

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

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

Модернизация электропривода вентиляционной установки центральной группы
стволов шахта «Магнитовая»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.006.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
ст. преподаватель
_____ С. В. Борисов
_____ 26 июня 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ И. В. Ерко
_____ 26 июня 2020 г.

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

Челябинск 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
Вывод по разделу один.....	11
2 РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ».....	12
2.1 Общие сведения о схеме вентиляции шахты «Магnezитовая».....	12
2.2 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания очистных выработок.....	16
2.3 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания проходческих забоев.....	20
2.4 Расчёт потребного количества воздуха для проветривания поддерживаемых выработок.....	25
2.5 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания выемочного блока и шахты.....	26
2.6 Расчёт производительности главной вентиляционной установки ВВД-40М.....	28
Вывод по разделу два.....	29
3 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГРУППЫ СТЕВЛОВ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ».....	30
3.1 Оборудование вентиляционной установки.....	30
3.2 Анализ режима работы.....	34
3.3 Проблемы модернизации и пути её решения.....	36
Вывод по разделу три.....	38
4 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	39
4.1 Определение параметров работы вентиляционной установки центральной группы ствeлов шахты «Магnezитовая» для зимнего и летнего периодов эксплуатации.....	39
4.2 Выбор и описание преобразователя частоты.....	42
Вывод по разделу четыре.....	55
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА.....	56
5.1 Расчет затрат при существующей схеме работы вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магnezитовая».....	56
5.2 Расчет затрат на подготовку производства в проектном варианте.....	60
5.3 Экономический эффект.....	63
Вывод по разделу пять.....	64
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	65
6.1 Краткое описание рассматриваемого объекта.....	65
6.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	65
6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса.....	66

6.4 Охрана труда.....	67
6.5 Производственная санитария.....	69
6.6 Освещение.....	69
6.7 Воздействие шума и вибрации на человека	70
6.8 Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха	71
6.10 Эргономика и производственная эстетика	71
6.11 Противопожарная и взрывобезопасность.....	72
6.12 Экологическая безопасность.....	73
Вывод по разделу шесть	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	76

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

Горнорудная промышленность занимает значительное место в народном хозяйстве нашей страны. Это в большой мере объясняет тем, что основными потребителями магнетитовых изделий являются стратегические предприятия черной и цветной металлургии, машиностроения и других крупных отраслей.

Успешная работа промышленности будет зависеть от создания высокопроизводительной техники, внедрения передовых технологий, автоматизации производства рационального и экономического подхода в расходовании сырья, топливно-энергетических ресурсов.

При переходе к разработке более глубоких горизонтов, предприятия следует обеспечить комплексом совершенного и высокопроизводительного стационарного оборудования, включающего вентиляционные установки главного проветривания.

Эти установки должны получить дальнейшее совершенствование и в конструктивном, и в эксплуатационном отношении. Проведенные статистические исследования параметров проветривания действующих шахт и рудников за длительный период их эксплуатации показали, что свыше 40% шахт и рудников имеют большой диапазон изменения количества воздуха подаваемого, в подземные выработки для их проветривания, а давление (депрессия) для перемещения воздуха по выработкам изменяется в два и более раза. Это приводит к тому, что более половины всех вентиляторов работают с КПД ниже 0.6. Эксплуатация непрерывно круглосуточно работающего вентилятора с низким КПД приводит к чрезмерно большому расходу электроэнергии.

Снизить неоправданный расход электроэнергии можно, используя на вентиляторах регулируемый электропривод.

Опыт эксплуатации электрооборудования регулируемого электропривода на вентиляционных установках показал целесообразность их применения, как с точки зрения экономичности работы вентилятора, так и с точки зрения настройки вентилятора на заданный режим работы.

Цель работы – снизить расход электроэнергии, уменьшение количества простоев шахты «Магнетитовая».

Задачи работы:

- внедрить частотный преобразователь в электропривод вентиляционной установки центральной группы стволов ВОД 40М;
- произвести технико-экономический расчёт.

Объект работы – главная вентиляционная установка центральной группы стволов шахты «Магнетитовая».

Предмет работы – электропривод главной вентиляционной установки ВОД 40М.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Современные технологии автоматизации технологических процессов базируются в значительной степени на частотно-регулируемом электроприводе. В последнее время заметно возрос интерес к внедрению частотного регулирования мощных высоковольтных асинхронных и синхронных электродвигателей. Сегодня рынок предлагает большое разнообразие частотных преобразователей различных брендов, как иностранных, так и отечественных. Широкий ассортимент позволяет подобрать частотник, наилучшим образом сочетающий функциональные возможности и стоимость..

Danfoss (Дания) – частотные преобразователи мощностью до 1200 кВт специального и универсального назначения. Первый частотник был произведен компанией в 1968 году, с тех пор производитель занимает лидирующие позиции на рынке, постоянно расширяя ассортимент предлагаемого оборудования. Отличительная особенность преобразователей частоты Danfoss – простота в монтаже и управлении. Данные решения эффективны для систем с низким потреблением энергии.

Основные серии преобразователей частоты Danfoss:

VLT HVAC Drive FC-102 – преобразователи для систем кондиционирования и отопления, вентиляционных систем. Мощность - от 1,1 до 1200 кВт.

VLT RefrigerationDrive FC-103 – адаптированы для работы с двигателями мощностью от 1,1 до 250 кВт. Имеют несколько классов защиты. Управление осуществляется посредством общего интерфейса.

VLT 2800 Series – компактные многоцелевые преобразователи. Монтаж «стенка к стенке». Мощность от 0,37 до 18,5кВт.

VLT MicroDrive FC-051 – общепромышленные преобразователи мощностью от 0.18 до 22 кВт.

VLT AQUA Drive FC-202 – приводы для комплексов водоснабжения и водоотведения. Мощность оборудования - от 1,1 до 1200 кВт.

VLT HVAC Basic FC-101 – частотные преобразователи общепромышленного применения для силовых установок мощностью до 90 кВт.

VLT AutomationDrive FC-300 - единое программируемое решение для широкого спектра операций и задач. Мощность моделей серии от 0,25 до 1200 кВт.

SchneiderElectric (Франция) – компания является экспертом мирового масштаба в области управления электроэнергией. Производитель выпускает отлично зарекомендовавшие себя преобразователи частоты серии Altivar. Ассортимент оборудования SchneiderElectric представлен частотнорегулируемыми приводами, сервоприводами, шаговыми приводами, контроллерами.

Основные серии:

Компактные серии Altivar 12, 32, 312 (для простых решений) мощностью от 0,18 до 15 кВт.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		8

Общепромышленная серия Altivar 31С – универсальные частотники мощностью 0,18 – 15кВт.

Трехфазные преобразователи Altivar 61Q, 71, 71Q для тяжелых условий применения. Мощность - от 110 до 800 кВт.

Общепромышленная серия Altivar Process (0,75 — 160 кВт).

Также производитель предлагает линейку Altivar Lift для лифтового оборудования, решения для насосов и вентиляторов Altivar 61, Altivar Easy 610, частотники для комплексных задач Altivar 71 Plus.

Hyundai (Южная Корея) – современные преобразователи частоты, характеризующиеся надежной силовой и развитой интеллектуальной составляющими. Модельный ряд ПЧ Hyundai имеет высокие эксплуатационные параметры и различные режимы управления.

В зависимости от серии частотные преобразователи данной марки успешно используются в промышленных станках, на парковках, в оборудовании для литья и т.д. Адаптированы для широкого перечня нагрузок.

Серии преобразователей Hyundai представлены следующим оборудованием:

Общепромышленная серия N100 – однофазные и трехфазные ПЧ мощностью от 0,4 кВт до 3,7 кВт.

Общепромышленные серии N700 и N700V мощность от 5,5 до 132 кВт.

Серии N700E и N700E(P) – для общепромышленных нагрузок. Мощность - от 0,4 кВт до 375 кВт.

Компактные серии N300 и 300P адаптированы для мультидвигательного режима. Мощность - от 11 кВт до 160 кВт.

Siemens (Германия) – оборудование, соответствующее международным стандартам качества. Высокие динамические показатели обеспечивают эффективное применение преобразователей Siemens во многих промышленных отраслях. Модельный ряд включает серии Micromaster и Sinamics, базирующиеся на векторном управлении с использованием IGBT-транзисторов.

Производитель предлагает проверенные решения как для небольших производств, так и для высоконагруженных процессов. ПЧ Siemens – это широкие модульные возможности, доступная цена и простота обслуживания. Основные серии ПЧ Siemens:

Siemens Sinamics G 110 — однофазные преобразователи мощностью от 120 Вт до 3 кВт. Отличное решение для оборудования с постоянной нагрузкой.

Siemens Micromaster 420 – мощность от 120 Вт до 11 кВт. Перегрузочная способность достигает 150%.

Siemens Micromaster 430. Мощность частотников серии достигает 250 кВт при КПД 97-98%. Трехфазные ПЧ для эффективного управления различными приводами. Гибкость конфигурации под любое использование. Siemens Micromaster 440 мощностью 0,12-250 кВт. Модульная конструкция обеспечивает простой и быстрый монтаж. Проверенное решение для высокодинамичных процессов.

Веспер (Россия) – приводное оборудование, разработанное для управления практически всеми типами промышленных установок. Преобразователи Веспер подходят для условий, где требуется высокая точность регулирования.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		9

Встроенные контроллеры существенно расширяют функционал ПЧ. На рынке представлены как бюджетные версии, так и преобразователи нового поколения с повышенной степенью защиты. Оборудование Веспер представлено сериями:

E2-MINI и E2-MINI IP65 – мощность от 0,2 до 2,2 кВт.

E3-8100K и E3-8100 – общепромышленные агрегаты мощностью от 0,2 до 7,5 кВт.

E2-8300 – малогабаритные ПЧ, показатели мощности - от 0,4 до 55 кВт.

E3-9100 – векторное управление, мощность 0,75-15 кВт.

EI-7011 и EI-7011 IP54 – преобразователи для общепромышленного использования. Мощность – 0,75 до 315 кВт.

EI-P7012 и EI-P7012 IP54 – ПЧ для насосов. Мощность варьируется от 7,5 до 370 кВт.

EI-9011 и EI-9011 IP54 – частотники с векторным управлением мощностью 0,75 – 500 кВт.

Toshiba (Япония) – многофункциональные устройства, оснащенные устройствами динамического торможения.

Управление электродвигателем происходит в режимах постоянного и переменного моментов. Модельный ряд включает как узкоспециальные агрегаты, так и общепромышленные преобразователи:

TOSVERT VF-nC3 – ПЧ общего назначения с показателями мощности 0,1 – 4 кВт (три фазы 200В).

TOSVERT VF-S15 – универсальные ПЧ, мощность 0,4 – 15 кВт.

TOSVERT VF-FS1 – для насосно-вентиляторной нагрузки при мощности 0,4 – 75 кВт.

1. В настоящее время большинство ВЧП имеют типовые структуры с инверторами тока или напряжения;

2. Структура ВЧП в основном определена как с инверторами тока, так и с инверторами напряжения.

3. Проблема электромагнитной совместимости ВЧП с двигателем и питающей сетью решается выбором такой структуры преобразователя и управления с помощью разнообразных ШИМ, при которой добиваются практически синусоидальных входных и выходных токов и напряжений.

4. Существует довольно большое количество уже разработанных и поставляемых под заказ ВЧП для управления асинхронными и синхронными двигателями.

Чаще всего это продукция иностранных производителей. Сравнение ВЧП отечественных и импортных производителей показывает, что импортные преобразователи, в целом, являются более надежными. Вместе с тем, в большинстве случаев, они являются функционально избыточными, и имеют более высокую стоимость.

Можно сказать, что отечественные ПЧ уступают импортным по качеству и надежности, выигрывая в стоимости.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		10

5. Возросшее внимание отечественных разработчиков силовой электроники к проблемам конструирования ВЧП позволяет надеяться, что разрыв в качестве и надежности импортных и отечественных преобразователей будет неуклонно сокращаться.

Например, московская компания «Л-Старт» занимается разработкой и производством ВЧП, которые по техническим и эксплуатационным параметрам не уступают аналогичным устройствам японских и европейских производителей, а по ряду характеристик превосходят их. Промышленность и объекты инфраструктуры являются наиболее энергоемкими отраслями экономики. Потенциал энергосбережения предприятий в России огромен, и реализовать его достаточно быстро можно оптимизировав энергопотребление двигателей, которые потребляют около 60% выработанной электроэнергии. Новый преобразователь частоты Altivar 1200 от SchneiderElectric позволит российским промышленным предприятиям экономить до 30% электроэнергии, при этом он очень экологичен, безопасен и компактен по сравнению с аналогами.

Вывод по разделу один:

В данном разделе представлено сравнение отечественных и зарубежных производителей управляемых электроприводов на базе частотных преобразователей. Как зарубежные, так и отечественные производители выпускают продукцию отвечающую требованиям мировых стандартов.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		11

2 РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ»

2.1 Общие сведения о схеме вентиляции шахты «Магнетитовая»

На шахте «Магнетитовая» действуют специальные мероприятия газового режима, разработанные после проведения исследований Уральским Государственным Горным Университетом в период с 1991г. по 2006г.

По результатам исследований природных газопроявлений шахта «Магнетитовая» отнесена к опасным по выделению ядовитых газов (сероводорода), в связи с чем, переведена на газовый режим. Так же установлено, что на шахте «Магнетитовая» отсутствует реальная опасность воспламенения сероводорода, так как его фактические и ожидаемые концентрации в атмосфере горных выработок в сотни раз ниже нижнего предела взрывоопасности, что подтверждается теоретическими исследованиями и натурными замерами. На основании данных исследований установлено, что шахта «Магнетитовая» является не опасной по взрыву газов, а также не опасной по суфлярам и выбросам; абсолютная и относительная газообильность по сероводороду незначительная, и составляет соответственно 0,1 л/с и 0,00009 м³/т.сут. добычи.

Расход воздуха для вентиляции рудных шахт должен определяться по следующим факторам:

- 1) по наибольшему числу людей, находящихся в шахте;
- 2) по ядовитым газам, образующимся при взрывных работах;
- 3) по пылевому фактору и минимальной скорости движения воздуха;
- 4) по непрерывно выделяющимся газам (H₂S);
- 5) по вредным компонентам выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) самоходных горных машин.

Окончательно принимается максимальное из значений, полученных по всем вышеперечисленным факторам.

Суммарное расчетное значение количества воздуха для шахты в целом проверяется по максимально допустимым скоростям движения воздуха в действующих выработках. Шахта «Магнетитовая» проветривается по фланговой схеме нагнетательным способом ГВУ ВОД-40М. Воздух подается по стволу «Клетевой» на горизонты +260м, +180м, +100м, далее по квершлагам и откаточным штрекам горизонтов +260м, +180м поступает на Западный фланг для проветривания проходческих работ, откаточных ортов и рудворов горизонтов +165м, +180м, +260м +340м, комплекса ремонтных камер, склада ВМ.

Горизонт +340м не сбит со стволом «Клетевой» и воздух на проветривание горизонта поступает с нижележащих горизонтов через ствол «Скиповой» и ВХВ № 266.

Воздух на проветривание горизонта +165м поступает по стволу «Вентиляционный».

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		12

Для проветривания горно капитальных работ нагор+180м свежий воздух поступает с Главного квершлага №2 через Главный вентиляционный штрек в тупиковую выработку Наклонного съезда 180/100м.

Отработанный воздух выдается через Главный откаточный полевой штрек по штольне МПК гор+180м в выработанное пространство Мельнично-Паленихинского карьера.

Для проветривания горно-подготовительных работ в этаже гор+200/220м свежий воздух поступает:

1) с Главного квершлага №2 в Главный вентиляционный штрек, далее на откаточный штрек гор+180м, далее по главному откаточному полевому штреку через орт №11 в ВВ180/200м, далее в поэтажно полевой штрек гор+200м (ДБ-5);

2) с Главного квершлага №1 в Вентиляционный квершлаг №1, поступает в штрек лежачего бока далее по участковому автоуклону 180/260м на поэтажно полевой штрек гор+200м ДБ-5.

Отработанный воздух с проходческих работ гор+200/220м выдается по ВХВ 220/200м в транспортную выработку гор+200м, через вентиляционную сбойку №5, по ВХВ 194 (ЗВ-5) на вентиляционный штрек горизонта +298м, далее через сбойку в выработанное пространство Карагайского карьера.

Для проветривания тупикового забоя поэтажно полевого штрека ДБ-6 гор+200м, свежий воздух поступает с Главного квершлага №2 в Главный вентиляционный штрек, далее на откаточный штрек гор+180м, далее по главному откаточному полевому штреку через орт №11 в ВВ180/200м в поэтажно полевой штрек гор+200м ДБ-5. Отработанный воздух, выдается по поэтажно полевому штреку ДБ-5, ДБ-4 в транспортную выработку гор+200м, через вентиляционную сбойку №5, по ВХВ 194 (ЗВ-5) на вентиляционный штрек горизонта +298м, далее через сбойку в выработанное пространство Карагайского карьера.

Для проветривания тупикового забоя поэтажно полевого штрека ДБ-6 гор+220м, свежий воздух поступает с Главного квершлага №2 в Главный вентиляционный штрек, далее по откаточному штреку гор+180м, далее по главному откаточному полевому штреку гор+180м через орт №11 в ВВ180/200м в поэтажно полевой штрек гор+200 ДБ-5. Далее через ВХВ 200/220м в поэтажно полевой штрек гор+220м (ДБ-5). Отработанный воздух выдается по поэтажно полевому штреку (ДБ-5) в заезд к рудоспускам (ДБ-4) и через вентиляционный восстающий 220/260м на вентиляционный штрек 260, вент. закладочный орт (ВЗО) гор +260м, далее по откаточному штреку гор+260м через штольню гор+260м в выработанное пространство Карагайского карьера.

