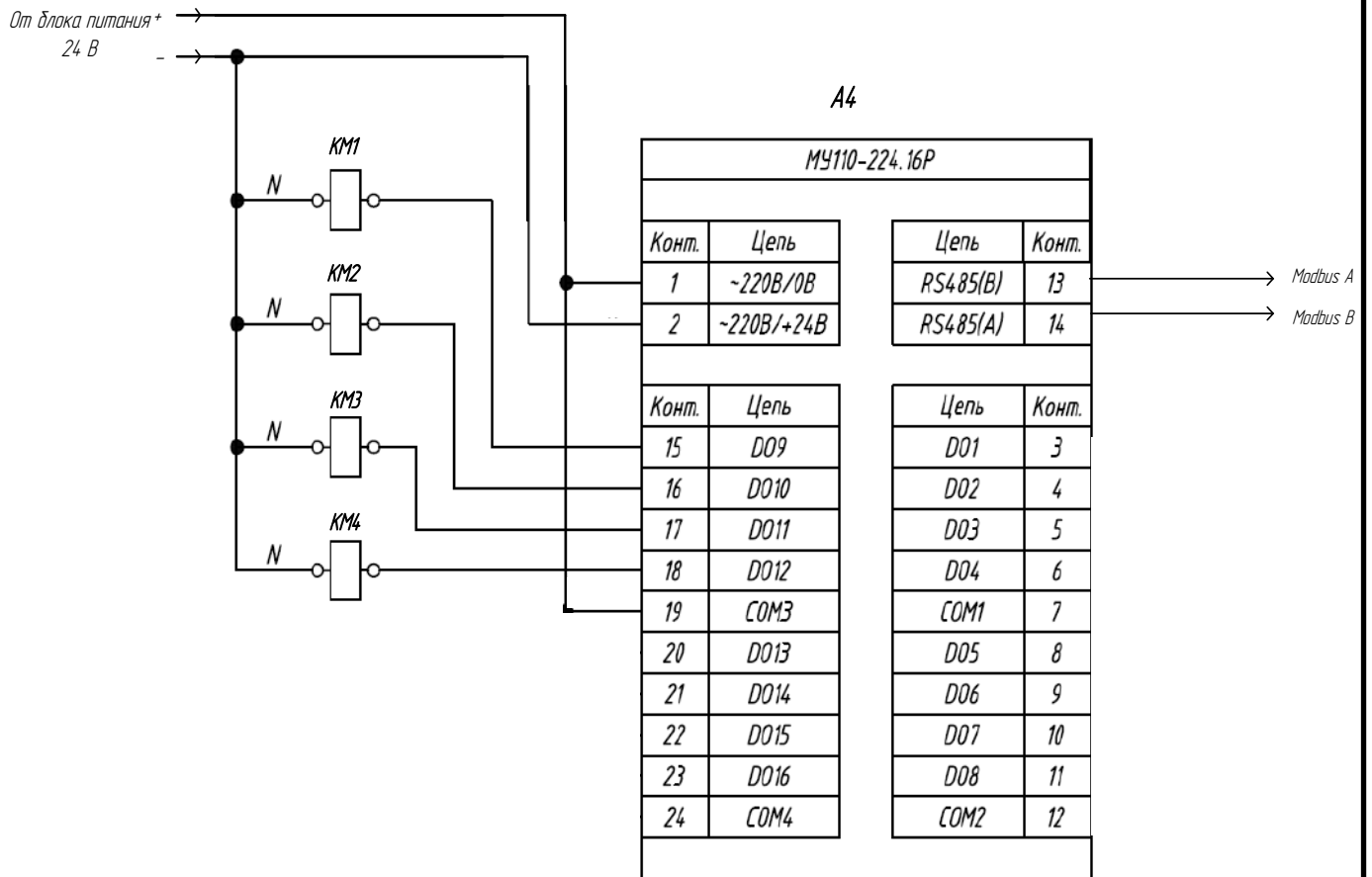


Рисунок 7.6 – Принципиальная схема подключения модуля А4

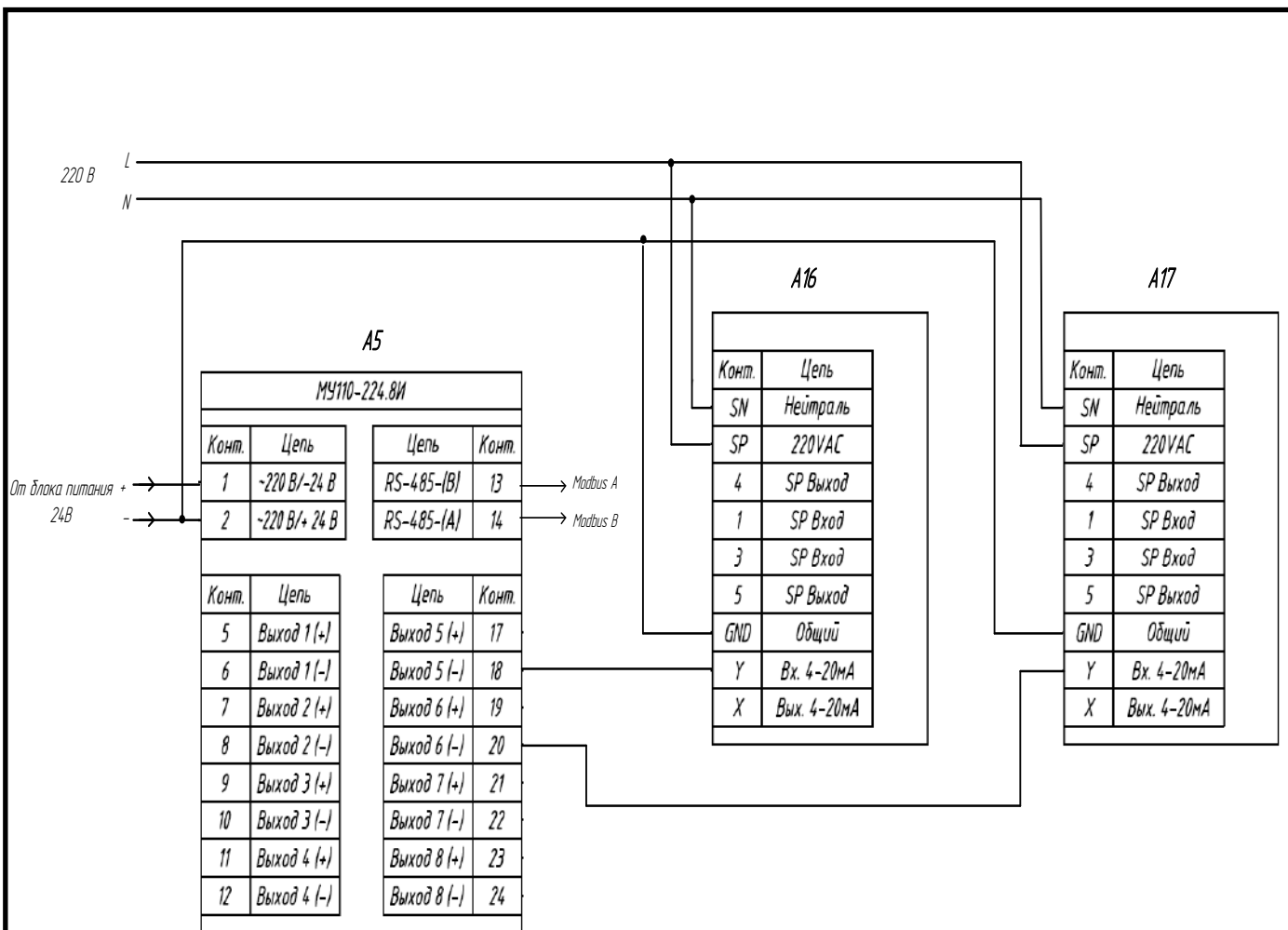


Рисунок 7.7 – Принципиальная схема подключения модуля А5

Выводы по части семь

В данной части ВКР разработана принципиальная электрическая схема соединений элементов системы автоматизации и автоматизированного электропривода тягодутьевых механизмов.