Для проветривания тупикового забоя поэтажно полевого штрека ДБ-6 гор+240м, свежий воздух поступает с Главного квершлага №2 в Главный вентиляционный штрек, далее по откаточному штреку гор+180ми по главному откаточному полевому штреку гор+180м через орт №11 в ВВ180/200м поступает в поэтажно полевой штрек гор+200 ДБ-5.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		13

Далее через ВХВ 200/220м, ВХВ 220/240 в подэтажно полевой штрек гор+240м (ДБ-5).

Также для обеспечения достаточным количеством свежего воздуха смонтирован вентиляционный парус на вентиляционном штреке гор+260м, который обеспечивает опрокидывание свежей струи воздуха через ВХВ 240/260. Отработанный воздух выдается по подэтажно полевому штреку гор+240 (ДБ-5) в заезд к рудоспускам (ДБ-4) гор+240м и через вентиляционный восстающий 200/260 на вентиляционный штрек 260, вент. закладочный орт (ВЗО) гор +260м, далее по откаточному штреку гор+260м через штольню гор+260м в выработанное пространство Карагайского карьера.

Проветривание очистного пространства каждой отрабатываемой камеры ДБ№4 и ДБ№5 осуществляется подачей свежей струи воздуха с нижнего подэтажного полевого штрека гор+200м через заезды, затем свежая струя из заездов поступает в буро-доставочный орт гор+200м и далее поступает в очистное пространство.

Отработанный воздух через очистное пространство сбрасывается на вент. закладочный штрек гор+220м и через заезды выдается на подэтажный полевой штрек гор+220м, затем по вентиляционному восстающему на вентиляционный штрек 260, вент. закладочный орт (ВЗО) гор +260м, далее по откаточному штреку гор+260м через штольню гор+260м выходит в выработанное пространство Карагайского карьера.

Проветривание забоев горных выработок гор.+100 м, проводимых с выработанного пространства Карагайского карьера (КК) осуществляется вентиляторами местного проветривания ВМЭ-8 или ВМЦ-8 (высоконапорный), расположенным около устья штольни (КК) гор.+180м нагнетательным способом.

В ходе развития сети горных выработок гор.+100м. и возникновении значительной депрессии в вентиляционных рукавах проветривание будет осуществлено вентилятором ВЦП-16 с номинальными характеристиками подачи 8-32 куб. м./сек и давления до 8000 Па.

Воздух из рудворов стволов «Вентиляционный» и «Скиповой» выдаётся по стволам на поверхность. Основная часть отработанного воздуха с откаточных выработок горизонта +180м выдаётся по штольне горизонта +180м на поверхность. Проветривание проходческих забоев, проводимых с применением ДВС, осуществляется вентиляторами ВМЭ-8-01 производительностью 10,0 м³/с.

Проветривание проходческих забоев, проводимых с применением пневмооборудования, осуществляется вентиляторами ВМЭ-6 производительностью 7,2 м³/с. Для контроля количества воздуха, поступающего в выработки шахты, применяются анемометры АПР-2, testo 417-2, измеритель комбинированный ТАММ-20 и контрольно-измерительные приборы в здании ГВУ.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		14

Сведения о планируемой обеспеченности воздухом по четырем кварталам 2020 года представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сведения о планируемой обеспеченности воздухом по четырем кварталам 2020 года

Объект	Назначение	Qрас. 1кв.	Qрас. 2кв.	Qрас. 3кв.	Qрас. 4кв.	Qфакт
1	2	3	4	5	6	7
ствол "Клетевой" г.+100м	Поддержание	1	1	1	1	1,3
насосная г.+180м	Поддержание	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8
орт 7 г.+180м	Поддержание	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
орт 8 г.+180м	Поддержание	2,8	2,8	2,8	2,8	3,2
с квершлага в РСО	Поддержание	2,8	2,8	2,8	2,8	4,1
Ствол "Вентиляционный" г.+165 (вхв 161)	Поддержание	1	1	1	1	1,3
Ствол "Вентиляционный" г.+180м	Поддержание	6	6	6	6	6,2
вентиляционный квершлаг г.+180м (за ств.)	Поддержание	0,8	0,8	0,8	0,8	1,4
вв №185 (склад ВМ)	Поддержание	1,4	1,4	1,4	1,4	1,9
заезд в РСО с откаточного штрека (с КСВ)	Поддержание	3,2	3,2	3,2	3,2	5,6
Кверершлаг ствола "Скиповой" г.+180м	Поддержание	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
Квершлаг ствола "Клетевой" г.+180м (вхв186)	Поддержание	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9
Квершлаг ствола "Клетевой" г.+260м (вхв266)	Поддержание	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1
Квершлаг ствола "Скиповой" г.+260м	Поддержание	1,6	1,6	1,6	1,6	1,9
Тупиковые выработки	Проходка	51	48,3	58,5	53,4	43,1
Выемочные блоки	Очистные работы	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Транспортировка	Откатка	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
Шахта	Люди (проверка)	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85
Шахта	Проветривание (сумма потребностей)	113,2	110,5	120,75	115,65	114,05

Окончание таблицы 2.1

ГВУ	Требуемая производительность	124,6	121,6	132,8	127,2	125,455
-----	------------------------------	-------	-------	-------	-------	---------

Таблица 2.2 – Общие сведения о ГВУ ЦГС шахта «Магnezитовая»

Тип рабочего вентилятора главного проветривания	ВОД-40М
Тип резервного вентилятора главного проветривания	-
Наличие реверсивных устройств	имеются
Наличие телефонной связи	имеется
Число вентиляторов местного проветривания	7
Типы вентиляторов местного проветривания	ВМЭ-8, ВМЭ-6
Производительность вентиляторов местного проветривания, м ³ /с	10,0; 7,2
Количество забоев, проветриваемых за счет общешахтной депрессии	0
Количество забоев, проветриваемых вентиляторами местного проветривания	7
Количество очистных забоев	0
Имеющиеся измерительные приборы	анемометр АПР-2 – 10шт. измеритель комбинированный ТАММ-20
Потребность в анемометрах	$N = k(n(L/30) + (K_{гор} - 1) + (K_{вгп} - 1))$ где $k=1,2$ – коэффициент резерва; n – минимально допустимое количество анемометров; L – протяженность поддерживаемых горных выработок, км; $K_{гор}$ – количество горизонтов; $K_{вгп}$ – количество действующих вентиляторных установок главного проветривания. $N = 1,2(5(43/30) + (5-1) + (1-1)) = 13,39$

2.2 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания очистных выработок

По наибольшему числу людей находящихся в очистных выработках формула 2.1:

$$Q_{оч} = 60 \cdot 1 \cdot Q_{ч} \cdot N_{ч} \cdot k_{з}, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (2.1)$$

где:

$Q_{\text{ч}} = 6 \text{ м}^3 / \text{мин} \cdot \text{чел}$ - норма воздуха на одного человека;

$N_{\text{ч}}$ - наибольшее число людей, одновременно находящихся в очистном пространстве, чел;

$k_3 = 1,35$ - коэффициент запаса, при нагнетательном способе и отсутствии аэродинамической связи с поверхностью.

$$Q_{\text{оч}} = 60^{-1} \cdot 6 \cdot 10 \cdot 1.35 = 1.64, \text{ м}^3/\text{с},$$

По ядовитым газам, образующимся при взрывных работах: Для системы разработки применяемой в шахте «Магnezитовая» количество воздуха необходимого для проветривания очистного пространства определяется по формуле 2.2:

$$Q_{\text{оч}} = \left(\frac{225}{T}\right) * \sqrt[3]{ABV_k^2}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (2.2)$$

где:

V – газаносность данного типа ВВ, л/кг;

V_k – объем камеры, м^3 ;

A – количество одновременно взрывааемых ВВ, кг;

$T=30$ мин – время проветривания забоя.

$$Q_{\text{оч}} = \left(\frac{225}{30}\right) * \sqrt[3]{360 * 50 * 9000^2} = 8.5 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$Q_{\text{оч}} = V_{\text{min}} \cdot S, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.3)$$

где:

V_{min} – минимальная скорость движения воздуха, м/с;

$$V_{\text{min}} = 0,1 \cdot P/S, \text{ м/с}, \quad (2.4)$$

где:

P – периметр выработки, м;

S – площадь поперечного сечения камеры в свету, м^2 .

$$V_{\text{min}} = 0,1 \cdot 64/240 = 0,026, \text{ м/с},$$

$$Q_{\text{оч}} = V_{\text{min}} \cdot S = 0.026 * 240 = 6,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

По непрерывно выделяющимся газам:

Предельно допустимое содержание ядовитых газов (паров) в воздухе рабочей зоны установлено правилами безопасности. Расчет производится для шахты в целом.

$$Q_{\text{оч}} = 100 \cdot I \cdot \text{кн} / (C_d - C_o), \text{ м}^3/\text{мин} \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{оч}} = 100 \cdot 10^{-4} \cdot 2,1 / (71 \cdot 10^{-5} - 0) = 1174,7 \text{ м}^3/\text{мин} = 29,6 \text{ м}^3/\text{с},$$

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		17

где:

$I = 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ (6 л/мин) – абсолютная газообильность объекта;

$C_d = 71 \cdot 10^{-5} \%$ – допустимая объемная доля газа в исходящей струе объекта;

$C_o = \text{н.н.п.и.}$ – объемная доля газа в поступающей на объект струе, %, определяется по результатам замеров;

$k_n = 2,1$ – коэффициент неравномерности газовыделения, принимается в зависимости от значения газообильности I (Таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Значение коэффициента неравномерности газовыделения k_n

I – абсолютная газообильность объекта	k_n
0,3 и менее	2,1
0,6	1,53
0,9	1,32
1,2	1,2
1,5	1,14
1,8	1,1
2,1 и более	1,07

По вредным компонентам выхлопных газов:

Расчет потребного количества воздуха для каждой конкретно используемой в подземных условиях машины с ДВС можно определить исходя из её газовой формулы по формуле 2.6:

$$Q = \sum (C_{\text{вых}} \cdot g_{\text{вых}} / C_{\text{доп}}), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.6)$$

где:

$C_{\text{вых}}$ – объемный расход вредного компонента в выхлопе, $\text{м}^3/\text{с}$;

$g_{\text{вых}}$ – количество выхлопных газов после очистки, $\text{м}^3/\text{с}$;

$C_{\text{доп}}$ – ПДК по соответствующему компоненту выхлопных газов, (% по объему), для CO = 0,0017, для (CH + NO) = (0,5 + 0,00026).

Количество выхлопных газов после газоочистки, приведенное к нормальным температуре и давлению для четырехтактных двигателей определяется по формуле 2.7:

$$G_{\text{вых}} = V \cdot N / 2, \text{ м}^3, \quad (2.7)$$

где:

V – суммарный объем цилиндров двигателя, м^3 ;

N – частота оборотов коленчатого вала, с^{-1} .

Расход воздуха по содержанию кислорода определяется по формуле 2.8:

$$Q = 0,4 \cdot L_0 \cdot q \cdot (K_0 - 20)^{-1} \cdot 60^{-1}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.8)$$

где:

$L_0 = 14,42$ – количество воздуха, необходимое для сгорания топлива, кг/кг;

q – расход топлива при номинальной мощности, кг/ч;

K_0 – объёмная доля кислорода в воздухе, %;

Расчетное количество вредной примеси в выхлопе определяется по формуле 2.9:

$$M = P \cdot q_{\text{уд}} / 3600, \text{ г/с} \quad (2.9)$$

где:

P – номинальная мощность ДВС, кВт;

$q_{\text{уд}} = (3,5 \text{ или } 4,0)$ для СОи (СН+НО) соответственно – предельное количество вредных примесей, г/(кВт · ч).

Расчетный объем выделяемой вредной примеси в выхлопе определяется по формуле 2.10:

$$Q_{\text{вред}} = m / (1207 \cdot \rho_{\text{отн}}), \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.10)$$

где 1207 – плотность воздуха, г/м³;

$\rho_{\text{отн}} = 0,97$ или $1,07$ для СОи (СН+НО) соответственно – относительная плотность по воздуху вредного компонента;

Процентное содержание в выхлопе вредных примесей определяется по формуле 2.11:

$$S_{\text{вых}} = Q_{\text{вред}} \cdot 100 \% / g_{\text{вых}}, \% \quad (2.11)$$

При определении количества воздуха для самоходного оборудования с ДВС допускается не учитывать вспомогательные машины с ДВС, если они работают от дизельного привода не более 10 минут в течение 2-ух часов. Исходные данные и результаты расчётов приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Исходные данные и результаты расчётов

Наим.	Мощность, кВт	q, расход топлива, кг/ч	V, объём цилиндров, м3	N, обороты двигателя, с-1	Кол-во СО, г/с	Кол-во СО, м3/с	g(вых), расход газов, м3/с	Q, макс. потребное количество воздуха, м3/с
LK-4	240	36	0,0119	38,33	0,23	0,000199	0,2281	11,7
Himes mf-904	86,5	9,2	0,006	38,3	0,08	0,000072	0,1149	4,2
SWR-07H	118	20	0,004	40	0,12	0,000098	0,08	5,8

Окончание таблицы 2.4

Sandvik LH-410	235	25,6	0,011	33,33	0,23	0,000195	0,1833	11,5
MT-2010	220	36	0,0089	35	0,21	0,000183	0,1558	10,8
Utilift	63	20	0,006	38,33	0,06	0,000052	0,115	3,1
CAT R 1600	240	40	0,011	33,3	0,23	0,000199	0,1832	11,7
FAMT-20	204	36	0,0089	35	0,2	0,000169	0,1558	9,9
FAMS-5	89	22	0,006	38,3	0,09	0,000074	0,1149	4,4
PAUS-50-30	114	20	0,004	41	0,11	0,000095	0,082	5,6
SWT-07R	112	12,3	0,004	40	0,11	0,000093	0,08	5,5

Для дальнейших расчетов принимаем максимальное из полученных значений $Q_{оч}$ по факторам загрязнения потребного количества воздуха для CAT R 1600 = 11,7 м³/с формула 2.12:

$$Q_{в.бл} = (\sum Q_{оч} + \sum Q_{пнр}) * K_з, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.12)$$

$$Q_{в.бл} = ((11,7*1) + (11,7*1)) * 1,3 = 30,42 \text{ м}^3/\text{с},$$

где:

$\sum Q_{оч}$ – суммарное количество воздуха, необходимое для проветривания очистного пространства в блоке, м³/с;

$\sum Q_{пнр}$ – суммарное кол-во воздуха для проветривания одного ПНР

$K_з$ – коэффициент запаса, учитывающий утечки через выработанное пространство и вентиляционные сооружения в пределах выемочного блока (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Коэффициент запаса

Системы разработки	$K_з$
С закладкой выработанного пространства или обрушения (без выхода зоны обрушения на поверхность)	1,2
С открытым выработанным пространством	1,3
При наличии больших незаполненных пустот или развитой зоны обрушения, выходящей на поверхность	1,4

2.3 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания проходческих забоев

Перечень выработок представлен в таблице 2.6 (S – сечение горной выработки, Лп–план по проходке (по кварталам), Lтуп – длина тупиковой части (вентиляционного трубопровода) с учетом плана по проходке (по кварталам), уже пройденной части выработки, места размещения ВМП).

Таблица 2.6 – Перечень выработок

Наименование	Горизонт	S, м ²
200 Заезд к р\с (6 блок)	200	15,5
200 Заезд на гор+210м кам.16 (ДБ-4)	200	15,5
200 Заезд на гор+210м кам.16 (ДБ-5)	200	15,5
200 Заезд на гор+210м кам.20 (ДБ-5)	200	15,5
200 Заезд на гор+210м кам.4 (ДБ-4)	200	15,5
200 Буродоставочный орт кам 7 (ДБ-4)	200	25,0
200 Буродоставочный орт кам 18 (ДБ-4)	200	25,0
200 Буродоставочный орт кам 14 (ДБ-5)	200	25,0
200 Буродоставочный орт кам 17 (ДБ-5)	200	25,0
200 Буродоставочный орт кам 18 (ДБ-5)	200	25,0
220 Подэтажно полевой штрек	220	14,7
220 Заезд к р\с (6 блок)	220	15,5

Потребным количеством воздуха для каждого забоя принимается максимальное из рассчитываемых (по факторам) в данном разделе.

Для тупиковых выработок, проветриваемых при помощи ВМП формула 2.13:

$$Q_{\text{вв}} = \frac{2,25}{60 \cdot t} \cdot \sqrt[3]{\frac{B \cdot V_{\text{вв}} \cdot S^2 \cdot l^2 \cdot k_{\text{обв}}}{k_{\text{шт}}^2}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.13)$$

где:

B – удельная газовость ВВ, л/кг;

T – время проветривания тупиковой части выработки после взрывных работ, мин

V_{ВВ} – масса одновременно взрывааемых зарядах, кг;

l_к – критическая длина тупиковой выработки (равна проектной длине выработки), м;

кобв – коэффициент, учитывающий обводненность выработки (принимается равным при условии проведения выработки: по сухим породам - 0,8; частично по водоносным породам-0,6; по водоносным породам или при применении водяных завес-0,3);

кут – коэффициент учитывающий утечки воздуха в трубопроводе, принимается 1,1.

Для выработок, проветриваемых сквозной струей (при расколке) формула 2.14:

$$Q = \left(\frac{24}{T} \right) \cdot \sqrt{B \cdot S_{оч} \cdot l_{оч}} \cdot \text{м}^3/\text{с}, \quad (2.14)$$

где:

$S_{оч}$ – площадь поперечного сечения выработки, м^2 ;

$l_{оч}$ – длина проветриваемой выработки, м;

B – количество одновременно взрываемых ВВ, кг;

T – время проветривания забоя, с.

При работе машин с ДВС в одной или нескольких выработках, входящих в одну вентиляционную ветвь, потребное количество воздуха определится по формулам раздела 2.4. Для каждого забоя принимаем максимальное количество воздуха из оборудования с ДВС (таблица 2.4) и рассчитываем по формуле 2.15:

$$Q_{в} = Q_{ут} + Q_{з}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.15)$$

где:

$Q_{з}$ – максимальное потребное количество воздуха из факторов загрязнения, подаваемое к забою, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{ут}$ – количество утечек в трубопроводе, ГОСТ Р 54772-2011 утечки через 1 погонный метр поверхности труб не должны превышать $9 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м} \cdot \text{дм})$ (или $9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м} \cdot \text{м}$), а утечки через стыки не должны превышать $0,1 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{дм})$ (или $10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}$);

Зная длину, диаметр трубопровода, длину стыка, максимально допустимое количество утечек (по ГОСТ), можно определить по формулам 2.16 – 2.18:

$$Q_{ут} = L \cdot \pi \cdot d \cdot 9 \cdot (10^{-5} + l_{ст}^{-1} \cdot 10^{-3}), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.16)$$

где:

L – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

$l_{ст}$ – длина стыка, м;

$$h_{тр} = R_{тр} \cdot Q_{2в} \quad (2.17)$$

где $R_{тр}$ – сопротивление трения трубопроводов, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$:

$$R_{тр} = 6,5 \alpha \frac{l_{мп}}{d_{мп}^5} / \text{н}^2, \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8 \quad (2.18)$$

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		22

где:

α – коэффициент сопротивления трения, принимается равным $0,0048 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$;

$l_{\text{тр}}$ – длина трубопровода, м;

$d_{\text{тр}}$ – диаметр трубопровода, м;

n – количество параллельных трубопроводов, шт.

При последовательном соединении трубопроводов, общее сопротивление можно найти по формуле 2.19:

$$R_o = \Sigma R_i, \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8; \quad (2.19)$$

где:

ΣR_i – сумма сопротивлений последовательно соединенных трубопроводов;

По результатам расчетов по каждому ВМП выбирается максимальная потребность, максимальные потребности всех ВМП в квартале суммируются и сводятся в таблицу 2.7. Дальнейший расчет воздуха по шахте в целом производится по максимальной потребности воздуха за 4 квартала.

Таблица 2.7 – Суммарное потребное количество воздуха для проходческих забоев, к которым воздух к вентиляторам местного проветривания подается при помощи ГВУ ВОД-40М

№ квартала	Qвмп, м3/с
1	51,0
2	48,3
3	58,5
4	53,4
Макс	58,5

Аэродинамические характеристики ВМ-8-01 при
 одиночной (1), параллельной (2), последовательной (3)
 работе на вентиляционную сеть



Рисунок 2.1 – Аэродинамическая характеристика ВМЭ-8-01 и
 аэродинамические характеристики трубопроводов:

- +200-Буродоставочный орт кам 18 (ДБ-4);
- +200-Буродоставочный орт кам 18 (ДБ-5);
- +220-Буродоставочный орт кам 17 (ДБ-5), г.
- +220-Буродоставочный орт кам 18 (ДБ-5); - г.
- +100/198м наклонный съезд;
- +240м подэтажно полевой штрек;
- +220м подэтажно полевой штрек.

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

13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР

Лист

24

2.4 Расчёт потребного количества воздуха для проветривания поддерживаемых выработок

Количество воздуха для проветривания определяется по формулам 2.20 и 2.21:

$$Q_k = 60^{-1} \cdot k \cdot V_k, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.20)$$

– для склада ВМ:

$$Q_k = 60^{-1} \cdot 0,07 \cdot 1680,0 = 2,0 \text{ м}^3/\text{с},$$

– для ремонтных камер:

$$Q_k = 60^{-1} \cdot 0,03 \cdot 4225,0 = 2,1 \text{ м}^3/\text{с},$$

где:

V_k – суммарный объем выработок, м^3 ;

K – коэффициент кратности обмена воздуха в течении 1 часа, принимается равным – 0,07 (для склада ВМ), 0,03 для ремонтных камер:

– для камеры сварочных работ (КСВ):

$$Q_k = 60^{-1} \cdot (G \cdot q_{\text{э}} + N_{\text{п}} \cdot q_{\text{п}} + m_{\text{а}} \cdot q_{\text{а}} + 60V \cdot S_{\text{в.з.}} \cdot n_{\text{в.з.}}), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.21)$$

$$Q_k = 60^{-1} \cdot (0,025 \cdot 70,0 + 1 \cdot 25,0 + 0,0001 \cdot 25,0 + 60 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1) = 1,1 \text{ м}^3/\text{с},$$

где:

G – наибольший расход электродов, кг;

$q_{\text{э}}$ – необходимое количество воздуха на 1 кг расходуемых электродов, $\text{м}^3/\text{мин}$; (принимается для ОММ-5- 70 $\text{м}^3/\text{мин}$; ЦМ-7, ЦМ-8 – 85 $\text{м}^3/\text{мин}$;

УОНИ, К-5, МЗ-04-100 $\text{м}^3/\text{мин}$);

$N_{\text{п}}$ – количество постов электросварки, оборудованных местной вытяжкой;

$q_{\text{п}}$ – количество воздуха на один пост, $\text{м}^3/\text{мин}$ (принимается равным 25 $\text{м}^3/\text{мин}$);

$m_{\text{а}}$ – количество расходуемого ацетилена, м^3 ;

$q_{\text{а}}$ – количество воздуха на 1 м^3 ацетилена, $\text{м}^3/\text{мин}$ (принимается равным 25 $\text{м}^3/\text{мин}$);

V – скорость движения воздуха в вытяжном зонте, м/с (принимается равной 0,7 м/с);

$S_{\text{в.з.}}$ – площадь поперечного сечения вытяжного зонта, м^2 ;

$n_{\text{в.з.}}$ – число вытяжных зонтов.

K поддерживаемым выработкам относятся выработки (таблица 2.8), которые не используются для подачи свежего воздуха на выемочные участки, к забоям очистных и тупиковых выработок, в камеры и для отвода из них исходящей вентиляционной струи формула 2.22:

$$Q_{\text{под.в}} = S \cdot V_{\text{мин}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.22)$$

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		25

где:

S – площадь поперечного сечения выработки в свету, m^2 ;

$V_{мин}$ – минимальная скорость движения воздуха, m/c .

Таблица 2.8 – Поддерживаемые выработки

Гор.	Наименование	P, м	S, м ²	V _{мин} , м/с	Q, м ³ /с
100	ствол "Клетевой" г.+100м	25,1	50,27	0,02	1
180	насосная г.+180м	3,0	29,20	0,01	0,3
180	орт 7 г.+180м	1,0	9,47	0,01	0,1
180	орт 8 г.+180м	28,0	9,47	0,30	2,8
180	с квершлага в РСО	28,0	10,50	0,27	2,8
180	Ствол "Вентиляционный" г.+165 (вхв 161)	20,4	33,20	0,03	1
180	Ствол "Вентиляционный" г.+180м	20,4	33,18	0,18	6
180	вентиляционный квершлаг г.+180м (за ств.)	8,0	10,70	0,07	0,8
180	вв №185 (склад ВМ)	14,0	11,50	0,12	1,4
180	заезд в РСО с откаточного штрека (с КСВ)	32,0	39,00	0,08	3,2
180	Квершлаг ствола "Скиповой" г.+180м	15,0	9,90	0,15	1,5
180	Квершлаг ствола "Клетевой" г.+180м (вхв186)	6,0	10,50	0,06	0,6
260	Квершлаг ствола "Клетевой" г.+260м (вхв)	18,0	10,50	0,17	1,8
260	Квершлаг ствола "Скиповой" г.+260м	16,0	10,90	0,15	1,6
Итого					24,9

2.5 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания выемочного блока и шахты

$$Q_{ш} = k_n \cdot (\sum Q_k + \sum Q_{п} + \sum Q_{ут} + \sum Q_{в.бл} + \sum Q_{от}), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.23)$$

$$Q_{ш} = 1,1 \cdot (24,9 + 58,5 + 17,2 + 11,7 + 10,8) = 1,1 \cdot 123,1 = 135,4 \text{ м}^3/\text{с},$$

где:

k_n – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воздуха при одном, двух, трех и более горизонтах принимается равным 1,05; 1,1; 1,2 соответственно;

$\sum Q_k$ – суммарное количество воздуха для обособленного проветривания технологических камер и поддерживаемых выработок, m^3/c ;

$\sum Q_{п}$ – суммарное количество воздуха для обособленного проветривания подготовительных выработок, проводимых за пределами эксплуатационных участков, m^3/c ;

$\sum Q_{ут}$ – сумма утечек воздуха через вентиляционные сооружения, расположенные за выемочными участками (таблица 6.1), m^3/c ;

$\sum Q_{в.бл}$ – суммарное количество воздуха для проветривания выемочных блоков, м³/с;

$\sum Q_{в.бл}$ – суммарное количество воздуха при откатке горной массы, м³.

Таблица 2.9 – Утечки воздуха

Наименование выработок (мест утечек)	Количество утечек, м ³ /с
г.+260м, квершлаг ств. «Скиповой»	1,9
г.+180м, квершлаг ств. «Скиповой»	1,5
г.+100м, квершлаг ств. «Скиповой»	3,6
Итого	7,0

$$Q_{ш} \geq 60^{-1} \cdot Q_{ч} \cdot N_{ч} \cdot k_3, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.24)$$

$$135,4 \geq 60^{-1} \cdot 6 \cdot 110 \cdot 1,35 = 14,85 \text{ м}^3/\text{с},$$

где:

$Q_{ч} = 60^{-1} \cdot 6 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{чел}$ – норма воздуха на одного человека;

$N_{ч}$ – наибольшее число людей, одновременно находящихся в шахте;

k_3 – коэффициент запаса, при нагнетательном способе и отсутствии аэродинамической связи с поверхностью $k_3 = 1,35$

Основываясь на выводах, изложенных в «Заключении о характере газопроявлений на шахте «Магnezитовая» следует, что возможность образования взрывоопасных концентраций сероводорода на шахте отсутствует.

Максимальные концентрации сероводорода, зарегистрированные на шахте, а также максимально возможные расчетные концентрации во много раз ниже нижнего предела взрывоопасности для этого газа (4,5%). Поэтому проверка $Q_{ш}$ по данному фактору не приводится.

Скорость воздуха в горной выработке определяется по формуле 2.25:

$$V = \frac{Q_{в}}{S_{в}}, \text{ м/с}, \quad (2.25)$$

где:

$Q_{в}$ – количество воздуха, проходящего по выработке, м³/с;

$S_{в}$ – площадь поперечного сечения выработки, м².

– г.+180 замерная станция №2:

$$V = 53,2/18,2 = 2,9 \text{ м/с.},$$

– г.+180 замерная станция №18:

$$V = 59,9/18,4 = 3,25 \text{ м/с}$$

+260м замерная станция №3:

$$V = 11/20,0 = 0,55 \text{ м/с.}$$

Таким образом, скорость воздуха по главным откаточным выработкам не превышает 8 м/с.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		27

2.6 Расчёт производительности главной вентиляционной установки ВОД-40М

Производительность главной вентиляторной установки определяется по формуле 2.26:

$$Q_B = Q_{ш} \cdot k_{вн. ут}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.26)$$

$$Q_B = 135,4 \cdot 1,1 = 148,9 \text{ м}^3/\text{с},$$

где:

$k_{вн. ут}$ – коэффициент, учитывающий утечки через надшахтное здание и вентиляционный канал; принимается для вентилятора на скиповом стволе равным 1,25; на клетевом – 1,20; на вентиляционных стволах (шурфа), используемых для подъема материалов – 1,30; на вентиляционных стволах (шурфах) без подъемных установок – 1,1; на штольнях с транспортированием грузов – 1,20; на штольнях без транспортирования грузов – 1,1.

Для ВОД-40М рабочая точка вентилятор-сеть обеспечит производительность 150 м³/с. Индивидуальная (действительная) характеристика вентилятора ВОД-40М приведена на рисунке 2.2.

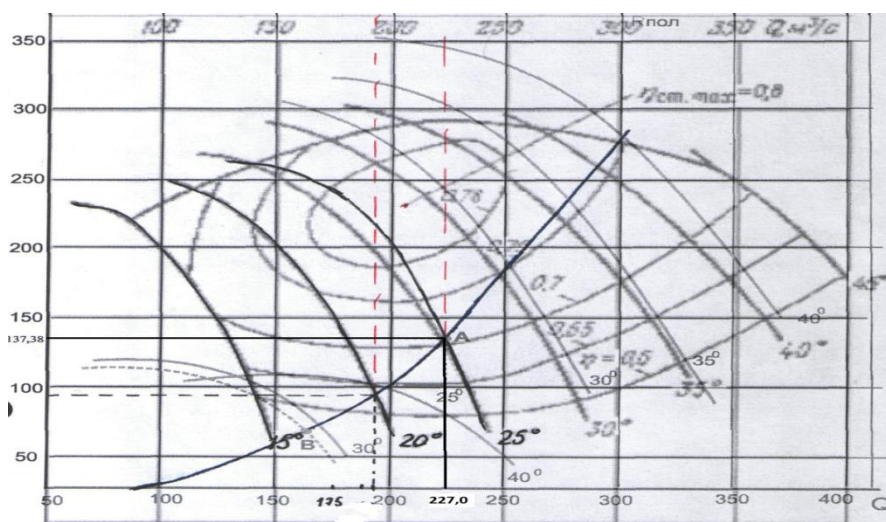


Рисунок 2.2. Индивидуальная (действительная) характеристика вентилятора ВОД-40М

При производительности 150 м³/с внешние утечки составят (исходя из формулы 2.27):

$$Q_{внеш} = (k_{вн. ут} - 1) \cdot Q_B, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.27)$$

$$Q_{внеш} = (1,1 - 1) \cdot 150 = 15, \text{ м}^3/\text{с}$$

Внутренние утечки (исходя из формулы 2.28) составят:

$$Q_{\text{внутр}} = Q_{\text{в}} - Q_{\text{внеш}} - (\sum Q_{\text{к}} + \sum Q_{\text{п}} + \sum Q_{\text{в.бл}}), \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.28)$$

$$Q_{\text{внутр}} = 150 - 15 - (24,9 + 58,5 + 11,7 + 10,8) = 29,1, \text{ м}^3/\text{с}$$

Вывод по разделу два:

Исходя из расчётов, выполненных в разделе 2 видно что количество воздуха нагнетаемое ГВУ ВОД 40М в систему вентиляции достаточно для нормальной работы и безопасности людей шахты «Магнетитовая».

В случае необходимости существует возможность увеличения количества подаваемого на горизонты свежего воздуха путем изменения угла установки лопаток ГВУ ВОД-40М и последующим перераспределением воздуха посредством вентиляционных сооружений. Характеристика вентиляционной сети предоставлена на рисунке 2.3.

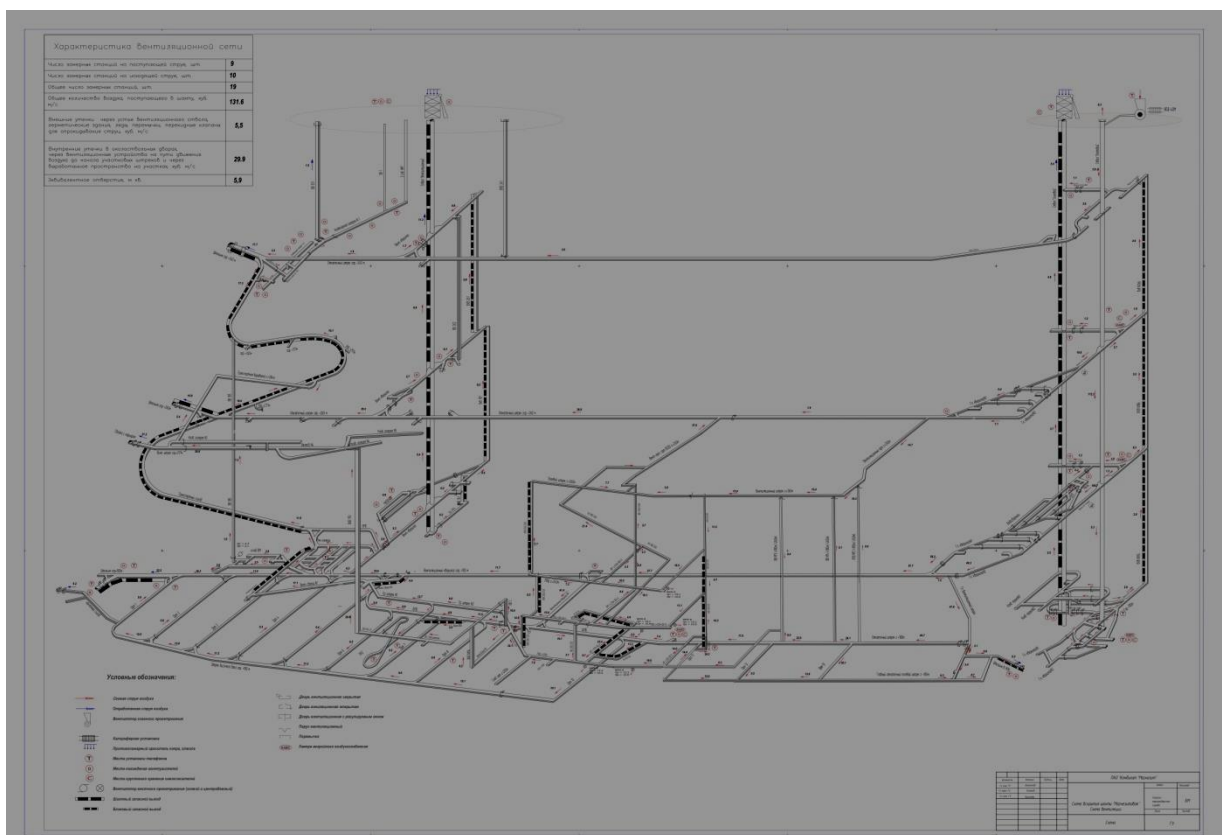


Рисунок 2.3 – Характеристика вентиляционной сети

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

13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР

3 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГРУППЫ СТВОЛОВ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ»

3.1 Оборудование вентиляционной установки

Рассматриваемая вентиляционная установка главного проветривания состоит из одного вентилятора типа ВОД – 40М, приводного синхронного электродвигателя типа 2СДС-3 - 6305 - 16УЗ, системы смазки ЦС - 70М, унифицированного комплекта аппаратуры автоматизации типа УКАВ - 2, здания, калориферной, каналов, фундаментов и глушителя шума.