8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

8.1. Общие положения

В результате данной работы разрабатывается система автоматизации котла ДКВР-6.5-13. Причиной разработки системы автоматизации является необходимость модернизации и автоматизации электроприводов тягодутьевого механизма котла. Оценка экономического эффекта, который может быть достигнут после внедрения системы, является необходимой частью данной выпускной работы.

Рассчитаем производственные затраты на разработку системы автоматизации и внедрение ее в производство. Чтобы оценить экономический эффект, необходимо посчитать годовой экономический эффект, срок окупаемости.

Рассмотрение организационно-экономических вопросов необходимо для оценки и обоснования необходимости модернизации системы.

Целью модернизации является изменение режимов регулирования работы вентиляторов, которое позволит снизить энергопотребление системы тягодутьевыми механизмами, используя метод регулирования путем изменения частоты вращения вала рабочего колеса вентилятора и дымососа, позволяет снизить нагрузку на воздухопровод и дымоход и позволяет уменьшить время на текущий ремонт, повысить эффективность процесса горения в котле.

Основными задачами системы управления является обеспечение необходимого разрежения в топке котла, управление всеми элементами (циркуляционный насос, клапана подачи топлива и т.д.) и контроль важных технологических параметров (температура воды, давление воды, воздуха и т.д.).

Предполагаемый объем реализации: единичное производство.

Аналогом для сравнения является существующая система управления котлом ДКВР-6,5-13. Сходные функции выполняет оператор, ремонтный персонал котельной.

Сравнительные характеристики разработки и ее аналога приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Сравнительные характеристики разработки и ее аналога

Критерий сравнения	Разрабатываемая система управления	Существующая система управления
Энергопотребление	На 40%-10% ниже суточного потребления электроэнергии	Суточное потребление электроэнергии
Ремонт используемого оборудования	На 30% реже, за счет щадящего режима работы и плавного пуска	Текущий и плановый

Продолжение таблицы 8.1

Потребность в обслуживании (в сутки)	8 % рабочего времени оператора котельной 10% рабочего времени ремонтного персонала котельной	30 % рабочего времени оператора котельной 15% рабочего времени ремонтного персонала котельной
Надежность	Предусмотрена программа поддержания работоспособности системы	Ниже, влияние человеческого фактора

8.2. Расчет затрат на модернизацию и изготовление

Полные затраты на разработку и изготовление проектируемого изделия включают в себя основную и дополнительную заработную плату, отчисление на социальное страхование, прочие прямые расходы, накладные расходы.

В общем расчет полных затрат производится по формуле:

$$ПЗ = З_{ПР} + З_{К} + З_{С}, \quad (8.1)$$

где ПЗ – полные затраты;

$З_{ПР}$ – производственные затраты;

$З_{К}$ – затраты на комплектующие;

$З_{С}$ – затраты на сборку узла.

Определим все составляющие себестоимости.

8.2.1. Расчет производственных затрат

Одной из составляющих себестоимости разработки является производственные затраты ($З_{ПР}$) на проведение НИР и внедрение в производство.

Они рассчитываются по следующим статьям: затраты на разработку проекта ($З_{ПРОЕКТ}$); затраты на внедрение в производство ($З_{В}$); затраты на отладку ($З_{ОТЛ}$); прочие прямые затраты ($З_{ПРОЧ}$). Для этого используется формула:

$$З_{ПР} = З_{ПРОЕКТ} + З_{В} + З_{ОТЛ} + З_{ПРОЧ}, \quad (8.2)$$

Затраты на отладку ($З_{ОТЛ}$) представляют собой отладку технических средств и составляют приблизительно 5% от стоимости разработки проекта ($З_{ПРОЕКТ}$). Прочие затраты составляют 10% от стоимости разработки проекта ($З_{ПРОЕКТ}$). Определим каждую составляющую.

Расчет затрат на дипломное проектирование производится, исходя из основной заработной платы разработчика и отчислений на социальное страхование. Кроме того, в нее входят накладные расходы, амортизационные отчисления, расходы на электроэнергию и на аренду помещения. Так как практически вся разра-

ботка ведется с помощью ЭВМ, то затраты на проектирование можно рассчитать по формуле:

$$Z_{\text{ПРОЕКТ}} = S \cdot T_p + Z_{\text{П}}, \quad (8.3)$$

где S – стоимость одного часа работы ЭВМ;
 T_p – общее время разработки;
 $Z_{\text{П}}$ – зарплата проектировщику, работающему на ПЭВМ.
 Стоимость одного часа работы ЭВМ рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{Z}{\Gamma}, \quad (8.4)$$

где Z – годовые затраты на эксплуатацию машин;
 Γ – годовой фонд времени работы ЭВМ.
 Годовой фонд времени работы ЭВМ:

$$\Gamma = D \cdot Ч - П, \quad (8.5)$$

где D – количество рабочих дней в году (251);
 $Ч$ – время работы ЭВМ в сутки (8);
 $П$ – время профилактик в течение года.
 Время профилактик в течение года:

$$П = П_{\Gamma} + П_{\text{М}} + П_{\text{Н}} + П_{\text{Д}}, \quad (8.6)$$

где $П_{\Gamma}$ – годовые профилактики (1 раз по 8 часов);
 $П_{\text{М}}$ – месячные профилактики (11 раз по 2 часа);
 $П_{\text{Н}}$ – недельные профилактики (40 раз по 1 часу);
 $П_{\text{Д}}$ – суточные профилактики (нет).

$$П = 1 \cdot 8 + 11 \cdot 2 + 40 \cdot 1 = 70 \text{ часов}$$

$$\Gamma = 249 \cdot 8 - 70 = 1922 \text{ часов}$$

Годовые затраты на эксплуатацию машин рассчитываются по формуле:

$$Z = \Phi_{\text{ЗП}} \cdot K_{\text{ОБСЛ}} + Z_{\text{А}} + Z_{\text{ЭН}} + Z_{\text{Р}} + Z_{\text{М}} + Z_{\text{ПРОЧ}}, \quad (8.7)$$

где $\Phi_{\text{ЗП}}$ – годовой фонд зарплаты обслуживающего персонала с начислениями;
 $K_{\text{ОБСЛ}}$ – поправочный коэффициент обслуживания одной ПЭВМ – 7%;
 $Z_{\text{А}}$ – сумма амортизационных отчислений;
 $Z_{\text{ЭН}}$ – стоимость электроэнергии;
 $Z_{\text{Р}}$ – стоимость ремонта основного и вспомогательного оборудования;
 $Z_{\text{М}}$ – стоимость основных и вспомогательных материалов, необходимых для эксплуатации ПЭВМ;
 $Z_{\text{ПРОЧ}}$ – прочие расходы.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Расчет годового фонда зарплаты обслуживающего персонала.