В здании располагается вентилятор с приводными электродвигателями, системой смазки и унифицированным комплектом аппаратуры автоматизации. Здание оборудовано ручным мостовым краном необходимым для обслуживания и ремонта вентилятора.

Температура в здании поддерживается положительной (не ниже +5°С), чтобы не застывала смазка в маслосистеме вентилятора.

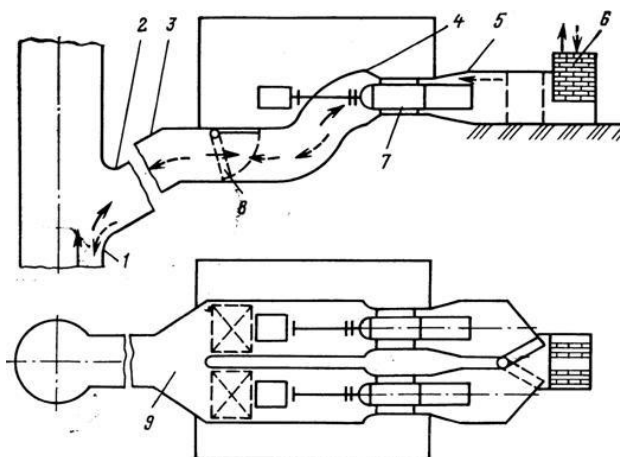


Рисунок 3.1– Схема вентиляционной установки главного проветривания с двумя реверсивными осевыми вентиляторами ВОД-40М.

1 — вентиляционный ствол; 2 — сопряжение; 3 — главный вентиляционный канал; 4 — двойное колено “утка”; 5 — диффузор; 6 — глушитель; 7 — рабочий вентилятор

Для главного проветривания определено также шесть типоразмеров осевых вентиляторов: ВОД-16П; ВОД-18; ВОД-21М; ВОД-30М; ВОД-40М; ВОД-50. Все эти вентиляторы двухступенчатые. Маркировка ВОД обозначает – вентилятор осевой, двухступенчатый; цифра маркировки – выраженный в дециметрах диаметр рабочих колес по концам лопаток. Буквы П и М характеризуют конструктивные особенности.

Вентиляторы типа ВОД имеют (смотреть рисунок 3.2) корпус 1, раму 2, передний 4 и задний 5 опорные блоки, направляющий 6 и спрямляющий 7 аппараты, коллектор 8, кок 9, диффузор 10, трансмиссионный вал 11 с муфтой 12 для соединения с синхронным электродвигателем 13.

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

13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР

Лист

30

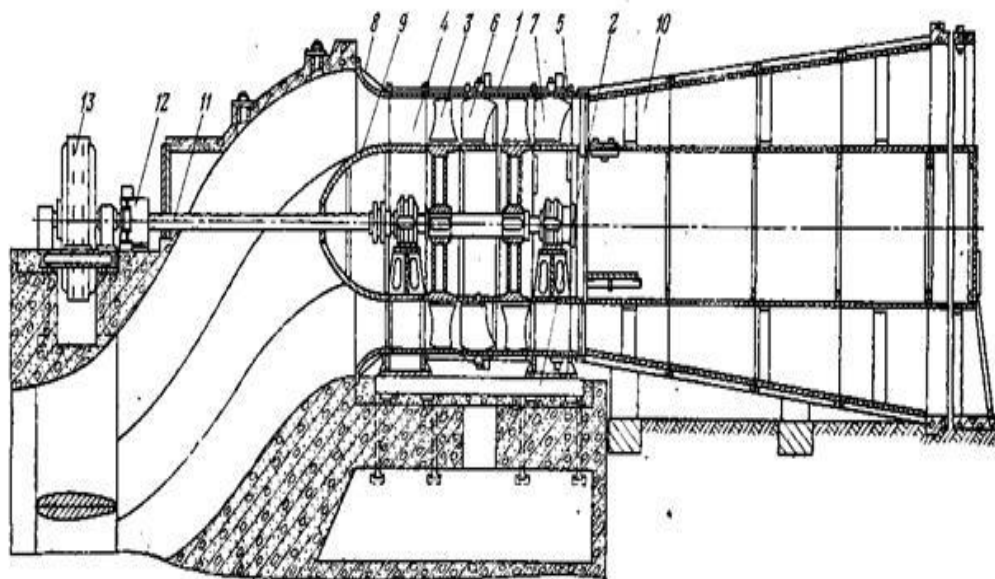


Рисунок 3.2 – Вентиляторы типа ВОД

Технические характеристики вентилятора шахтного ВОД40М приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики вентилятора шахтного ВОД40М

Мощность двигателя, кВт:	1600
Габаритные размеры, мм:	н.д.
Тип (центробежный или осевой):	осевой
Привод (электрический, пневматический или комбинированный):	электрический.
Диаметр рабочего колеса, мм:	4000

Окончание таблицы 3.1

Подача номинальная/ в пределах рабочей области, м ³ /ч:	250 /90-380
Давление номинальное/полное в рабочей области, Па:	2450 /600-3100
КПД вентилятора, %:	83
Масса (без электрооборудования и КСРП), кг:	37500
Назначение:	для вентиляционных установок главного проветривания шахт

Особенность осевых вентиляторов: они выполнены реверсивными, т. е. реверсирование воздушной струи осуществляется изменением направления вращения электродвигателя и соответственно ротора, и изменением угла установки лопаток направляющих и спрямляющих аппаратов.

Большинство вентиляторов регулируется аэродинамическими способами при постоянной частоте вращения.

В этих условиях рациональное применение асинхронных и синхронных электродвигателей трёхфазного переменного тока.

Роторы вентиляторов, особенно центробежных, характеризуются большими динамическими моментами инерции, и поэтому пуск вентиляторов может затянуться, превысив допустимое для двигателя время. До середины 70-х годов при выборе привода крупных вентиляторов ориентировались на применение синхронных двигателей, руководствуясь следующими соображениями. Вентиляторы регулируются аэродинамически при постоянной частоте вращения, пуск двигателя производится редко, он длительное время работает с неполной нагрузкой. В этих условиях применение высокоэкономичных синхронных двигателей будет способствовать улучшению общешахтного коэффициента мощности. В связи с изложенным большинство действующих крупных вентиляторов укомплектовано синхронными двигателями.

Двигатель синхронный тип 2СДС-3-6305-16УЗ

Двигатели синхронные серий СДН-2, СДНЗ-2, СДС-2, СДСЗ-2 16-го и 17-го габаритов предназначены для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, и рассчитаны для работы в продолжительном режиме S1 по ГОСТ 183-74 с питанием от сети переменного тока напряжением 6000 В, частотой 50 Гц.

Двигатели, поставляемые на экспорт, могут изготавливаться на напряжение 6300 и 6600 В с частотой сети 50 и 60 Гц.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		32

Структура условного обозначения

СДХЗ-2-Х-Х-ХХЗ:

СД – синхронный двигатель;

Х – нормальный (Н), специальный (С);

З – закрытый;

2 – номер серии;

Х – габарит (16, 17);

Х – длина сердечника статора, см (19, 21, 26, 31, 36, 39, 41, 44, 46, 49, 51, 56, 59, 64, 71, 74, 89);

Х – число полюсов (6, 8, 10, 12, 16, 20);

ХЗ – климатическое исполнение (У, Т) и категория размещения (3) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

Условия эксплуатации

Высота над уровнем моря не более 1000 м.

Температура окружающего воздуха от минус 20 до 40°С.

Относительная влажность воздуха до 70% при температуре 20°С.

Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Группа условий эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды М1 по ГОСТ 17516.1-90.

По технике безопасности двигателя соответствуют ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.007.1-75.

Двигатели для внутригосударственных и экспортных поставок соответствуют ГОСТ 183-74, ГОСТ 18200-79 и ТУ 16-512.143-77.

Нормативно-технический документ

ТУ 16-512.143-77

Таблица 3.2 – Технические характеристики

Приводной двигатель

Тип 2СДС-3-6305-16УЗ

Номинальная мощность, кВт 1600

Статор

Номинальное напряжение, В 6000

Номинальный ток, А 179

Ротор

Номинальное напряжение, В 87

Номинальный ток, А 240

Номинальная частота оборотов, об/мин. 375

Система привода вентилятора

Синхронный электродвигатель с прямым синхронным пуском

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		33

Двигатели допускают прямой асинхронный пуск от номинального напряжения сети.

Двигатели допускают два пуска из холодного состояния или один пуск из горячего состояния. По согласованию между изготовителем и заказчиком пусковые характеристики могут изменяться.

Направление вращения двигателей правое по ГОСТ 183-74 (для двигателей с двумя свободными концами вала - если смотреть со стороны, противоположной контактными кольцами). Допускается изготовление двигателей с левым вращением.

Возбуждение двигателей осуществляется от тиристорных возбудителей серии ТЕ-8-320 по ТУ 16-515.157-74 с напряжением питающей сети 380 В переменного тока. Возбудители обеспечивают автоматическое регулирование тока возбуждения, в том числе и при аварийных режимах.

Нормы вибрации двигателей частотой вращения 600 мин⁻¹ и более по ГОСТ 20815-75 и ГОСТ 16921-83 (СТ СЭВ 2412-80).

Допустимые уровни шума двигателей соответствуют ГОСТ 16372-84 и ОСТ 16.0.800794-80.

Гарантийный срок эксплуатации двигателей:

– высшей категории качества - 2,5 года со дня начала эксплуатации при гарантийной наработке 12500 ч;

– первой категории качества - 2 года со дня начала эксплуатации при гарантийной наработке 10000 ч;

– поставляемых на экспорт - 12 мес. со дня пуска в эксплуатацию, но не более 36 мес с момента проследования через государственную границу.

Форма исполнения двигателей ИМ 7621 по ГОСТ 2479-79.

Двигатели выполняются с горизонтальным валом с одним свободным цилиндрическим концом по ГОСТ 12080-66, на подшипниках скольжения с кольцевой смазкой.

Двигатели могут изготавливаться следующих модификаций:

– с двумя цилиндрическими концами вала;

– с усиленным одним (двумя) подшипником;

– с комбинированной смазкой одного (двух) подшипника.

Соединение двигателей с рабочими механизмами осуществляется с помощью упругой муфты. Двигатели для преобразовательных агрегатов допускают жесткое соединение валов. При этом в условном обозначении типа двигателя буква Н (нормальный) заменяется на букву С (специальный).

Допускается изготовление двигателей СДС-2, СДСЗ-2 по форме исполнения ИМ 7311 по ГОСТ 2479-79. Обмотка статора двигателей должна иметь шесть выводных концов, расположенных в коробке выводов, и соединяться в "звезду".

3.2 Анализ режима работы

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		34

Для вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магнезитовая» характерна круглосуточная работа, что связано с необходимостью постоянного проветривания шахтных выработок.

Расчётом необходимых значений подачи вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик занимается участок «Вентиляция».

В настоящее время вентиляционная установка шахты «Магнезитовая» имеет два годовых периода работы: зимний период продолжительностью семь месяцев и летний период продолжительностью соответственно пять месяцев. Переход из одного периода работы в другой заключается в изменении производительности (подачи) вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик, что обуславливается изменением температуры воздуха окружающей среды.

Значения подачи и других аэродинамических характеристик летнего периода эксплуатации вентиляционной установки являются базовыми, то есть необходимыми для проветривания шахты на данном этапе её разработки. В зимний период при температуре воздуха окружающей среды ниже 0°C эти параметры приходится уменьшать до определённого минимального значения, чтобы не допустить обмерзания ствола шахты. В связи с этим изменение производительности вентиляционной установки происходит два раза в год. При чём каждое переключение сопровождается остановкой вентиляционной установки и простоем добычи сидерита в течение двух смен.

На сегодняшний день по сведениям участка «Вентиляция» и участка «Электроснабжение» летнему и зимнему периодам работы вентиляционной установки соответствуют следующие параметры:

– летний период:

- а) угол поворота лопаток рабочего колеса равен 35° ;
- б) подача вентиляционной установки $Q_{л.л.} = 165\text{м}^3/\text{с}$;
- в) статическое давление вентиляционной установки $p_{SV_{ул.л.}} = 2450\text{ Па}$;
- г) потребляемая мощность (мощность на валу вентилятора) $N_{л.л.} = 1100\text{ кВт}$;
- д) частота вращения вентилятора $n_{л.л.} = 375\text{ об/мин}$;
- е) статический к.п.д. вентиляционной установки $\eta_{SV_{ул.л.}} = 0,7$;
- ж) мощность потребляемая приводным электродвигателем из сети
 $P_{л.л.} = 1280\text{ кВт}$.

– зимний период:

- а) угол поворота лопаток рабочего колеса равен 25° ;
- б) подача вентиляционной установки $Q_{л.л.} = 130\text{м}^3/\text{с}$;
- в) статическое давление вентиляционной установки $p_{SV_{ул.л.}} = 1082,5\text{ Па}$;
- г) потребляемая мощность (мощность на валу вентилятора) $N_{л.л.} = 525\text{ кВт}$;
- д) частота вращения вентилятора $n_{л.л.} = 375\text{ об/мин}$;
- е) статический к.п.д. вентиляционной установки $\eta_{SV_{ул.л.}} = 0,6$;
- ж) мощность потребляемая приводным электродвигателем из сети
 $P_{л.л.} = 750\text{ кВт}$.

При регулировании производительности (подачи) вентиляционной установки за счёт изменения частоты вращения приводного электродвигателя необходимо:

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		35

- определить частоту вращения приводного электродвигателя для зимнего и летнего периодов работы вентиляционной установки;
- произвести расчёт аэродинамических характеристик вентиляционной установки при полученных скоростях вращения приводного электродвигателя;
- определить мощность, потребляемую приводным электродвигателем из сети для зимнего и летнего периодов работы вентиляционной установки.

3.3 Проблемы модернизации и пути её решения

Вентиляционная установка главного проветривания – одно из наиболее ответственных звеньев современного горнодобывающего предприятия, предъявляющее повышенные требования к электроприводу вентилятора и системе управления вентиляционной установкой.

Для вентиляционной установки главного проветривания шахты характерны круглосуточная работа, большая мощность на валу вентилятора и динамический момент инерции его ротора.

Электропривод вентилятора должен быть рассчитан на длительную работу с номинальной нагрузкой, а так же с пониженной нагрузкой, в случае регулирования производительности вентиляционной установки изменения скорости вращения ротора вентилятора.

Так же он должен обеспечивать пуск и разгон вентилятора с большим динамическим моментом инерции до номинальной частоты вращения, обладать высокой экономичностью и надежностью, иметь необходимые элементы контроля (контроля обмоток, подшипников). Два первых требования являются определяющими при выборе электродвигателя. Невыполнение одного из них исключает применение электродвигателя в приводе вентилятора.

На сегодняшний день в электроприводе вентиляционной установки используются электродвигатель типа 2СДС - 3 - 6305 - 16УЗ.

Электропривод по системе преобразователь частоты — синхронный двигатель.

Основной областью применения синхронных электродвигателей до недавнего времени были нерегулируемые электропривода большой мощности. Появление преобразователей частоты определило практические возможности создания регулируемых синхронных электроприводов по системе преобразователь частоты — синхронный двигатель.

Регулируя величину тока, можно изменять момент, развиваемый двигателем. Регулирование скорости в приводах рассматриваемого типа обычно производится введением внешнего контура регулирования скорости.

Поскольку в данной схеме входной выпрямитель принят управляемым, то возможен режим рекуперативного торможения.

Определенным недостатком рассматриваемой схемы является усложнение коммутации тиристоров инвертора при малых скоростях ($ниже 0,1 \cdot \omega_n$), так как при этом ЭДС двигателя становится недостаточной для естественной коммутации вентилей зависимого инвертора.

В этом случае, при пуске двигателя до скорости $0,1 \cdot \omega_n$ для обеспечения запи-

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		36

рания вентиляей инвертора приходится прерывать ток, запирая тиристоры выпрямителя, что усложняет схему его управления.

В последние годы с появлением IGB - транзисторов и запираемых тиристоров стали применять схемы с принудительной коммутацией вентиляей инвертора, что повышает регулировочные свойства вентиляного двигателя и дает возможность его использования для динамичных электроприводов с широким диапазоном регулирования скорости.

На вентиляционной установке главного проветривания шахты «Магнетитовая» эксплуатируется вентилятор типа ВОД – 40М с диаметром рабочего колеса равным 4 м, полезной мощностью на валу равной 670 кВт и динамическим моментом инерции равным 12800 кг м².

Электропривод установки выполнен на базе синхронного электродвигателя типа 2СДС-3-6305 -16УЗ с номинальной мощностью равной 1600 кВт и номинальной частотой вращения ротора равной 375 об/мин, возбуждение электродвигателя осуществляется от тиристорного возбуждательного устройства типа ТВ - 320 Р1. В связи с возможным выходом из строя приводного электродвигателя предусмотрен его «холодный» резерв.

Учитывая тип и технические параметры электродвигателя, режим работы вентиляционной установки шахты «Магнетитовая» и рассмотрев системы регулирования скорости вращения вентилятора, можно сделать вывод, что экономически целесообразнее будет использовать систему преобразователь частоты — синхронный двигатель.

Это обуславливается тем, что в данном случае денежные затраты пойдут на приобретение, доставку, монтаж и наладку только самой системы регулирования, при выборе же другой из вышеперечисленных систем помимо этого будут присутствовать и затраты на замену приводных электродвигателей (рабочего и резервного).

Необходимо выполнить систему регулирования производительности вентиляционной установки с минимальными затратами на приобретение оборудования, в связи с этим целесообразнее использовать разомкнутую систему регулирования, что обуславливается следующими факторами:

— при данной системе регулирования производительности вентиляционной установки денежные затраты на покупку, доставку, монтаж и наладку оборудования будут минимальными;

— отсутствие на предприятии специалистов по обслуживанию микроконтроллеров.

Модернизация заключается в создании разомкнутой системы регулирования производительности вентиляционной установки, при которой подача вентилятора будет регулироваться на ходу, за счёт изменения скорости вращения приводного электродвигателя, что приведёт к отсутствию простоя добычи сидерита и снижению расхода электроэнергии.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		37

Вывод по разделу три:

Учитывая тип и технические параметры электродвигателя, режим работы вентиляционной установки шахты «Магнитовая» и рассмотрев системы регулирования скорости вращения вентилятора, можно сделать вывод, что экономически целесообразнее будет использовать систему преобразователь частоты — синхронный двигатель.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		38

4 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

4.1 Определение параметров работы вентиляционной установки центральной группы стволов шахты «Магnezитовая» для зимнего и летнего периодов эксплуатации.

По требованию участка «Вентиляция» при расчёте параметров работы вентиляционной установки, значения аэродинамических показателей для каждого из периодов работы установки должны быть не меньше существующих.

Для летнего периода эксплуатации вентиляционной установки принимаем параметры работы идентичные существующим, при этом угол поворота лопаток рабочих колёс равный 35° будет оставаться постоянным как для летнего, так и для зимнего периодов эксплуатации установки вентиляционной установки.

В связи с этим необходимо определить минимальную частоту вращения приводного электродвигателя в зимний период работы $n_{з.п.}$, при повороте лопаток рабочих колёс равным 35° , которая будет обеспечивать подачу вентилятора для зимнего периода, равную $130 \text{ м}^3/\text{с}$.

Частота вращения приводного электродвигателя в зимний период работы вентиляционной установки $n_{з.п.}$, об/мин рассчитывается по формуле 4.1:

$$n_{з.п.} = \frac{Q_{з.п.} * n_{л.п.}}{Q_{л.п.}}, \quad (4.1)$$

где:

$Q_{з.п.}$ — подача вентилятора в зимний период, $\text{м}^3/\text{с}$;

$n_{з.п.}$ — частота вращения приводного электродвигателя в зимний период, об/мин;

$Q_{л.п.}$ — подача вентилятора в летний период, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$n_{з.п.} = \frac{130 * 375}{165} = 295 \text{ об/мин}$$

Статическое давление вентиляционной установки p_{svy} , Парасчитывается по формуле 4.2:

$$p_{svy} = p_{svyи} * \frac{p}{p_n} * \left(\frac{n}{n_n}\right)^2 * \left(\frac{D}{D_n}\right)^2, \quad (4.2)$$

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		39

где:

$p_{sv_{уи}}$ - исходное статическое давление вентиляционной установки, Па;

p — плотность воздуха, кг/м³;

p_n — плотность нормального воздуха, кг/м³, принимаем $p_n = 1,2$ кг/м³;

n — проектируемая частота вращения электродвигателя, об/мин;

n_i — исходная частота вращения электродвигателя, об/мин;

D_i — диаметр ротора исходного вентилятора, мм;

D — диаметр ротора проектируемого вентилятора, мм.

Так как не происходит замены самого вентилятора, то $D_n = D = 4000$ мм.

За исходные параметры принимаются параметры летнего периода работы, при угле поворота лопаток рабочего колеса равным 35°.

Плотность воздуха p , кг/м³ рассчитывается по формуле 4.3:

$$p = p_n * \frac{p * T_n}{p_n * T}, \quad (4.3)$$

где p_n — давление нормального воздуха, Па, принимается $p_n = 101400$ Па;

p_n — плотность нормального воздуха, кг/м³, принимается $p_n = 1,2$ кг/м³;

T_n — температура нормального воздуха, К, принимается $T_n = 293$ К;

p — давление воздуха в зависимости от высоты местности над уровнем моря, Па, принимаем $p = 95500$ Па;

T — температура воздуха, К, принимаем $T = 258$ К.

Плотность воздуха в зимний период $p_{з.п.}$, кг/м³

$$p_{з.п.} = 1,2 * \frac{95500 * 293}{101400 * 258} = 1,28 \text{ кг/м}^3$$

Статическое давление вентиляционной установки в зимний период работы $p_{sv_{уз.п}}$, Па

$$p_{sv_{уз.п}} = 2055 * \frac{1,28}{1,2} * \left(\frac{295}{375}\right)^2 = 1937 \text{ Па}$$

Мощность на валу вентилятора N , Вт рассчитывается по формуле 4.4:

$$N = N_i * \frac{p}{p_n} * \left(\frac{n}{n_i}\right)^3 * \left(\frac{D}{D_i}\right)^5, \quad (4.4)$$

где N_i — исходная мощность вентилятора, кВт.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		40

Мощность на валу вентилятора в зимний период $N_{з.п.}$, кВт

Статический к.п.д. вентиляционной установки η_{svy} рассчитывается по формуле 4.5:

$$\eta_{svy} = \frac{Q \cdot p_{svy}}{100 \cdot N} * \beta \quad (4.5)$$

где β — коэффициент сжимаемости воздуха в вентиляторе, принимаем $\beta = 92,8$.

Статический к.п.д. вентиляционной установки в зимний период

$$\eta_{svyз.п.} = \frac{130 * 1937}{100 * 525000} * 92,8 = 0,5$$

Мощность, потребляемая приводным электродвигателем из сети в зимний период работы $P_{зп}$, кВт рассчитывается по формуле 4.6:

$$P_{з.п.} = \frac{N_{з.п.}}{\eta_{svyз.п.}}, \quad (4.6)$$

$$P_{з.п.} = \frac{525}{0,5} = 1050 \text{ кВт}.$$

Из расчёта видно, что для обеспечения подачи вентилятора для зимнего периода, равной $130 \text{ м}^3/\text{с}$, при угле поворота лопаток рабочих колёс равным 35° , необходимо установить частоту вращения приводного электродвигателя равной 295 об/мин .

При этом аэродинамические показатели работы вентиляционной установки для данного периода будут отвечать всем требованиям участка «Вентиляция».

Так же из расчёта видно, что при регулировании производительности (подачи) вентиляционной установки за счёт изменения частоты вращения приводного электродвигателя, снижается мощность, потребляемая им из сети, что обуславливается повышением статического к.п.д. установки.

По выше перечисленным формулам была составлена математическая модель работы вентиляционной установки и выявлены зависимости изменения аэродинамических и энергетических показателей работы установки от изменения частоты вращения её приводного электродвигателя в зимний и летний периоды работы установки, при угле поворота лопаток рабочих колёс вентилятора, равном 35° .

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		41

4.2 Выбор и описание преобразователя частоты

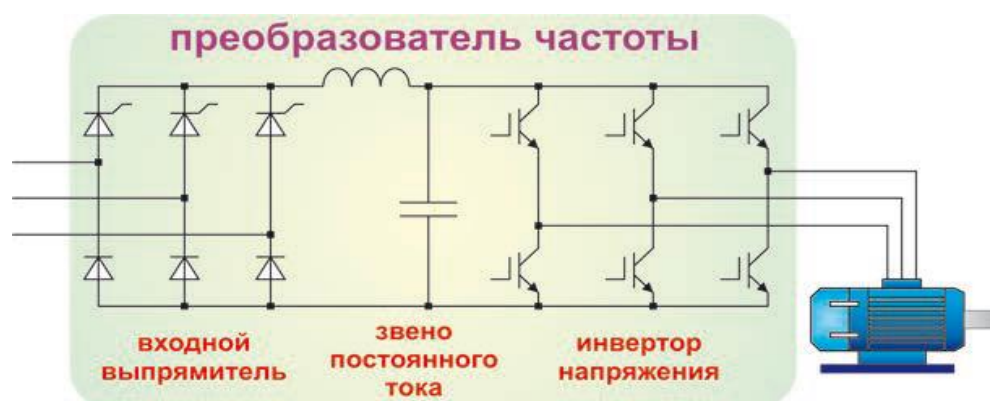


Рисунок 4.1 – Преобразователь частоты

Преобразователи частоты – это важнейший элемент энергосберегающего регулируемого электропривода. Основная функция преобразователя частоты – преобразование входного сетевого напряжения постоянной амплитуды и частоты в выходное трехфазное напряжение с требуемой частотой и амплитудой. Благодаря такому преобразованию появляется возможность гибкого и плавного управления скоростью вращения вала двигателя, что в свою очередь обеспечивает значительное снижение мощности, потребляемой электроприводом, за счет оптимизации режимов работы оборудования. (см. рисунок 4.1)

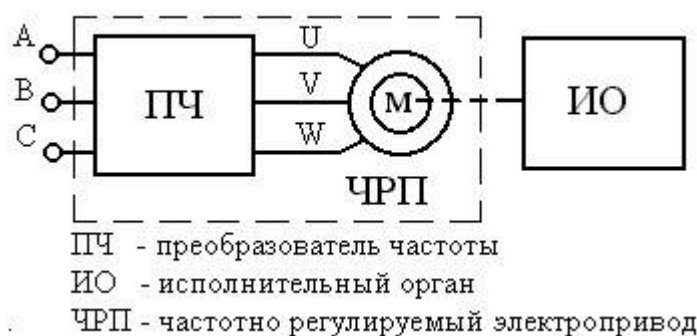


Рисунок 4.2 – Современный частотно регулируемый электропривод

Современный частотно регулируемый электропривод состоит из асинхронного или синхронного электрического двигателя и преобразователя частоты (см. рисунок 4.2)

Электрический двигатель преобразует электрическую энергию в механическую энергию и приводит в движение исполнительный орган технологического механизма.

Преобразователь частоты управляет электрическим двигателем и представляет собой электронное статическое устройство. На выходе преобразователя формируется электрическое напряжение с переменными амплитудой и частотой.

Название «частотно регулируемый электропривод» обусловлено тем, что регулирование скорости вращения двигателя осуществляется изменением частоты напряжения питания, подаваемого на двигатель от преобразователя частоты.

На протяжении последних 10 –15 лет в мире наблюдается широкое и успешное внедрение частотно регулируемого электропривода для решения различных технологических задач во многие отрасли экономики. Это объясняется в первую очередь разработкой и созданием преобразователей частоты на принципиально новой элементной базе, главным образом на биполярных транзисторах с изолированным затвором IGBT.

В настоящей статье коротко описаны известные сегодня типы преобразователей частоты, применяемые в частотно регулируемом электроприводе, реализованные в них методы управления, их особенности и характеристики.

При дальнейших рассуждениях будем говорить о трехфазном частотно регулируемом электроприводе, так как он имеет наибольшее промышленное применение.

О методах управления

В синхронном электрическом двигателе частота вращения ротора n_2 в установленном режиме равна частоте вращения магнитного поля статора n_1

В асинхронном электрическом двигателе частота вращения ротора n_2 в установленном режиме отличается от частоты вращения n_1 на величину скольжения s .

Частота вращения магнитного поля n_1 зависит от частоты напряжения питания. При питании обмотки статора электрического двигателя трехфазным напряжением с частотой f создается вращающееся магнитное поле. Скорость вращения этого поля определяется по известной формуле 4.7:

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{P}, \quad (4.7)$$

где P – число пар полюсов статора.

Переход от скорости вращения поля ω_1 , измеряемой в радианах, к частоте вращения n_1 , выраженной в оборотах в минуту, осуществляется по следующей формуле 4.8:

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		43

$$n_1 = \frac{60}{2\pi} \omega_1, \quad (4.8)$$

где 60 – коэффициент пересчета размерности.

Подставив в это уравнение скорость вращения поля, ω_1 получим, что:

$$n_1 = \frac{60f}{p}. \quad (4.9)$$

Таким образом, частота вращения ротора синхронного и асинхронного двигателей зависит от частоты напряжения питания.

На этой зависимости и основан метод частотного регулирования.

Изменяя с помощью преобразователя частоту f на входе двигателя, мы регулируем частоту вращения ротора.

В наиболее распространенном частотно регулируемом приводе на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором применяются скалярное и векторное частотное управление.

При скалярном управлении по определенному закону изменяют амплитуду и частоту приложенного к двигателю напряжения.

Изменение частоты питающего напряжения приводит к отклонению от расчетных значений максимального и пускового моментов двигателя, к.п.д., коэффициента мощности. Поэтому для поддержания требуемых рабочих характеристик двигателя необходимо с изменением частоты одновременно соответственно изменять и амплитуду напряжения.

В существующих преобразователях частоты при скалярном управлении чаще всего поддерживается постоянное отношение максимального момента двигателя к моменту сопротивления на валу. То есть при изменении частоты амплитуда напряжения изменяется таким образом, что отношение максимального момента двигателя к текущему моменту нагрузки остается неизменным.

Это отношение называется перегрузочная способность двигателя.

При постоянстве перегрузочной способности номинальные коэффициент мощности и к.п.д. двигателя на всем диапазоне регулирования частоты вращения практически не изменяются.

Максимальный момент, развиваемый двигателем, определяется следующей зависимостью и рассчитывается по формуле 4.10:

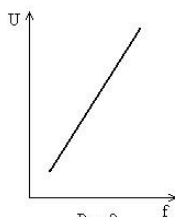


Рисунок 4.3 – Характер зависимости напряжения питания от частоты для случая с постоянным моментом нагрузки

$$M_{\text{max.}} = k \frac{U^2}{f^2}, \quad (4.10)$$

где k – постоянный коэффициент.

Поэтому зависимость напряжения питания от частоты определяется характером нагрузки на валу электрического двигателя.

Для постоянного момента нагрузки поддерживается отношение $U/f = \text{const}$, и, по сути, обеспечивается постоянство максимального момента двигателя.

Характер зависимости напряжения питания от частоты для случая с постоянным моментом нагрузки изображен на рисунке 4.3. Угол наклона прямой на графике зависит от величин момента сопротивления и максимального крутящего момента двигателя.

Вместе с тем на малых частотах, начиная с некоторого значения частоты, максимальный момент двигателя начинает падать. Для компенсации этого и для увеличения пускового момента используется повышение уровня напряжения питания.

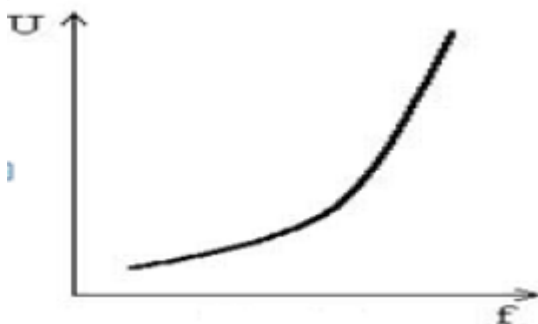


Рисунок 4.4 – Характер зависимости напряжения питания от частоты

В случае вентиляторной нагрузки реализуется зависимость $U/f^2 = \text{const}$. Характер зависимости напряжения питания от частоты для этого случая показан на рисунке 4.4. При регулировании в области малых частот максимальный момент также уменьшается, но для данного типа нагрузки это не критично.

Используя зависимость максимального крутящего момента от напряжения и частоты, можно построить график U от f для любого типа нагрузки.

Важным достоинством скалярного метода является возможность одновременного управления группой электродвигателей.

Скалярное управление достаточно для большинства практических случаев применения частотно регулируемого электропривода с диапазоном регулирования частоты вращения двигателя до 1:40.

Векторное управление позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода.

Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя.

Вращающий момент определяется током статора, который создает возбуждающее магнитное поле.

При непосредственном управлении моментом необходимо изменять кроме амплитуды и фазу статорного тока, то есть вектор тока. Этим и обусловлен термин «векторное управление».

Для управления вектором тока, а, следовательно, положением магнитного потока статора относительно вращающегося ротора требуется знать точное положение ротора в любой момент времени. Задача решается либо с помощью выносного датчика положения ротора, либо определением положения ротора путем вычислений по другим параметрам двигателя. В качестве этих параметров используются токи и напряжения статорных обмоток.

Менее дорогим является частотно регулируемый электропривод с векторным управлением без датчика обратной связи скорости, однако векторное управление при этом требует большого объема и высокой скорости вычислений от преобразователя частоты.