Годовой фонд зарплаты обслуживающего персонала с начислениями рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{зп} = 12 \cdot \sum_i Ч_i \cdot З_i, \quad (8.8)$$

где $Ч_i$ – численность персонала i -ой категории;

$З_i$ – зарплата одного работника i -ой категории с учетом дополнительной зарплаты и отчислений на социальное страхование.

Список работников, занятых в обслуживании ЭВМ представлен в таблице 8.2.

Таблица 8.2– Список работников, занятых в обслуживании ЭВМ

Категория работников	Количество, чел.	Оклад, руб.
Инженер	1	15250

Среднемесячная заработная плата инженера с учетом начислений рассчитывается по формуле:

$$\Phi = З_0 + З_{доп} + ДПК + О_с, \quad (8.9)$$

где $З_0$ – основная зарплата;

$З_{доп}$ – дополнительная зарплата;

ДПК – доплата по районному коэффициенту;

$О_с$ – отчисление на социальные нужды, 30 %.

Основная зарплата ($З_0$) представляет собой сумму оклада и премии (премия – 30% от оклада). Дополнительная зарплата $З_{доп}$ составляет 15%, а ДПК – 20% от основной зарплаты.

$$О_с = (З_0 + З_{доп} + ДПК) \cdot 0,3, \quad (8.10)$$

Исходя из этого, получаем для инженера:

$З_0 = 13325$ руб.

$З_{доп} = 1998,5$ руб.

ДПК = 2665 руб.

$О_с = 5396,48$ руб.

Рассчитаем зарплату за месяц в соответствии с формулой (8.10):

$\Phi = 23385,38$ руб.

Годовой фонд его зарплаты:

$\Phi_{ЗП} = 280624,38$ руб.

Расчет амортизационных затрат.

$$Z_a = K_O \cdot a + K_{CC} \cdot a^1, \quad (8.11)$$

где K_O – стоимость установленного оборудования;

K_{CC} – стоимость здания;

a, a^1 – нормы амортизационных отчислений.

Перечень используемого оборудования приведен в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Перечень оборудования

Наименование	Цена, руб.	Кол-во, шт.	Стоимость, руб.
Pentium E6500/500Gb/2Gb/SVGA 512Mb	13000	2	13000
Монитор LCD “19” Samsung VW193DR	4800	2	4800
Принтер HP LaserJet 1102 A4	4500	1	4500
Mouse Genius	150	2	150
Клавиатура Genius	200	2	200
Фильтр сетевой PILOT	315	2	315
ИТОГО:			22965

Итак, стоимость вычислительной техники и периферийного оборудования равна 22965 руб. Срок полезного использования данной техники, согласно Постановления Правительства РФ №1 от 1.1.2002 «Классификация основных средств, включаемых в амортизационные группы» составляет от 3 до 5 лет включительно (третья группа, код ОКОФ 143020000, «Техника электронно-вычислительная»), т.о. норма амортизации – от 12 до 33%. Стоимостью амортизации занимаемого помещения от амортизации всего здания можно пренебречь из-за незначительности величины. Тогда:

$$Z_a = 22965 \cdot 0,12 + = 2755,8 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости электроэнергии, потребляемой ЭВМ

$$Z_{ЭН} = \Phi \cdot T \cdot Ц, \quad (8.12)$$

где Φ – мощность установленного оборудования (0,3 кВт – ПЭВМ);

T – время работы оборудования в течение года;

$Ц$ – стоимость киловатт-часа электроэнергии (1,3 руб.);

$$Z_{ЭН} = 0,3 \cdot 1938 \cdot 1,3 = 755,82 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости ремонта оборудования.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Стоимость ремонта основного и вспомогательного оборудования определяется формулой:

$$Z_p = Z_{PH} + Z_{PP} + Z_y, \quad (8.13)$$

где Z_{PH} – стоимость запчастей и материалов, необходимых для профилактических текущих ремонтов и материалов, необходимых для эксплуатации ЭВМ (для упрощения расчета принимается 5% от стоимости ЭВМ);

Z_{PP} – основная и дополнительная зарплата ремонтников (учтена в $\Phi_{ЗП}$);

Z_y – стоимость услуг вспомогательных производств (в нашем случае = 0).

Тогда

$$Z_p = 0,05 \cdot 22965 = 904,75 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости основных и вспомогательных материалов.

Стоимость материалов, необходимых для эксплуатации системы складывается из затрат на приобретение дискет, бумаги для принтера и т.д.

Для упрощения расчетов эти затраты могут быть приняты ориентировочно 1 – 2% от стоимости ЭВМ.

$$Z_M = 0,01 \cdot 22965 = 229,65 \text{ руб.}$$

Расчет прочих затрат.

Прочие затраты в течении времени разработки 3 месяца ($Z_{ПРОЧ}$) формируются вследствие практической эксплуатации, и равны сумме затрат на содержание, освещение, отопление здания и т.д. Расчет прочих затрат приведен в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Расчет прочих затрат

Вид затрат	Сумма затрат, руб.
Затраты на помещение, на освещение и отопление здания	2100
Амортизация используемой мебели (стол, стул и др.)	140
Итого	2240

Подставив полученные значения в формулу (8.7) получим годовые затраты на эксплуатацию машин:

$$Z = 23385,38 \cdot 0,07 + 2755,8 + 904,75 + 904,75 + 229,65 + 2240,00$$

$$= 22571,23 \text{ руб.}$$

Подставив полученные значения в формулу (8.4) получим стоимость часа работы ЭВМ:

$$S = 22571,23 / 1922 = 11,74 \text{ руб.}$$

Время, затраченное на разработку проекта $T_p = 324$ часа.

Список людей, задействованных в разработке, и количество времени, затраченное ими на это, представлен в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Список людей, задействованных в разработке

Наименование	Количество	Кол-во часов, ч	Зарплата за 1 час, руб.	Всего, руб.
Инженер–проектировщик	1	300	155,56	46668,0
Инженер–снабженец	1	24	110,6	2654,4

Подставив полученные значения в формулу (8.3) получим:

$$Z_{\text{ПРОЕКТ}} = 11,74 \cdot 324 + 46668,0 + 2654,4 = 53126,16 \text{ руб.}$$

В статью «Накладные расходы» включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, расходы, связанные с размножением технической документации, расходы на канцелярские принадлежности, которые составляют 15% от суммы по таким статьям, как покупные изделия и материалы, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления, аренда помещения, амортизация оборудования.

Расчет затрат на внедрение в производство.

После проведения НИР необходимо внедрить проект в производство. Для этого необходимо произвести конфигурирование модулей системы управления и провести опытные работы. Затраты на внедрение в производство рассчитываются по формуле 8.14

$$Z_{\text{В}} = Z_{\text{ПП}} + Z_{\text{ПРОЧ}}, \quad (8.14)$$

где $Z_{\text{ПП}}$ – затраты на конфигурирование и опытные работы;

$Z_{\text{ПРОЧ}}$ – прочие затраты составляют 10% от затрат $Z_{\text{ПП}}$.

Затраты на конфигурирование и опытные работы вычисляются аналогично затратам на проектирование по формуле (8.3).

При вычислениях используются следующие данные: зарплата инженера-проектировщика, занимающегося разработкой системы 155,56 руб. в час; время необходимое на конфигурирование и опытные работы– 80 часов; при разработке используется только ЭВМ. Принимая во внимание в расчете выше перечисленные данные, затраты равны:

$$Z_{\text{ПП}} = 11,74 \cdot 80 + 155,56 \cdot 80 = 13384,36 \text{ руб.}$$

Подставив полученные значения в формулу (8.14) затраты на внедрение в производство равны:

$$Z_{\text{В}} = 13384,36 + 1338,44 = 14722,8 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на отладку.

Стоимость затрат на отладку составляет 10% от стоимости разработки проекта:

$$Z_{\text{ОТЛ}} = 53126,16 \cdot 0,1 = 5312,62 \text{ руб.}$$

Расчет прочих затрат.

Стоимость прочих затрат составляет 10% от стоимости разработки проекта:

$$Z_{\text{ПРОЧ}} = 53126,16 \cdot 0,1 = 5312,62 \text{руб.}$$

Таким образом, производственные затраты согласно формуле (8.2) равны:

$$Z_{\text{ПР}} = 53126,16 + 14722,8 + 5312,62 + 5312,62 = 78474,20 \text{руб.}$$

8.2.2. Расчет затрат на комплектующие

Стоимость всех комплектующих представлена в виде таблицы 8.6.

Таблица 8.6 – Стоимость комплектующих

Наименование	Количество, штук	Цена, т.руб.	Стоимость, руб.
Частотный преобразователь вентилятора	1	85.0	85.0
Частотный преобразователь дымососа	1	100.0	100.0
Комплект дополнительных элементов для подключения частотного преобразователя вентилятора	1	50.0	50.0
Комплект дополнительных элементов для подключения частотного преобразователя дымососа	1	45.0	45.0
Комплект программируемого логического контроллера с модулями расширения и панелью оператора	1	200.0	200.0
Комплект датчиков	1	100.0	100.0
Шкаф и комплект для его сборки	1	100.0	100.0
Итого:			680 т. руб.

Стоимость комплектующих, необходимых для схемотехнической реализации системы равна:

$$Z_{\text{К}} = 680\,000,00 \text{руб.}$$

8.2.3. Расчет затрат на сборку узла

Расчет производится аналогично расчету затрат на проектирование. При расчете используются следующие данные: стоимость одного часа использования рабочего места монтажника радиоэлектронной аппаратуры и приборов.

Стоимость зависит от разряда работ и тарифной сетки. Данные о стоимости одного часа использования рабочего места монтажника радиоэлектронной аппаратуры, слесаря сборщика приведены в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Стоимость одного часа использования рабочего места монтажника радиоэлектронной аппаратуры, слесаря сборщика

Наименование работ	Разряд работ	Тарифная сетка	Стоимость, руб./час
Сборка плат системы управления	5	369	89,96
Пайка	5	369	89,96
Прокладка проводов	3	319	68,12

Время выполнения операций и их стоимость приведены в таблице 8.8.

Таблица 8.8 – Время выполнения операций и их стоимость

Наименование работ	Разряд работ	Тарифная сетка	Количество операций	Время выполнения, час.	Стоимость руб.
Сборка платы системы управления	5	369	352	23	2069
Пайка элементов	5	369	1523	60	5397
Прокладка проводов	3	319	103	10	681,2

Таким образом, на монтаж комплектующих необходимо 93 часа, стоимость всех работ составляет 8147,2 руб. Тогда затраты на сборку узла согласно формуле (8.3) с учетом что пайка осуществляется 60 часов равны:

$$Z_D = 2,3 \cdot 60 + 8147,2 = 8285,2 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление и сборку составляют:

$$Z_C = 8285,2 + 560,30 = 8845,5 \text{ руб.}$$

Исходя из полученных данных, найдем полные затраты на разработку

$$ПЗ = 78474,20 + 477840,00 + 8845,5 = 565159,70 \text{ руб.}$$

8.3. Определение экономического эффекта

Экономическая эффективность достигается за счет применения системы управления с частотным регулированием.

8.3.1. Расчет текущих затрат при использовании существующей системы управления

Затраты включают заработную плату оператора котельной и ремонтного персонала котельной, количество потребляемой энергии установленным оборудованием, стоимость комплектующих на ремонта оборудования.

$$Z = Z_{OK} + Z_{OP} + Z_{PE} + Z_{KO}, \quad (8.15)$$

где Z_{OK} – затраты на заработную плату оператора котельной (табл. 8.9);
 Z_{OP} – затраты на заработную плату ремонтного персонала котельной (табл. 8.9);
 Z_{PE} – затраты на потребляемую энергию;
 Z_{KO} – затраты на комплектующие на ремонт.

Таблица 8.9 – Данные для расчета зарплаты персонала котельной

Наименование	Количество	Кол-во часов, ч	Зарплата за 1 час, руб.	Всего, руб.
Оператор котельного оборудования	3	720	155,2	111744,0
Ремонтный персонал котельной	4	720	150,6	108432,0

При расчете затрат на заработную плату персонал котельной будем учитывать: что работа системы осуществляется круглосуточно; операторы задействована за контролем и управлением тягодутьевыми агрегатами на 30% от всего рабочего времени; ремонтный персонал на 15%.

Годовые затраты будут составлять:

$$Z_{OK} = 12 \cdot 0,3 \cdot 111744,0 = 402278,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{OP} = 12 \cdot 0,15 \cdot 108432,0 = 195177,0 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию будут составлять сумму затраты на потребление вентилятором и дымососом котла в зависимости от загруженности и от времени суток:

$$Z_{PE} = 2550565,5 \text{ руб.}$$

Затраты на комплектующие для ремонта и планового ремонта будут составлять 86500,0руб.

Итак, текущие затраты на использовании существующей системы автоматизации

$$Z = Z_{OK} + Z_{OP} + Z_{PE} + Z_{KO} = 402278,4 + 195177 + 2550565,5 + 86500,0 = 3234520,9 \text{ руб.}$$

8.3.2. Расчет текущих затрат при использовании разрабатываемой системы управления

Затраты включают заработную плату оператора котельной и ремонтного персонала котельной, количество потребляемой энергии установленным оборудованием,

ния, стоимость комплектующих на ремонта оборудования. Для расчета воспользуемся формулой 8.15

Таблица 8.10 – Данные для расчета зарплаты персонала котельной.

Наименование	Количество	Кол-во часов, ч	Зарплата за 1 час, руб.	Всего, руб.
Оператор котельного оборудования	3	720	155,2	111744,0
Ремонтный персонал котельной	4	720	150,6	108432,0

При расчете затрат на заработную плату персонал котельной будем учитывать что работа системы осуществляется круглосуточно, управление осуществляется автоматически и применяются более щадящие режимы работы и управления; операторы задействованы за контролем и управлением на 8% от всего рабочего времени; ремонтный персонал на 10%.