Кроме того, для непосредственного управления моментом при малых, близких к нулевым скоростям вращения работа частотно регулируемого электропривода без обратной связи по скорости невозможна.

Векторное управление с датчиком обратной связи скорости обеспечивает диапазон регулирования до 1:1000 и выше, точность регулирования по скорости – сотые доли процента, точность по моменту – единицы процентов.

В синхронном частотно регулируемом приводе применяются те же методы управления, что и в асинхронном.

Однако в чистом виде частотное регулирование частоты вращения синхронных двигателей применяется только при малых мощностях, когда нагрузочные моменты невелики, и мала инерция приводного механизма. При больших мощностях этим условиям полностью отвечает лишь привод с вентиляторной нагрузкой. В случаях с другими типами нагрузки двигатель может выпасть из синхронизма.

Для синхронных электроприводов большой мощности применяется метод частотного управления с самосинхронизацией, который исключает выпадение двигателя из синхронизма.

Особенность метода состоит в том, что управление преобразователем частоты осуществляется в строгом соответствии с положением ротора двигателя.

Основываясь на данных электрооборудования главной вентиляционной установки ВОД-40М выбираем частотный преобразователь ATV1200-A1750-6060 производства SchneiderElectric.

Компания SchneiderElectric представила в августе 2013 года преобразователь частоты для управления электродвигателями среднего напряжения Altivar 1200. КПД нового преобразователя, с учетом потерь на охлаждение, составляет 96,5% при КПД инвертора 98,5%.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		46

Рабочее напряжение устройства от 3 до 10 кВ, а мощность – от 315 до 16 200 кВА.

Коэффициент гармоник менее 2%.

Преобразователь частоты Altivar 1200 обеспечивает энергосбережение в среднем до 30% и использует самые передовые разработки SchneiderElectric. В базовой комплектации доступны: отдельная система охлаждения силовой и контрольной частей, трансформатор с интегрированными воздухопроводами работающий до +90С, встроенный источник бесперебойного питания АРС bySchneiderElectric на 30 минут, покрытие для химически агрессивных сред, подсветка шкафа, исполнения IP31, IP41 или IP42.

Altivar 1200 обладает крупным 10-ти дюймовым сенсорным дисплеем и простым программным обеспечением, что позволяет осуществлять запуск преобразователя в несколько касаний.

Преобразователь может управлять как асинхронными, так и синхронными двигателями, системами каскадного пуска и сетевым байпасом, а также может работать в системах с обратной связью.

Для повышения надежности Altivar 1200 может комплектоваться твердотельным байпасом силовых ячеек. Преобразователь очень прост в эксплуатации и обслуживании, фронтальный доступ ко всем элементам позволяет установить его вплотную к стене. Комбинированный шкаф до 30% компактнее аналогов.

Чистая синусоидальная форма тока на выходе Altivar 1200 безопасна для изоляции даже очень старых двигателей.

Пониженный коэффициент гармоник обеспечивает безопасность сети, а безопасность самого устройства достигается за счет системы блокирующих замков, болтов пломбировки, блокировки доступа и системы сигнализации. Altivar 1200 - Высоковольтный преобразователь частоты мощностью от 315 до 16,200 кВА показан на рисунке 4.5.



Рисункок 4.5 – Altivar 1200 - Высоковольтный преобразователь частоты мощностью от 315 до 16,200 кВА

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		47

Преобразователь частоты Altivar 1200 предназначен для управления трехфазными асинхронными и синхронными двигателями с номинальным напряжением от 2.4 до 11 кВ. В таблицах 4.1 и 4.2 показаны технические и основные характеристики преобразователя.

Таблица 4.1 – Технические характеристики преобразователя частоты для напряжения сети 6.0 кВ и номинального напряжения двигателя 6.0 кВ

Условное обозначение преобразователя частоты	Полная мощность [кВА]	Расчетная мощность двигателя [кВт]	Максимальный ток в установившемся режиме [А]	Номинальный ток инверторной ячейки [А]	Количество инверторных ячеек	Пульсность схемы выпрямления	Масса
ATV1200 -A1750- 6060	1750	1463	168	200	15	30	5500

Таблица 4.2 – Основные технические характеристики частотного преобразователя Altivar 1200

Воздействие на питающую сеть	Эквивалент 18-54 пульсной схемы выпрямления
Формирование кривой выходного напряжения	Многоуровневая широтно-импульсная модуляция с последовательным соединением двухуровневых инверторных ячеек на низковольтных IGBT-транзисторах
Сетевое питание	■ 2.4 кВ, 3.0 кВ, 3.3 кВ, 4.16 кВ, 5.5 кВ, 6.0 кВ, 6.3 кВ, 6.6 кВ, 6.9 кВ, 10 кВ, 11 кВ, 13.8 кВ
Работа при пониженном напряжении сети	Преобразователь частоты будет продолжать работу с корректировкой характеристик при снижении напряжения питающей сети на 25%
Частота сетевого питания	50/60 Гц ±5%
Время разгона/торможения	0-3200 с

Продолжение таблицы 4.2

Перегрузочная способность	Для нагрузки с переменным моментом 120% в течение 60 секунд каждые 10 минут и 150% в течение 3 секунд каждые 10 минут, пороговое значение мгновенного отключения - 200% Для нагрузки с постоянным моментом 150% в течение 60 секунд каждые 10 минут и 185% в течение 3 секунд каждые 10 минут, пороговое значение мгновенного отключения - 250%
Суммарный коэффициент нелинейных искажений по току THD(i)	Соответствует требованиям стандарта IEEE 519-1992
Точность задания частоты	0.01 Гц
Передача сигналов управления	Оптоволокно
Коэффициент мощности	≥ 0.96 в диапазоне изменения нагрузки от 20 % до 100 %
Коэффициент полезного действия	КПД преобразователя частоты с учетом трансформатора: 96% или 96.5% в зависимости от типа трансформатора КПД инвертора: 98.5%
Применение	Управление асинхронными и синхронными электродвигателями
Диапазон выходного напряжения	0...2400 В - 0...3000 В - 0...3300 В - 0...4160 В - 0...5500 В - 0...6000 В 0...6300 В - 0...6600 В - 0...6900 В - 0...10000 В - 0...11000 В
Диапазон выходной частоты	0...120 Гц для скалярного (U/f) управления, 0...70 Гц для векторного управления

Окончание таблицы 4.2

Силовой трансформатор	Сухой, многообмоточный, устанавливается в секцию преобразователя частоты с обеспечением режима охлаждения, схема соединения вторичных обмоток по воздействию на питающую сеть эквивалентна 18-54 импульсной схеме выпрямления в зависимости от выходного напряжения преобразователя частоты
Питание цепей управления	220 В АС, 3 кВА, иные напряжения по запросу, встроенный источник бесперебойного питания для автономной работы в течение 30 минут
Степень защиты	Базовая комплектация: IP31 По запросу: IP41, IP42
Питание вентиляторов охлаждения	Питание от вторичной обмотки силового трансформатора (дополнительный источник питания не требуется)
Окраска шкафа	RAL 7032
Способ охлаждения	Воздушное, принудительное
Соответствие стандартам	МЭК (IEC) 61800-3, МЭК (IEC) 61800-4, МЭК (IEC) 61800-5-1, МЭК (IEC) 60204-11, МЭК (IEC) 60529, IEEE 519, ГОСТ 14693-90 (пп.2.8.1-2.8.9, р.3), ГСТ 1516.3-96, ГОСТ Р 51317.6.2-2007, ГОСТ Р 51317.6.4-2009
Уровень шума преобразователя	≤ 80 дБ(А) (с учетом шума вентиляторов охлаждения на крыше преобразователя частоты)
Категория перенапряжения	Категория II в соответствии с МЭК (IEC) 61800-5-1

Силовая схема преобразователя (рисунок 4.6) состоит из многообмоточного трансформатора и электронных инверторных ячеек. Количество вторичных обмоток трансформаторов в известных схемах достигает 18. Вторичные обмотки электрически сдвинуты относительно друг друга.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		50

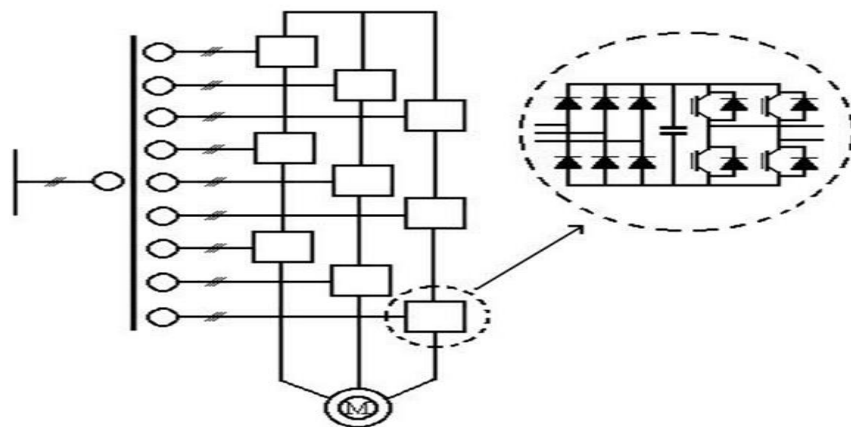


Рисунок 4.6 – Схема преобразователя с многообмоточным трансформатором

Это позволяет использовать низковольтные инверторные ячейки. Ячейка выполняется по схеме: неуправляемый трехфазный выпрямитель, емкостной фильтр, однофазный инвертор на IGBT транзисторах.

Выходы ячеек соединяются последовательно. В приведенном примере каждая фаза питания электродвигателя содержит три ячейки.

По своим характеристикам преобразователи находятся ближе к схеме с последовательным включением электронных ключей.

Технология преобразователя частоты

Использование двухуровневых ячеек для построения многоуровневого инвертора напряжения значительно упрощает понимание принципов работы преобразователя частоты среднего напряжения и, в конечном итоге, экономит средства на обслуживание оборудования, поскольку эксплуатационному персоналу легко изучить Altivar 1200.

Основным компонентом преобразователя частоты Altivar 1200 является ячейка инвертора (рисунок 4.7), представляющая собой однофазный двухуровневый инвертор напряжения, получающий питание от одной из вторичных обмоток многообмоточного силового трансформатора. Напряжение вторичной обмотки трансформатора - 700 В.

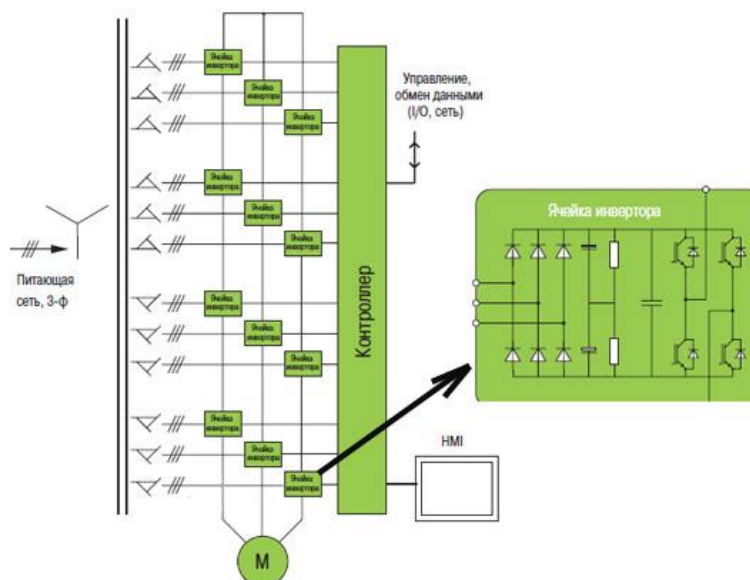
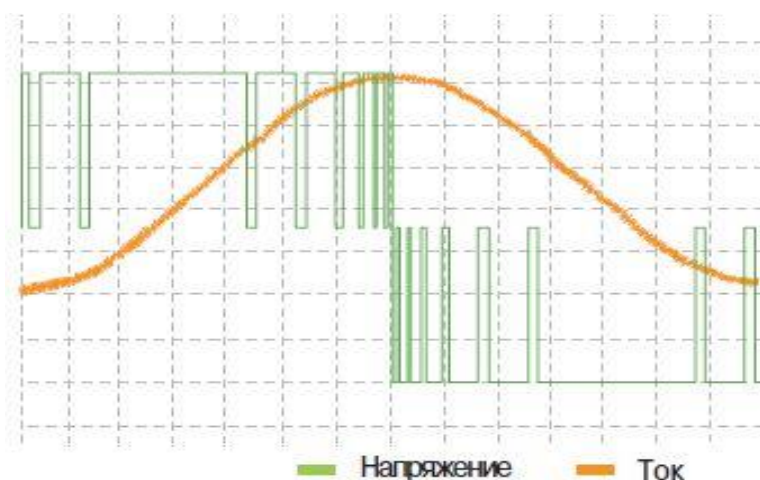


Рисунок 4.7 – Ячейка инвертора

Огромное преимущество многоуровневой топологии заключается в использовании в качестве переключающих элементов современных низковольтных электронных компонентов.

Кривая выходного напряжения формируется последовательным соединением двухуровневых инверторных ячеек. Количество используемых ячеек определяется необходимым напряжением на выходе преобразователя частоты. Большое количество ячеек обеспечивает маленький „шаг“ результирующей кривой напряжения, и, как следствие, отсутствие негативного влияния на обмотки двигателя. Смещение вторичных обмоток трансформатора позволяет получить эквивалент многопульсной схемы выпрямления и синусоидальную кривую тока, потребляемого из сети.



Форма напряжения на выходе инверторной ячейки

Рисунок 4.8 – Форма напряжения на выходе инверторной ячейки

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

Простая и понятная архитектура преобразователя частоты позволяет экономить средства на обучение обслуживающего персонала и при проведении обслуживания.

Требуется минимальное количество запасных частей, поскольку все инверторные ячейки преобразователя частоты абсолютно идентичны.

Кривая напряжения на выходе преобразователя частоты исключает негативное воздействие на обмотки электродвигателя благодаря малому “шагу” напряжения каждой инверторной ячейки.

Однофазные инверторные ячейки являются составной частью частотных преобразователей или инверторов.

Каждая ячейка состоит из трехфазного диодного выпрямителя, фильтра и однофазного инвертора на IGBT транзисторах, осуществляющего обратное преобразование постоянного напряжения в переменное с помощью ШИМ (широтно-импульсной модуляции).

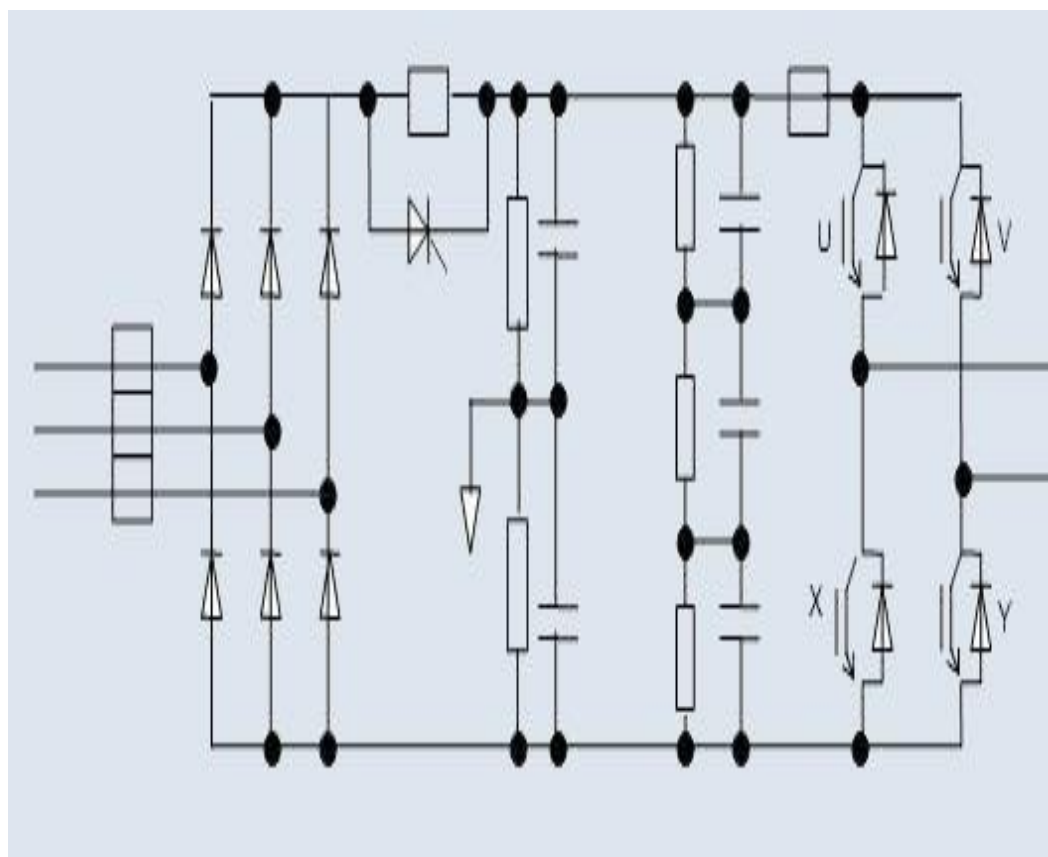


Рисунок 4.9 – Инверторная ячейка

ШИМ – это импульсный способ задания аналогового сигнала, где сигнал представляется в виде импульсов. Управляя IGBT транзисторами инверторной ячейки, их включением и выключением, получим импульсное напряжение положительной и отрицательной полярности. Если изменять их скважность (отношение длительности периода к длительности импульса), то можно изменять площадь импульсов,

а значит и среднее значение напряжения на выходе. Таким образом получаем псевдосинусоидальную форму выходного напряжения.