Годовые затраты будут составлять:

$$Z_{OK} = 12 \cdot 0,3 \cdot 111744,0 = 402278,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{OP} = 12 \cdot 0,15 \cdot 108432,0 = 195177,0 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию будут составлять сумму затраты на потребление вентилятором и дымососом котла в зависимости от загрузки и от времени суток:

$$Z_{PE} = (2040 + 51,3 + 187) \cdot 1,7 \cdot 365 = 1413685,15 \text{ руб.}$$

Затраты на комплектующие для текущего и планового ремонта будут составлять 70% от затрат на существующую систему.

$$Z_{KP} = 86500,0 \cdot 0,7 = 60550 \text{ руб.}$$

Итак, текущие затраты на использование проектируемой системы управления

$$Z = Z_{OK} + Z_{OP} + Z_{PE} + Z_{KO} = 402278,4 + 195177,0 + 1413685,15 + 60550,0 = 2071690,4 \text{ руб.}$$

8.3.3. Расчет показателей эффективности

Рассчитаем чистый дисконтируемый доход (ЧДД). ЧДД – это доход, приведенный к началу реализации проекта. Определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \frac{\sum_{t=1}^n (P(t) - Z(t))}{(1 + E)^t}, \quad (8.19)$$

где P - результаты, достигаемые на t-ом шаге расчета (Z_d);

Z – затраты (ЗТЕК + ПЗ);

E - норма дисконта (E=10% устанавливается Центральным Банком);

t - время =1 (так как срок реализации 1 год).

Для разработанного проекта ЧДД равен:

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ					

$$\text{ЧДД} = \frac{3234520,9 - 2071690,4 - 565159,70}{(1+0,1)^1} = 543337,1 \text{ руб.}$$

ИД представляет из себя отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений. Если ИД > 1, проект эффективен, если ИД < 1 – не эффективен.

$$\text{ИД} = \frac{1}{k} \cdot \frac{\sum_{T=i}^n (P(t) - Z(t))}{(1+E)^t} = \frac{1}{k} \cdot \text{ЧДД}, \quad (8.20)$$

где k - величина капитальных затрат и равна 565159,70руб.

Получим: ИД = 1,63.

Внутренняя норма доходности (ВНД) показывает ту норму дисконта, при которой величина приведенных эффектов равна величине приведенных затрат.

$$\text{ВНД} = \frac{\sum_{T=i}^n (P(t) - Z(t))}{(1+E)^t} = \sum_{T=i}^n \frac{k}{(1+E)^t}, \quad (8.21)$$

Найдем норму дисконта для разрабатываемого проекта, для этого ЧДД приравняем к величине приведенных капиталовложений и получим:

$$|E_{\text{вн}}| = \left| \frac{k - \text{ЧДД}}{\text{ЧДД}} \right| = \left| \frac{565159,70 - 543337,1}{543337,1} \right| = 0,04.$$

8.3.4. Расчет годового экономического эффекта и срока окупаемости

Срок окупаемости может быть рассчитан как отношение затрат на создание проекта и годовых эксплуатационных затрат проектируемого варианта к существующим затратам:

$$T = \frac{Z(t)}{P(t)}, \quad (8.22)$$

$$T = \frac{2071690,4 + 565159,70}{3234520,9} = 0,82 \text{ года или около 10 месяцев.}$$

Экономический эффект от работы данного проекта составит:

$$\mathcal{E}_s = P(t) - Z(t) \quad (8.23)$$

$$\mathcal{E}_s = 3234520,9 - 2071690,4 - 565159,70 = 597670,81 \text{ руб.}$$

Сведем показатели экономической эффективности в таблицу 8.11.

Таблица 8.11 – Показатели экономической эффективности

Наименование	Величина
Чистый дисконтированный доход, руб.	543337,1
Индекс доходности, коэффициент	2,63
Норма дисконта проекта, коэффициент	0,04
Срок окупаемости, год	0,82

Экономический эффект, руб	597670,81
---------------------------	-----------

На основании технико-экономического обоснования и расчетов очевидна выгода создания данного проекта. Сравнение с предложениями других компаний также подтверждает выгоду реализации выбранного варианта модернизации.

Выводы по части восемь

В данной части был проведен экономический анализ целесообразности закупки и внедрения системы автоматизации котла ДКВР-6.5-13, а именно, произведена оценка годовой производительности котла, рассчитаны капитальные затраты на оборудование, определена экономическая эффективность использования выбранной системы электропривода и срок окупаемости оборудования. Проведенные расчеты доказывают целесообразность внедрения новой системы электропривода, в частности, малый срок окупаемости капиталовложений, а также новый электропривод, обладающий лучшими характеристиками и высокой надежностью должен повысить производительность котла, на котором он будет установлен, за счет экономии времени на технологическое обслуживание, т. е. за счет времени бесперебойной работы котла.

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

9.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте

В условиях котельной, где эксплуатируется котел ДКВР-6,5-13 используется различное оборудование, работа которого представляет опасность для обслуживающего персонала. Проведя анализ опасных и вредных производственных факторов, при выполнении рассматриваемых технологических процессов, обнаруживаем вероятность производственного травматизма, а именно:

1. Поражение инструментом или движущимися частями оборудования.
2. Ожоги.
3. Поражение электрическим током.
4. Поражение кожного покрова в результате попадания на него СОЖ.
5. Поражение дыхательных путей СОЖ и пылью в результате плохой вентиляции.
6. Недостаточная освещенность рабочего места.

Улучшение условий труда, повышение его безопасности влияют на результаты производства – на производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции. Поэтому охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются важнейшими задачами.

При работе в котельной работники подвергаются комплексному воздействию ряда физических, химических и психофизиологических опасных и вредных производственных факторов.

Движущиеся части производственного оборудования, повышенное напряжение в электроцепи, высокая температура поверхности котла и труб теплоснабжения относятся к категории физически опасных факторов.

Физически вредными производственными факторами, характерными для котельной, являются: повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность, наличие прямой и отраженной блескости.

К психофизиологическим вредным производственным факторам относятся: физические перегрузки при установке и съеме крупногабаритных деталей во время профилактических и ремонтных работ, напряжение зрения, монотонность труда.

Между вредными и опасными производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Наличие вредных факторов способствует проявлению травмоопасных факторов. Так, например, производственный шум, превышающий допустимые нормы, неблагоприятно действует на нервную систему человека, вызывает профессиональные заболевания и вместе с этим ослабляет его внимание, затрудняет восприятие звуковых предупредительных сигналов, что связано с повышенной опасностью травмирования.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Таким образом, опасные и вредные производственные факторы следует рассматривать в их взаимосвязи и принимать все необходимые меры, предупреждающие возможность их проявления в процессе работы.

Нормализация параметров микроклимата и чистота воздуха обеспечивается приточно-вытяжной общеобменной вентиляцией, а также местным отсасывающим устройством – туманоуловителем, удаляющим вредные вещества непосредственно из зоны обработки. В таблице 9.1 приведены основные параметры микроклимата производственного участка.

Основные показатели микроклимата в холодное и теплое время года соответствуют нормам СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 9.1 – Микроклимат участка

№	Показатели	Фактическое значение	Норматив
1	Температура воздуха, С ⁰		
	Теплое время года	20	18-20
	Холодное время года	17	16-18
2.	Относительная влажность воздуха, %		
	Теплое время года	60	60-40
	Холодное время года	50	60-40
3.	Скорость движения воздуха, м/с		
	Теплое время года	0,3	0,3
	Холодное время года	0,3	0,3

В связи с тем, что в теплое время года значение температуры воздуха и влажности находится на верхней границе нормативных, то в качестве профилактических мер рекомендуется использовать дополнительное проветривание помещений.

В таблице 9.1 приведен количественный анализ вредных производственных факторов.

Таблица 9.2 – Количественный анализ вредных производственных факторов

№	Опасные факторы	Фактическое значение	Норматив
1.	Производственная освещенность	фон - темно-синий; контраст - средний; освещенность: 470 лк	фон - светлый; контраст - средний; освещенность: 500-600 лк
2.	Шум	f = 31.5 Гц; L = 100 Дб; f = 800 Гц; L = 70 Дб	f = 31.5 Гц; L < 107 Дб; f = 1000 Гц; L < 69 Дб

Продолжение таблицы 9.2

3.	Вибрация	$f = 11 \text{ Гц};$ $L = 100 \text{ Дб}$	$f = 8 \text{ Гц};$ $L < 115 \text{ Дб}$
4.	Опасность поражения электрическим током	$U = 380 \text{ В}$	$U = 380 \text{ В}$

Из таблицы 9.2 видно, что не все фактические значения производственных факторов находятся в пределах допустимых.

С целью устранения вредных факторов можно предложить следующие мероприятия:

1. Улучшение производственной освещенности – перекрасить стены в котельной в светлый цвет, что позволит привести значение освещенности на рабочем месте в соответствие с нормативным, без применения дополнительного освещения;

2. Исключение опасности поражения электрическим током – всё оборудование должно быть заземлено, все работы должны проводиться только в специальной одежде и рукавицах, возле металлорежущего оборудования должны быть постелены резиновые коврики.

3. Уменьшение производственного шума и вибрации – все трущиеся механизмы должны быть хорошо смазаны, где необходимо должны быть установлены детали из неметаллических материалов. Ослабление шума от вытяжной вентиляции достигается плавностью движения воздушного потока, плавными переходами в местах изменения направления трубопровода.

К основным причинам возникновения пожара в котельной можно отнести:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- самовозгорание;
- конструкционные недостатки оборудования.

В котельной стены из железобетонных плит. Внутри котельной стены окрашиваются огнеупорной краской. Перегородки изготавливаются из негорючих веществ. В котельной предусмотрены: пожарный проезд шириной 5 метров, ворота, двери, которые открываются из помещения и обеспечивают подъезд пожарных средств к очагу пожара. Также предусмотрена спринклерная система пожаротушения, датчики которой реагируют либо на повышение температуры, либо на повышение задымленности. Для тушения пожара используются такие индивидуальные средства: огнетушители, песок. Для тушения начинающихся пожаров применяются огнетушители марки Ю-5, которые специально предназначены для тушения очагов пожаров всех видов горючих веществ и электроустановок. Пожарная безопасность обеспечивается согласно ГОСТ 12.1.007-76.

9.2. Расчет необходимого воздухообмена

Для обеспечения чистоты воздуха и заданных метеорологических условий для физических работ средней тяжести с энергозатратами до 172-293 Дж/с (150-250 ккал/ч) в помещении котельной предусмотрена общеобменная приточно-вытяжная механическая вентиляция.

Для очистки приточного атмосферного воздуха от различных частиц и пыли применяется циклон. Для очистки вентиляционных выбросов применяют масляный фильтр. Для локализации мелкой пыли, стружки и аэрозолей СОЖ, образующихся при обработке резанием и для того, чтобы исключить их выброс в атмосферу, установлены туманоулавители.

9.2.1 Виды очистки воздуха

Промышленные вредности в виде пыли, дыма и газов приводят к загрязнению окружающего воздушного бассейна. Для предотвращения загрязнения окружающего воздушного бассейна, а также воздуха производственных помещений применяется очистка воздуха.

Очистка воздуха от пыли может быть грубой, средней и тонкой. При грубой очистке задерживается крупная пыль (размером частиц более 100 микрометров (мкм), при средней - до 100 мкм, при тонкой до 10 мкм.

9.2.2 Виды газоочистительных аппаратов

Очистка воздуха от взвешенных частиц производится при помощи газоочистительных аппаратов-пылеуловителей и фильтров.

К механическим пылеуловителям относятся: пылесадительные камеры, циклоны и прочие.

Для очистки больших масс газов (дымовые газы, пыль сушилок) применяют батарейные циклоны, состоящие из большого числа циклонных элементов.

Применяются для сухого пылеулавливания ротационные пылеуловители - аппарат центробежного действия, который одновременно с перемещением воздуха очищает его от относительно крупных (более 5-8 мкм) фракций пыли; обычно совмещаются с вентилятором - требуют меньших площадей для размещения их.

Фильтры – это устройства, в которых запыленный воздух пропускается через пористые, сетчатые материалы и конструкции способные задерживать или осаждать пыль. Фильтры наиболее эффективны и задерживают пыль менее 10 мкм и применяются для тонкой очистки. Применяются: бумажные фильтры: эффективность 98-99%; тканевые фильтры, в которых воздух пропускается через стенки тканевых рукавов (вязаных, тканевых) - эффективность до 99%, выпускается 17 марок, применяются специальные ткани (додерон, гризутен, вольррил) выдерживающие температуру 150 град.; выпускаются тканевые фильтры, представляющие собой камеры с карманами - компактны; масляные фильтры, в них воздух пропускается через кассеты из пористого материала, смоченного веретенным или вазе-

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

линовым маслом; эффективность очистки 95-98 %; электрофильтры улавливают частицы около 0,01 мкм, эффективность их до 99%; выпускаются 13 марок, каждая до 33 типоразмеров.

На основе фильтров для очистки воздуха от туманов (паров) кислот, щелочей, масел и др. жидкостей используются туманоуловители, в которых жидкости осаждаются на поверхности пор фильтрующих элементов и стекают под действием сил тяжести.

9.2.3 Расчет системы механической вентиляции

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 все производственные помещения должны вентилироваться. Расчет системы механической вентиляции проводится через расчет необходимого в производственном помещении воздухообмена.

Для данного производственного помещения вредными являются тепло и влаговыведение от работающего оборудования и людей.

$$Q_{\text{рад}} = Q_{\text{рад.ост.}} + Q_{\text{рад.отр.}}$$

где: $Q_{\text{рад}}$ - тепло солнечной радиации;

$Q_{\text{рад.ост.}}$ - тепло солнечной радиации для остекленных поверхностей;

$Q_{\text{рад.отр.}}$ - тепло солнечной радиации для покрытий.

$Q_{\text{рад.ост.}} = F_{\text{ост}} \cdot \rho_{\text{ост}} \cdot A_{\text{ост}}$; $Q_{\text{рад.отр.}} = F_{\text{отр}} \cdot \rho_{\text{отр}}$; $F_{\text{ост}}$, $F_{\text{отр}}$ - поверхности, занимаемые остеклением и поверхностями соответственно;

$\rho_{\text{ост}}$, $\rho_{\text{отр}}$ - радиация через 1м² поверхности с остеклением и покрытием соответственно;

$A_{\text{ост}}$ - коэффициент, учитывающий характер и степень остекления.

Для окон, ориентированных на запад и восток:

$$\rho_{\text{ост}} = 0,168 \text{ кВт/м}^2; A_{\text{ост}} = 1,45 \cdot 0,7 = 1,015, \text{ где:}$$

1,45 - поправочный коэффициент на одинарное остекление;

0,7 - поправочный коэффициент на загрязнение окон.