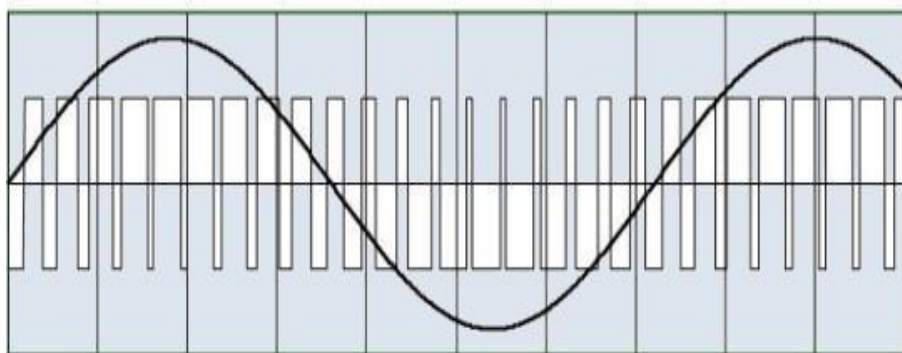


Рисунок 4.10 – Псевдосинусоидальная форма выходного напряжения.

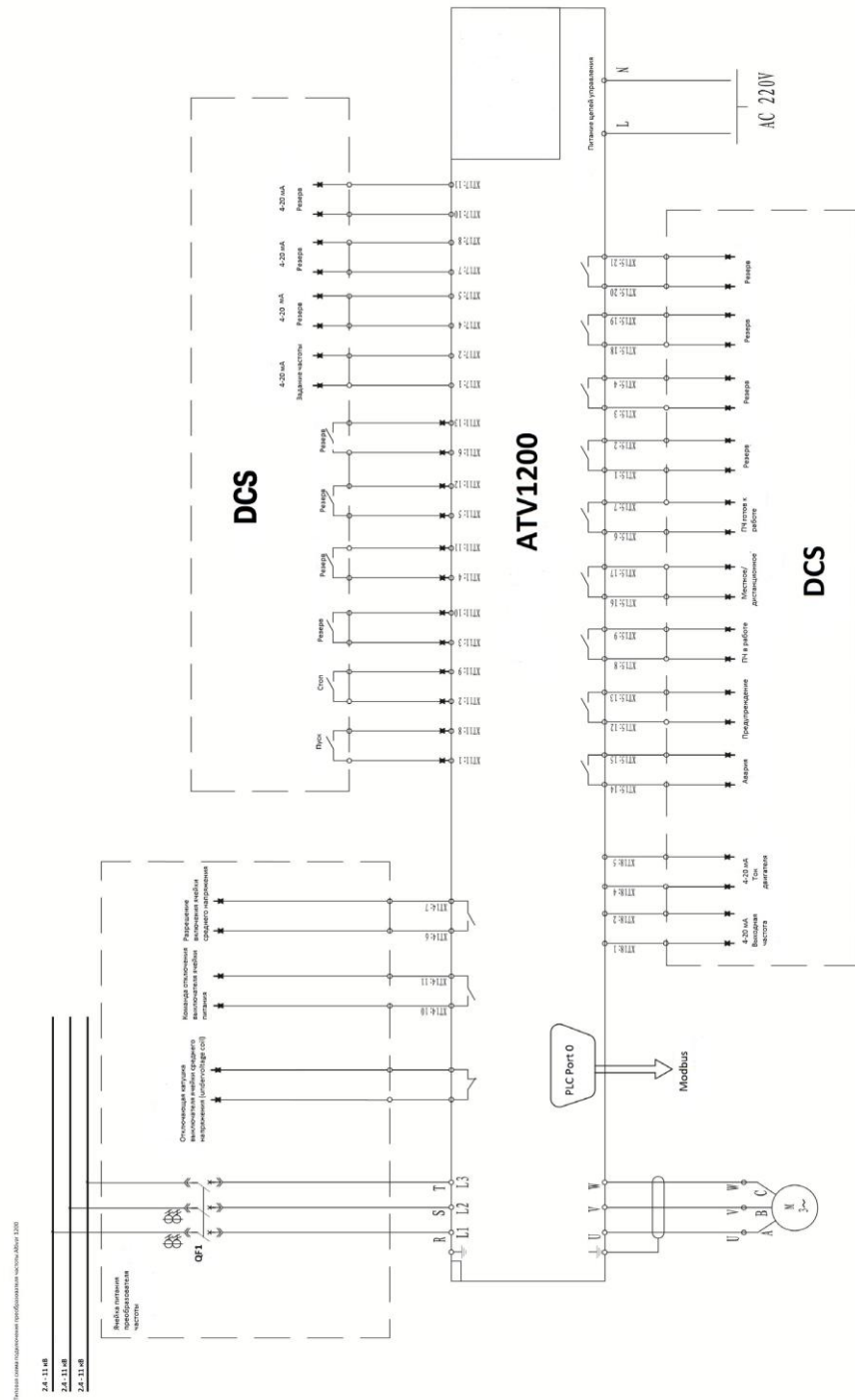


Рисунок 4.11– Схема подключения цепей управления

Вывод по разделу четыре:

Выбранное оборудование обеспечивает требованию технического задания по условиям работы и климатическому исполнению. Позволяет обеспечить автоматическое регулирование скорости вентилятора.

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

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА

5.1 Расчет затрат при существующей схеме работы вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магнетитовая»

Для вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магнетитовая» характерна круглосуточная работа, что связано с необходимостью постоянного проветривания шахтных выработок.

В настоящее время вентиляционная установка шахты «Магнетитовая» имеет два годовых периода работы: зимний период продолжительностью семь месяцев (сентябрь — март) и летний период продолжительностью соответственно пять месяцев (апрель — август). Переход из одного периода работы в другой заключается в изменении производительности (подачи) вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик, что обуславливается изменением температуры воздуха окружающей среды. Изменение производительности (подачи) вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик производится за счёт изменения угла поворота лопаток рабочих колёс при постоянной частоте вращения приводного электродвигателя. Процесс поворота лопаток рабочего колеса требует остановки работы вентиляционной установки на две смены, что ведет за собой остановку добычи магнетитовой руды. Так как изменение производительности вентиляционной установки происходит два раза в год, то время остановки добычных работ равно четырём сменам.

Так же каждому из периодов работы вентиляционной установки соответствует определённое значение мощности, потребляемой приводным электродвигателем из сети, что связано с изменением мощности на валу вентилятора.

Рассчитаем суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств при простое добычи магнетитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки.

Суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств при простое добычи магнетитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки C_{Σ} , руб. формула 5.1:

$$C_{\Sigma} = C_{П.д.1} + C_{Г.э.1} \quad (5.1)$$

где:

$C_{П.д.1}$ — потери денежных средств при простое добычи магнетитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.;

$C_{Г.э.1}$ — годовые затраты на электроэнергию при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.

Годовые потери денежных средств при простое добычи магнетитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки $C_{П.д.1}$, руб по формуле 5.2:

$$C_{П.д.1} = m_{Р.С.} \cdot f_{см.п.д.} \cdot Ц_{Т.Р.} \quad (5.2)$$

где $m_{Р.С.}$ — масса руды добываемой за одну смену, т, принимаем

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		56

$m_{p.c.} = 2200$ т;
 $f_{c.m.l.d.}$ — число смен простоя добычи магнетитовой руды в году,
 принимаем $f_{c.m.o.d.} = 4$;
 $c_{т.p.}$ — цена одной тонны магнетитовой руды, руб., принимаем
 $c_{т.p.} = 300$ руб.

$$C_{п.д.1} = 2200 \cdot 4 \cdot 300 = 2640000 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию при существующей схеме работы вентиляционной установки $C_{г.э.1}$, руб. рассчитываются по формуле 5.3:

$$C_{г.э.1} = C_{э.1.л.п.} + C_{э.1.з.п.}, \quad (5.3)$$

где:

$C_{э.1.л.п.}$ — затраты на электроэнергию в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.;

$C_{э.1.з.п.}$ — затраты на электроэнергию в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.

Расход электроэнергии в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки $Q_{э.1.л.п.}$ кВт рассчитывается по формуле 5.4:

$$Q_{э.1.л.п.} = F_{д.о.л.п.} \cdot k_3 \cdot P_{1.л.п.} - P_{1.л.п.} \cdot F_{п.д.л.п.}, \quad (5.4)$$

где:

$F_{д.о.л.п.}$ — действительное время работы оборудования в летний период, ч;

k_3 — коэффициент загрузки оборудования по времени, принимаем $k_3 = 1$;

$P_{1.л.п.}$ — мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, кВт, $P_{1.л.п.} = 1280$ кВт;

$F_{п.д.л.п.}$ — действительное время простоя добычи в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, ч.

Действительное время работы оборудования в летний период $F_{д.о.л.п.}$, ч. рассчитывается по формуле 5.5:

$$F_{д.о.л.п.} = F_{н.л.п.} \cdot (1 - (\alpha_p + \alpha_n)), \quad (5.5)$$

где $F_{н.л.п.}$ — номинальное время работы оборудования в летний период, ч;

α_p — коэффициент, учитывающий потери времени, принимаем $0,05$;

α_n — коэффициент, учитывающий потери времени на настройку и наладку оборудования во время рабочих смен, принимаем $\alpha_n = 0,07$.

Номинальное время работы оборудования в летний период $F_{н.л.п.}$, ч рассчитывается по формуле 5.6:

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		57

новки, кВт, $P_{13.п.} = 1050$ кВт;

$F_{П.Д.з.п.}$ — действительное время простоя добычи в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, ч.

Действительное время работы оборудования в зимний период $F_{Д.О.з.п.}$, ч. рассчитывается по формуле 5.10:

$$F_{Д.О.з.п.} = F_{Н.з.п.} \cdot (1 - (\alpha_p + \alpha_n)), \quad (5.10)$$

где:

$F_{Н.з.п.}$ — номинальное время работы оборудования в зимний период, ч.

Номинальное время работы оборудования в зимний период $F_{Н.з.п.}$, ч рассчитывается по формуле 5.11:

$$F_{Н.з.п.} = T_{см} \cdot f_{см} \cdot F_{Р.Д.з.п.}, \quad (5.11)$$

где:

$F_{Р.Д.з.п.}$ — число рабочих дней в зимний период работы, принимаем

$$F_{Р.Д.з.п.} = 212 \text{ дней.}$$

$$F_{Н.з.п.} = 8 \cdot 3 \cdot 212 = 5088 \text{ ч.}$$

$$F_{Д.О.з.п.} = 5088 \cdot (1 - (0,05 + 0,07)) = 4477 \text{ ч.}$$

Действительное время простоя добычи в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки $F_{П.Д.з.п.}$, ч рассчитывается по формуле 5.12:

$$F_{П.Д.з.п.} = f_{см.п.д.з.п.} \cdot T_{см}, \quad (5.12)$$

где $f_{см.п.д.з.п.}$ — число смен простоя добычи магнетитовой руды в зимний период

работы, принимаем $f_{см.п.д.з.п.} = 2$.

$$F_{П.Д.з.п.} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ ч.}$$

$$Q_{Э.13.п.} = 4477 \cdot 1 \cdot 1050 - 1050 \cdot 16 = 4684030 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки $C_{Э.13.п.}$, руб. рассчитывается по формуле 5.13:

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		59

$$C_{\text{Э.1з.п.}} = Q_{\text{Э.1з.п.}} \cdot \text{ц}, \quad (5.13)$$

$$C_{\text{Э.1з.п.}} = 4684030 \cdot 6,50 = 30446195 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию при существующей схеме работы вентиляционной установки $C_{\text{Г.Э.1}}$, руб

$$C_{\text{Г.Э.1}} = 26748800 + 30446195 = 57194995 \text{ руб.}$$

Суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств при простое добычи магнезитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки $C_{\Sigma 1}$, руб.

$$C_{\Sigma 1} = 2640000 + 57194995 = 59834995 \text{ руб.}$$

Суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств при простое добычи магнезитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки составят 59834995 рублей.

5.2 Расчет затрат на подготовку производства в проектом варианте

В проектом варианте регулирование производительности вентиляционной установки производится без остановки работы вентилятора за счёт изменения частоты вращения приводного электродвигателя, что полностью исключает простой добычи магнезитовой руды.

Рассчитаем годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки.

После модернизации электропривода вентиляционной установки все технические показатели работы установки для летнего периода останутся прежними, в связи с этим годовые затраты на электроэнергию в летний период работы до и после модернизации будут равны.

Годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки $C_{\text{Э.2}}$, руб. рассчитываются по формуле 5.14:

$$C_{\text{Э.2}} = C_{\text{Э.2л.п.}} + C_{\text{Э.2з.п.}}, \quad (5.14)$$

где:

$C_{\text{Э.2л.п.}}$ — затраты на электроэнергию в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки, руб.

$C_{\text{Э.2з.п.}}$ — затраты на электроэнергию в зимний период после модернизации электропривода вентиляционной установки, руб.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		60

Расход электроэнергии в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки $Q_{Э.2л.п.}$, кВт рассчитывается по формуле 5.15:

$$Q_{Э.2л.п.} = F_{Д.О.л.п.} \cdot K_3 \cdot P_{2л.п.}, \quad (5.15)$$

где:

$P_{2л.п.}$ — мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки, кВт, принимаем $P_{2л.п.} = 1280$ кВт.

$$Q_{Э.2л.п.} = 3231 \cdot 1 \cdot 1280 = 4135680 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки $C_{Э.2л.п.}$, руб. рассчитываются по формуле 5.16:

$$C_{Э.2л.п.} = Q_{Э.2л.п.} \cdot \text{ц}, \quad (5.16)$$

$$C_{Э.2л.п.} = 4135680 \cdot 6,50 = 26881920 \text{ руб.}$$

Расход электроэнергии в зимний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки $Q_{Э.2з.п.}$, кВт рассчитывается по формуле 5.17:

$$Q_{Э.2з.п.} = F_{Д.О.з.п.} \cdot K_3 \cdot P_{2з.п.}, \quad (5.17)$$

где:

$P_{2з.п.}$ — мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора в зимний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки, кВт, $P_{2з.п.} = 680$ кВт.

$$Q_{Э.2з.п.} = 4477 \cdot 1 \cdot 680 = 3044360 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в зимний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки $C_{Э.2з.п.}$, руб. рассчитываются по формуле 5.18:

$$C_{Э.2з.п.} = Q_{Э.2з.п.} \cdot \text{ц}, \quad (5.18)$$

$$C_{Э.2з.п.} = 3044360 \cdot 6,50 = 1978340 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вен-

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		

тиляционной установки $C_{Э,2}$, руб.

$$C_{Э,2} = 26881920 + 1978340 = 46670260 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки, составят 46670260 рубля.

Рассчитаем капитальные вложения в модернизацию вентиляционной установки. Затраты на основные технические средства $K_{Т,С}$, руб. рассчитываются по формуле 5.19:

$$K_{Т,С} = N \cdot Ц + C_{Т,Р}, \quad (5.19)$$

где:

N — количество комплектов поставки преобразователя частоты типа Altivar 1200 шт., принимаем $N = 1$ шт.;

$Ц$ — цена одного комплекта поставки преобразователя частоты типа Altivar 1200, руб., $Ц = 10000000$ руб.;

$C_{Т,Р}$ — транспортные расходы, руб.

Транспортные расходы $C_{Т,Р}$, руб. рассчитываются по формуле 5.20:

$$C_{Т,Р} = \frac{N \cdot Ц}{100}, \quad (5.20)$$

$$C_{Т,Р} = \frac{1 \cdot 10000000}{100} = 100000 \text{ руб.}$$

$$K_{Т,С} = 10000000 + 100000 = 10100000 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательное оборудование $K_{В,О}$, руб. рассчитываются по формуле 5.21:

$$K_{В,О} = \frac{10 \cdot K_{Т,С}}{100}, \quad (5.21)$$

$$K_{В,О} = \frac{10 \cdot 10100000}{100} = 1100000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения K , руб. рассчитывается по формуле 5.22:

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		62

$$K = K_{T.C} + K_{B.O}, \quad (5.22)$$

$$K = 10100000 + 1100000 = 11200000 \text{ руб.}$$

5.3 Экономический эффект

Приведенные затраты Z , руб. рассчитываются по формуле 5.23:

$$Z = C + E \cdot K, \quad (5.23)$$

где:

- C — годовые текущие затраты на подготовку производства, руб.;
- E — коэффициент экономической эффективности, принимаем 0,15;
- K — капитальные вложения в подготовку производства, руб.

Приведенные затраты для существующей схемы работы вентиляционной установки Z_1 , руб.

$$Z_1 = 59834995 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты для проектной схемы работы вентиляционной установки Z_2 , руб.

$$Z_2 = 46670260 + 0,15 * 11200000 = 48350260 \text{ руб.}$$

Экономический эффект \mathcal{E} , руб. рассчитывается по формуле 5.24:

$$\mathcal{E} = Z_1 - Z_2, \quad (5.24)$$

$$\mathcal{E} = 59834995 - 48350260 = 11484735 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости T_o , год рассчитывается по формуле 5.25:

$$T_o = \frac{K}{\mathcal{E}}, \quad (5.25)$$

$$T_o = \frac{11200000}{11484735} = 0,97 \text{ года.}$$

Данные экономического расчета сводятся в таблицу 5.1

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		63

Таблица 5.1 — сводные данные экономического расчета

Показатели	Единица измерения	Действующая схема	Проектная схема
Капитальные вложения	руб.	—	11200000
Потери денежных средств при простое добычи руды	руб./год	2640000	—
Затраты на электрическую энергию	руб./год	57194995	46670260
Приведенные затраты	руб.	59834995	48350260
Экономический эффект	руб.	11484735	
Срок окупаемости	год	0,97	

Вывод по разделу пять:

В итоге, при проведение расчетов было определено, что срок окупаемости проекта 0,97 года, а экономический эффект окупаемости составляет 11484735рублей.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Краткое описание рассматриваемого объекта

Шахта «Магнезитовая» служит источником добычи минерала магнезит. Располагается на основной производственной площадке. Основным электрооборудованием шахты является вентиляционная установка, подъемная машина и система дренажных насосов. В шахтах в процессе эксплуатации постоянно изменяются длина, сечение и число горных выработок, а также утечки воздуха между выработками и естественная тяга. Все это обуславливает изменение сопротивления шахтной сети.