Для бесчердачного покрытия:

$$\rho_{\text{отр}} = 0,014 \text{ кВт/м}^2 \cdot \text{ч.}$$

$$Q_{\text{рад}} = 1800 \cdot 0,168 \cdot 1,015 + 72 \cdot 144 \cdot 0,014 = 451,1 \text{ кВт.}$$

Теплопотери в холодный период года составляют: $q_n = 323,25 \text{ кВт.}$

Количество влаги, выделяемой в помещении от работающего технологического оборудования при охлаждении эмульсией, определяют из расчета 150 г на 1 кВт установленной мощности.

Количество влаги, выделяемой людьми при работе средней тяжести, обычно составляет 160 г/ч на 1 работающего. Тогда:

$$G_{\text{вл}} = 0,15 \cdot N_{\text{уст}} + 0,16 \cdot N = 0,15 \cdot 1800 + 0,16 \cdot 171 = 297,36 \text{ кг/ч.}$$

Количество тепла, выделяющегося в котельной от оборудования, при охлаждении эмульсией: $Q_1 = N_{\text{уст}} \cdot \alpha \cdot \eta$, где:

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

α - доля тепловыделения, %; $\alpha = 0,2$; η - КПД.

$$Q_1 = 1800 \cdot 0,2 \cdot 1 = 360 \text{ кВт.}$$

Количество тепла, выделяемого работающими людьми:

$$Q_2 = 0,116 \cdot N, \text{ где: } 0,116 - \text{теповыделение от одного человека, кВт.}$$

$$Q_2 = 0,116 \cdot 2 = 0,232 \text{ кВт.}$$

Общее количество тепла, выделяемое в холодный период года:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 = 360 + 0,232 = 360,232 \text{ кВт.}$$

Удельное количество тепла на единицу объема помещения с учетом теплопотерь:

$$g_{уд} = \frac{Q_{\Sigma} - q_n}{V} = \frac{360,232 - 323,25}{34000} = 0,001 \text{ кВт/м}^3.$$

Таким образом, в котельной, согласно СН245-71, в холодный период года температура воздуха в рабочей зоне $t_{pz} = 15 - 20^{\circ} \text{C}$, $\varphi \leq 75\%$, $V = 0,5 \text{ м/с}$.

Принимаем $t_{pz} = 15^{\circ} \text{C}$, $\varphi = 60\%$, $V = 0,5 \text{ м/с}$.

Влажесодержание воздуха $d_{yx} = 8 \text{ г/кг}$.

Необходимый воздухообмен по влаге:

$L_{вл} = G_{вл} \cdot \frac{1000}{d_{yx} - d_{пр}}$, где: d_{yx} , $d_{пр}$ - влажесодержание приточного и удаляемого воздуха соответственно, г/м^3 .

$$\text{Тогда } L_{вл} = 297,36 \cdot \frac{1000}{9,8 - 1,2} = 34153 \text{ м}^3/\text{ч} = 9,48 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определяем воздухообмен, необходимый для компенсации тепловыделений:

$$L_T = \frac{q_{изб}}{C_p \cdot (t_{выт} - t_{pz})}, \text{ где: } C_p - \text{удельная объемная теплоемкость воздуха, Дж/м}^2 \cdot \text{с}$$

$t_{выт}$, t_{pz} - температура приточного и уходящего воздуха, соответственно, $^{\circ}\text{C}$.

$$\text{Тогда } L_T = \frac{376,7 - 323,25}{1,208 \cdot (18 - (-15))} = 1,42 \text{ м}^3/\text{с} = 5112,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$V_i = \frac{V}{N} = \frac{42544}{144} = 295 > 40 \text{ м}^3.$$

Кратность воздухообмена: $\frac{L}{N}$

$$\frac{L_{вл}}{V} = \frac{34153}{85017,6} = 0,4 \text{ и } \frac{L_T}{V} = \frac{5112}{85017,6} = 0,06, \text{ приближаются к единице.}$$

На основании выполненных расчетов делаем вывод, что искусственный воздухообмен не обязателен. Только в зимний период можно ограничиться периодическим проветриванием помещения.

Расчет для летнего периода выполняется по тепловыделениям:

$$Q_{изб\Sigma} = Q_{изб} + Q_{рад} = 376,7 + 452,1 = 828,8 \text{ кВт.}$$

Согласно СН245-71, $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в рабочей зоне в летний период может превышать $t^{\circ}\text{C}$ наружного воздуха не более чем на 3° . Температура наружного воздуха = $22,3 t^{\circ}\text{C}$.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Определим необходимый воздухообмен:

$$L_{\text{л}} = \frac{828,8}{1,208 \cdot (25,3 - 22,3)} = 228,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для поддержания параметров воздушной среды в производственном помещении, согласно СН245-71, будет осуществляться общеобменная механическая вентиляция.

Принимаем сопротивление сети равным 120 Н/м^2 .

$L_{\text{в}} = K_{\text{н}} \cdot L$, где: $L_{\text{в}}$ - производительность вентилятора; $K_{\text{н}}$ - коэффициент потерь; $K_{\text{н}} = 1,1$; $L_{\text{в}} = 1,1 \cdot 153,5 = 168,85 \text{ м}^3/\text{с}$.

По производительности и сопротивлению подбираем вентилятор Ц9-55
 $N^{\circ}10$ с $n=630$ об/мин; $\eta_{\text{в}} = 0,65$.

9.3. Мероприятия по защите от чрезвычайных ситуаций, вызванных атмосферными осадками

Атмосферные осадки в виде дождя, снега, града относятся к обычным явлениям природы. В том случае, когда снег и дождь выпадают в большом количестве, может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Обильные атмосферные осадки увеличивают вероятность возникновения наводнений, схода снежных лавин, камнепадов, селей, оползней, обвалов, способствуют накоплению критического количества воды в горных озерах и неожиданному прорыву плотин, выходу рек из берегов, разрушению дорог, линий электропередачи, строений, уничтожению сельхозугодий. Атмосферные осадки сопровождаются усилением ветра, резким понижением температуры воздуха, грозой, что значительно усложняет ситуацию. Они могут стать причиной травм и гибели людей. В этой ситуации необходимо иметь надежное укрытие, запасы продуктов питания и топлива, медикаментов, уметь правильно себя вести в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Основным поражающим фактором грозы является молния.

Молния представляет собой высокоэнергетический электрический разряд, возникающий вследствие установления разности потенциалов (в несколько миллионов Вольт) между поверхностями облаков и земли.

Основными травмами при поражении молнией являются: электротравма, паралич, ожог, потеря зрения и слуха. Нередко к ним добавляются сопутствующие травмы: ушибы, переломы, депрессия, стресс. Несмотря на кратковременное воздействие молнии, у человека может быть парализована работа мозга и сердца, нередко сильные ожоги. После прямого попадания человек мгновенно теряет сознание и падает. Молния воспламеняет одежду.

Молниезащита - это комплекс мер, направленных на предупреждение ударов молнии. Основным техническим средством защиты от удара молнии является молниеотвод.

Он должен быть выше защищаемого объекта, иметь заземляющий элемент и металлический проводник, соединяющий верхний стержень молниеотвода с за-

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

землеищем. Запрещается подходить во время грозы к молниеотводу ближе чем на 15 метров.

Для избежания возникновения ЧС от атмосферных осадков необходимо выполнять следующие мероприятия:

- и для предупреждение заносов используют снегозащитные ограждения из приготовленных заранее конструкции виде снежных стенок и валов и т.д.

- для ориентировки пешеходов и водителей транспортных средств , застигнутых бураном , вдоль дорог устанавливают вехи и другие указатели;

- при получение угрожающего прогноза приводят к готовности силы и средства, предназначенные для борьбы с заносами, проведения аварийно – восстановительных работ;

- основной мерой борьбы со снежными заносами является счистка дорог и территорий. В первую очередь расчищают от заносов железнодорожные и автомобильные магистрали.

- при необходимости проводят частичную эвакуацию населения и организуют специальные маршруты коммунального транспорта колоннами, а так же прекращают работу учебных заведений и учреждений;

- защита зданий и сооружений от молний состоит в безопасном заземление электрических импульсов , т.е. в применение громоотводов;

- для защите людей от молний на открытом месте необходимо найти заземленное убежище. Таким убежищем может служить лес. Отдельно стоящие дерево представляет опасность, так как является громоотводом, и не исключен пробой между деревом и человеком;

- проведение очистных работ канализаций и водостоков;

- последовательная уборка снежных заносов как с проезжих частей, так и с кровли;

- своевременная ликвидация обледенений;

- для избежания снежных заносов использовать защитные ограждения;

Выводы по части девять

В данной части проанализированы опасные и вредные производственные факторы при дежурстве на котельной, выбраны средства и мероприятия для их уменьшения или устранения.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы были проработаны вопросы, связанные с автоматизацией и электроприводом тягодутьевых механизмов водогрейного котла ДКВР-6.5-13.

При модернизации системы электропривода тягодутьевых механизмов предложено взять за основу частотно-регулируемый электропривод. При модернизации системы автоматизации котла ДКВР-6.5-13 предложено использовать полноценный программируемый логический контроллер с панелью операторского интерфейса. При выборе необходимого оборудования модернизированной системы был выполнен анализ возможных вариантов и производителей. В результате предложено использовать ПЛК и ПЧ ОВЕН, которые соответствуют всем необходимым техническим требованиям к системе и является продуктом российского производства, что особенно актуально в условиях импортозамещения.

Разработаны функциональная и принципиальная схемы модернизированной системы электропривода тягодутьевых механизмов и автоматизации котла.

Разработанная система управления является универсальной, может быть установлена на все котловые агрегаты типа ДКВР и аналогичные.

Произведён экономический расчёт затрат на модернизацию станка, включая ожидаемый экономический эффект от модернизации. По результатам этого расчёта был определён срок окупаемости модернизации, который составил 0,82 года.

Также в рамках данной работы рассмотрены вопросы и безопасности жизнедеятельности.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паровые котлы серии ДКВР [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.owen.ru/> - Данные на 23.05.2017 г.
2. Технические характеристики котлов ДКВР [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://saem.su/tehnicheskie_harakteristiki_kotlov - Данные на 23.05.2017 г.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебник для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1998. — 704 с.
4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием М.: Академия, 2006. – 367 с.
5. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. 6-е изд., доп. и перераб. — М.: Энергоиздат, 1981. — 576 с.: ил.
6. Онищенко Г.Б., Аксенов М.И., Грехов В.П., Зарицкий М.Н., Куприков А.В., Нитиевская А.И. Под общей редакцией Г. Б. Онищенко. М.: РАСНХ, 2001. – 520 с.
7. Белов М.П., Новиков А.Д., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. Учебник для высших учебных заведений. — 3-е изд. — М.: Академия, 2007. — 576 с.
8. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. - 382 с., ил.
9. Справочник по электрическим машинам в двух томах/ Под ред. Копылова Д.П. М. Энергоатомиздат, 1988г.
10. Драчев Г. И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 160 с.
11. Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия 1977. – 432с. с ил.
12. Сидоров А.И. Хашковский А.В. Безопасность жизнедеятельности: Конспект лекций. Челябинск: ЧГТУ 1992. – Ч.1.
13. Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.М. Соснин – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с.
14. Минаев И.Г. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко. – Ставрополь: АГРУС, 2009. – 100 с.
15. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
16. Парр Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера/ пер. 3-го англ. издания – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 516 с.
17. Автоматизация котельных установок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cit-avtomatika.ru/catalogue/avtomatizaciya/kotelnyh/> - Данные на 23.05.2017 г.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

18. Сайт компании ОВЕН [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.owen.ru/> - Данные на 23.05.2017 г.
19. [Преобразователи частоты векторные для насосов и вентиляторов ОВЕН ПЧВЗ](http://www.owen.ru/catalog/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3/opisanie) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3/opisanie - Данные на 23.05.2017 г.
20. [Датчики температуры Метран](http://metran.nt-rt.ru/images/showcase/Datchiki_temperature_2013.pdf) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://metran.nt-rt.ru/images/showcase/Datchiki_temperature_2013.pdf - Данные на 23.05.2017 г.
21. [Преобразователи температуры Метран-280, Метран-280-Ех. Руководство по эксплуатации](http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Metran/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-280-280-%D0%95%D1%85.pdf) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Metran/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-280-280-%D0%95%D1%85.pdf> – Данные на 23.05.2017 г.
22. Механизмы исполнительные электрические однооборотные МЭО (Ф). Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/docs/re/53.pdf> – Данные на 23.05.2017 г.
23. [Панельный программируемый логический контроллер ОВЕН СПК110](http://www.owen.ru/catalog/panelnij_programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_spk110) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/panelnij_programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_spk110/opisanie – Данные 23.05.2017 г.
24. Модуль аналогового ввода МВ110-8А [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/modul_vvoda_analogovih_signalov_owen_mv110_8a/opisanie – Данные 23.05.2017 г.
25. Модуль аналогового вывода МУ110-6У [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/modul_analogovogo_vivoda_owen_mu110_6u/opisanie – Данные 23.05.2017 г.
26. Модуль дискретного ввода МВ110-16Д [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/modul_vvoda_diskretnih_signalov_mv110_16d/opisanie – Данные 23.05.2017 г.
27. Модуль дискретного вывода МУ110-16Р [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/modul_diskretnogo_vivoda_owen_mu110_16r/opisanie – Данные 23.05.2017 г.
28. CODESYS v.2 – Документация по CODESYS16P [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335 – Данные 23.05.2017 г.
29. «Правила по охране труда на предприятиях и в организациях машиностроения» (ПБО РО-14000-001-98). – 100 с.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

30. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. Учебное пособие для вузов. – 2е изд, перераб. и доп. – М. Энергоатомиздат. 1984. – 448с
31. «Правила по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при проведении лесохозяйственных работ» (ПОТ РМ 001-97) – 79 с.
32. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016.2001) – 120 с.
33. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, утвержденных постановлением Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. N 88 – с. 40
34. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР – 6-е изд. перераб. и доп. – М. Энергоатомиздат – 1985. – 640с.
35. ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения – 35 с.
36. ГОСТ 19.701-90 ЕСПД - Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения – 26 с.
37. ГОСТ 21.404-85 - Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах - 30 с.
38. ГОСТ 12. 4. 113 – 82 Система стандартов безопасности труда.
39. ГОСТ 12. 0. 003 – 74 Безопасные величины действия опасных и вредных производственных факторов.
40. ГОСТ 12. 1. 003 – 83 Допустимые уровни звукового давления.

					13.03.02.2017.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95