Изменяются также производственная мощность шахт, газовыделение из горных пород и температура поступающего в шахту воздуха с изменением времени года. В связи с этим различны требования к потребному количеству воздуха, которое должны подавать вентиляционные установки. С 1980 года на шахте «Магнезитовая» эксплуатируется вентиляционная установка с вентилятором типа ВОД – 40М. Электропривод установки выполнен на базе синхронного электродвигателя типа 2СДС-3- 6305-16УЗ. Подводящий канал, соединяющий вентиляторы со стволом шахты, выполнен прямоугольного сечения и сооружён из бетона. Регулирование производительности вентилятора осуществляется поворотом лопаток рабочих колес, при постоянной скорости вращения приводного электродвигателя. Процесс поворота лопаток рабочих колес вентилятора происходит при остановленной работе вентиляционной установки, что влечет за собой простой добычи магнезита в течение двух смен.

6.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Место расположения шахты «Магнезитовая» юго-запад города Сатка. Физико-географические, климатические условия общие для горнозаводской зоны. Здание вентиляционной установки главного проветривания находится на территории шахты, непосредственно вблизи высоковольтной трансформаторной подстанции, на которой имеются масляные трансформаторы с трансформаторным маслом, представляющие повышенную пожарную опасность.

На шахте «Магнезитовая» имеются электрические сети напряжением: 6 кВ и 0,4 кВ. Основным транспортным путем является автомобильная дорога.

В зоне обслуживания вентиляционной установки главного проветривания могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения электрической цепи;
- вибрация;
- вращающиеся и движущиеся механизмы;
- повышенное значение шума;
- электромагнитные поля;
- взрывопожароопасность.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		65

6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Рабочее место для выполнения работ в положении сидя должно соответствовать требованиям и требованиям технической эстетики. Нормативные значения эргономических параметров рабочего места машиниста вентиляционной установки рассмотрены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Нормативные значения эргономических параметров рабочего места машиниста вентиляционной установки.

Наименование параметра	База отсчета	Нормативное значение
рабочий стол (рабочая поверхность)		
- высота, мм	полы	680-800 при регулировке, 725 без регулировки.
- ширина, мм	край стола	800-1400
- глубина, мм	передний край стола	600-800
рабочий стул		
- высота поверхности сиденья, мм	полы	450
- угол наклона поверхности сиденья, град	горизонтальная плоскость	5
- ширина сиденья, мм	край сиденья	400
- глубина сиденья, мм	передний край сиденья	>400
- высота спинки стула, мм	поверхность сиденья	350
- радиус кривизны спинки стула, мм	середина спинки, горизонтальная плоскость	>400
- угол наклона спинки стула, град.	поверхность сиденья, вертикальная плоскость	25°

Параметр считается соответствующим требованиям, если его значение отклоняется от нормативного не более чем на ± 10 мм (по линейному параметру) и на 1° (по угловому параметру). Температура окружающей среды должна быть на уровне 22 - 25 °С, влажность в пределах 30-60 и скорость движения воздуха не более 0,2 м/с. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк, причем яркость документа на рабочем месте должна быть не менее 85 кд/м². Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м², яркость бликов на экране ПК не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка при применении системы отраженного освещения не должна превышать 200 кд/м².

6.4 Охрана труда

Обслуживанием и контролем за работой вентиляционной установки главного проветривания на шахте «Магnezитовая» занимается машинист вентиляционной установки. К работе на данную рабочую профессию допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению работы. Рабочий при приеме на работу должен пройти вводный инструктаж. До допуска к самостоятельной работе рабочий должен пройти:

- первичный инструктаж на рабочем месте;
- проверку знаний по Инструкции охраны труда;
- проверку знаний по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями при обслуживании энергетического оборудования;
- проверку знаний по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ;
- обучение по программе подготовки персонала;
- ПТБ для рабочих, имеющих право подготавливать рабочее место, осуществлять допуск, быть производителем работ, наблюдающим и членом бригады в объеме, соответствующем обязанностям ответственных лиц ПТБ.

Допуск к самостоятельной работе оформляется соответствующим распоряжением по предприятию. Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять следующие меры безопасности. При работе на движущихся и вращающихся машинах и механизмах не должно быть развевающихся частей, которые могут быть захвачены движущимися частями механизмов. При необходимости нахождения вблизи горячих частей оборудования следует принять меры по защите от ожогов и действия высоких температур (ограждение оборудования, вентиляция). При выполнении работ на участках с температурой воздуха выше 33°C необходимо применять режим труда с интервалами времени для отдыха и охлаждения. При недостаточной освещенности рабочей зоны следует применять дополнительное местное освещение. Для защиты от поражения электрическим током необходимо применить диэлектрические перчатки, ковры, изолирующие подставки.

Перед каждым пусковым устройством электродвигателей должны находиться диэлектрические коврики или изолирующие подставки. Электромонтер должен работать в спецодежде и спецобуви и применять другие средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

Машинисту вентиляционной установки бесплатно должны выдаваться согласно отраслевым нормам следующие средства индивидуальной защиты:

- ватная (на 24 месяца). костюм хлопчатобумажный (на 12 месяцев);
- сапоги кирзовые или ботинки (на 12 месяцев);
- рукавицы комбинированные (на 3 месяца);
- куртка

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		67

При выдаче двойного сменного комплекта спецодежды срок носки должен удваиваться.

В зависимости от характера работ и условий их производства электромонтеру бесплатно временно должна выдаваться дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

Требования правил безопасности при ремонтно-наладочных работах.

Важной задачей эксплуатации электрооборудования является обеспечение безопасности при его обслуживании. Условия производства работ на действующих электроустановках и необходимые организационные и эксплуатационные технические мероприятия для обеспечения безопасности строго регламентированы «Правилами эксплуатации электроустановок».

Действующими электроустановками считаются такие, которые полностью или частично находятся под напряжением или на которые в любой момент может быть подано напряжение.

В распределительных устройствах оборудование и ошиновку, находящихся под напряжением, ограждают или располагают на такой высоте, чтобы случайное прикосновение к ним было невозможно. Чтобы обеспечить безопасность работ, требуется строгое соблюдение правил ПОТРЭМ. К организационным мероприятиям, повышающим устойчивость управления вентиляционной установки главного проветривания, относится заблаговременная подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости.

Для замены недостающих специалистов привлекают квалифицированных рабочих, хорошо знающих производство.

В целях обеспечения защиты от электромагнитных и электростатических полей допускается применение при экранных фильтрах, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

При работе на персональном компьютере наиболее тяжелая ситуация связана с полями излучений очень низких частот, которые способны вызывать биологические эффекты при воздействии на живые организмы.

Поэтому для защиты от этого вида излучений применяются видеоадаптеры с высоким разрешением и частотой обновления экрана не ниже 80–82 Гц. Конструкция клавиатуры должна предусматривать опорное приспособление, позволяющее изменять угол наклона поверхности клавиатуры в пределах от 5 до 15 градусов.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в таблице 6.2.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		68

Таблица 6.2 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см от видеомонитора	10 В/м
Напряженность электромагнитного поля по магнитной составляющей на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать	20 кВ/м
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50см вокруг монитора по электрической составляющей должна быть не более (в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц)	25 – 2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более (в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц)	250 – 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

6.5 Производственная санитария

На шахте «Магnezитовая» осуществляется производственный контроль, за соблюдением требований Санитарных правил. Проводятся профилактические мероприятия, направленные на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях.

Осуществляется контроль за условиями труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата.

При проведении работ на вентиляционной установке главного проветривания шахты «Магnezитовая» необходимо обеспечить соблюдение санитарных норм допустимых уровней освещенности, шума, и напряженности электромагнитного поля в соответствии с санитарными нормами, утвержденными Минздравом России 12.05.95 №3323.

6.6 Освещение

Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений здания, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, составляет не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения.

Очистку светильников, замену ламп и плавких вставок, ремонт и осмотр осветительной сети производит персонал службы электриков.

Измерение освещенности рабочих мест производится при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем по мере необходимости.

Осмотр осветительной сети производится один раз в сутки дежурным персоналом. Обнаруженные при проверке и осмотре дефекты должны быть устранены в кратчайший срок.

6.7 Воздействие шума и вибрации на человека

Шум и вибрация являются причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения, что может привести к травматизму и авариям. Длительное воздействие интенсивных шумов может вызвать частичную, а иногда и полную потерю слуха.

Степень вредности шума и вибрации зависит от частоты, уровня (силы), продолжительности и регулярности их воздействия. Классификация шумов, допустимые уровни шума на рабочих местах установлены в ГОСТ 12,1,003 - 76 «ССБТ. Шум.

Общие требования безопасности» и СИ 245-71. Источником шума на вентиляционной установке главного проветривания являются приводной электродвигатель и вентилятор.

Шум возникает в результате плохой балансировки, центровки, неуравновешенности роторов, муфт и других вращающихся деталей и вследствие неплотного крепления деталей и перекосов, недостаточной смазки.

Обслуживающий персонал обязан тщательно следить за исправностью и нормальной работой оборудования, вовремя устранять подобные неполадки, которые к тому же могут явиться причиной аварии.

В число основных мер по предотвращению воздействия шума на персонал входят комплексная автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами, вызывающих шум.

На вентиляционной установке главного проветривания вибрация конструкций, так же как и шум вредно действуют на человека.

Начальные стадии вибрационной болезни при воздействии общей вибрации характеризуются головными болями, нарушениями сна, повышенной утомляемостью и раздражительностью. Иногда наблюдаются головокружения. Вибрация может быть причиной функциональных расстройств нервной и сердечно - сосудистой систем, а также опорно-двигательного аппарата. Основные требования по устранению вибрации изложены в стандарте 12.1.012-78 «Вибрация. Общие требования безопасности».

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		70

6.8 Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха

Помещение вентиляционной установки главного проветривания имеет естественную вентиляцию. Отопление помещения осуществляется посредством от батарей отопления и тепловых регистров.

Температура в помещении поддерживается в пределах 20°C при постоянном присутствии обслуживающего персонала. Это соответствует санитарным нормам проектирования промышленных предприятий.

Температура наружного воздуха при расчёте систем вентиляции воздуха и воздушного отопления принимаются в соответствии с требованиями СНиП 11 - 33-75.

6.9 Мероприятия по снятию психологических перегрузок

Общая продолжительность рабочего времени, времени начала и окончания работы, продолжительность обеденного перерыва, периодичность и длительность внутрисменных перерывов, работа в ночное время определена в соответствии с действующим законодательством и правилами внутреннего трудового распорядка.

При непрерывном цикле работ на вентиляционной установке главного проветривания разработан график сменности, который доведен до сведения работников.

6.10 Эргономика и производственная эстетика

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также – расстоянию спинки от переднего края сиденья. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений. Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, поверхность подставки должна быть рифленой.

Схемы размещения рабочих мест ПЭВМ должны учитывать расстояния между рабочими столами с мониторами, которое должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		71

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600 –700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Все ПЭВМ должны иметь гигиенический сертификат, включающий, в том числе оценку визуальных параметров. Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана.

Корпус монитора и ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность одного цвета с коэффициентом отражения 0,4 – 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Конструкция видеодисплейных терминалов должна предусматривать регулирование яркости и контрастности.

6.11 Противопожарная и взрывобезопасность

Категория противопожарной безопасности для помещения и оборудования вентиляционной установки главного проветривания определена как В по ОНТП 24 - 86, то есть производство, связанное с применением взрывоопасных веществ и материалов.

Помещение вентиляционной установки построено из несгораемых материалов, стены сделаны из кирпича и бетона, перекрытия — из железобетона, пол — из бетона. Кабели в помещении вентиляционной установки проложены в кабельных каналах, подвесных металлических лотках и в трубах с соблюдением требований и рекомендаций, обеспечивающих пожарную безопасность в кабельном хозяйстве.

Основы пожарной защиты предприятия определены государственными стандартами. Персонал, обслуживающий вентиляционную установку главного проветривания, проходит противопожарный инструктаж, занятия по пожарно-техническому минимуму, участвует в противопожарных тренировках.

На вентиляционной установке главного проветривания установлен противопожарный режим работы и выполняются противопожарные мероприятия, а также разработан оперативный план тушения пожара не допускающий действий, которые могут привести к пожару или возгоранию.

Разработана и утверждена инструкция о мерах пожарной безопасности и план (схема) эвакуации людей в случае возникновения пожара на тепловых энергоустановках, приказом руководителя назначены лица, ответственные за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, помещений, участков, создана пожарно-техническая комиссия и система оповещения людей о пожаре.

По каждому происшедшему случаю пожара или загорания проводится расследование комиссией, создаваемой руководителем предприятия или вышестоя-

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		72

щей организацией. Результаты расследования оформляются актом.

При расследовании устанавливается причина и виновники возникновения пожара (загорания), по результатам расследования разрабатываются противопожарные мероприятия.

Шахта «Магnezитовая» оборудована сетями противопожарного водоснабжения, установками обнаружения и тушения пожара в соответствии с требованиями нормативно-технических документов.

На этажах установлены пожарные гидранты с таким расчетом, чтобы обеспечить подачу воды в любую точку помещения. В каждом шкафу находится брезентовый рукав длиной не менее 10 м со стволом.

В помещениях шахты предусмотрены технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, наружные пожарные лестницы), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций, необходимые для спасения людей при пожаре и расчетного времени тушения пожара.

Окраска составных частей установок пожаротушения, включая трубопроводные коммуникации, соответствует требованиям ГОСТ 12.4.026 — 76 и отраслевых стандартов.

В здании вентиляционной установки главного проветривания предусмотрен набор первичных средств пожаротушений: огнетушители ОХП; Противопожарный инвентарь (лопаты, песок, ломы, топоры, багры).

Огнетушители размещаются в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие отопительных и нагревательных приборов.

Обеспечивается возможность прочтения маркировочных надписей на корпусе, а также удобство и оперативность пользования ими.

6.12 Экологическая безопасность

Принимаются меры для предупреждения или ограничения вредного воздействия на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, шума, вибрации и иных вредных физических воздействий, а также по сокращению безвозвратных потерь и объемов потребления воды. Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от тепловых энергоустановок не превышает установленных норм предельно допустимых выбросов (лимитов). Шумовое воздействие не превышает установленных норм звуковой мощности оборудования.

Разработаны планы мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу при объявлении особо неблагоприятных метеорологических условий, согласованный с региональными природоохранными органами, предусматривающий мероприятия по предотвращению аварийных и иных залповых выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

На шахте «Магnezитовая» осуществляют контроль и учет выбросов и сбросов загрязняющих веществ.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		73

Вывод по разделу шесть:

В разделе безопасности жизнедеятельности произведен анализ всех производственных и экологических опасностей. Предусмотрены меры по охране труда и определены требования производственной санитарии, рассмотрены вопросы экологии.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен вариант модернизации электропривода вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магnezитовая».

Произведён пересчёт параметров работы вентиляционной установки для летнего и зимнего периодов работы.

Выбран преобразователь частоты типа Altivar 1200, который позволяет регулировать производительность вентилятора без остановки работы вентиляционной установки, что позволит избежать потерь денежных средств из-за простоя добычи магнезита, в размере 1950000 рублей в год.

Регулирование частоты вращения приводного электродвигателя позволяет снизить потребление электроэнергии на 3,9 % в год, что в денежном выражении составляет 10524735 рублей.

В экономической части проекта приведены сводные данные экономического расчета на внедрение системы регулирования производительности вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магnezитовая» на базе преобразователя частоты Altivar 1200. Экономический эффект от внедрения, составляет 11484735 рублей, срок окупаемости капитальных вложений 0,97 года.

Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности, экологии.

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		75

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Великанов, К.М. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / К.М. Великанова. — Л.: Машиностроение. 1990. — 448 с.
- 2 Гамазин, С.И. Переходные процессы в системе промышленного электро-снабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой/ С.И. Гамазин, В.А. Ставцев, С.А. Цырук. — М.: Изд-во МЭИ, 1997. — 424 с.
- 3 Гамрат — Курек, Л.И. Экономическое обоснование дипломных проектов. / Л.И. Гамрат — Курек — М. : Высшая школа, 1985. — 159 с.
- 4 Матушкина, О.Е. Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов: учебное пособие. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. — 17 с.
- 5 Методические Указания студентам специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» для подготовки экономического раздела дипломного проекта / сост. В.Е. Кириллов. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2007. — 25 с.
- 6 Москаленко, В.В. Электрический привод. Учебник для вузов. / В.В. Москаленко. — М., Высшая школа, 2007. — 368 с.
- 7 Онищенко, Г.Б. Электрический привод. Учебник для вузов / Г.Б. Онищенко. — М., РАСХН, 2003. — 320 с.
- 8 Сибикин, Ю.Д. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 40 изд., испр. и доп. — М.: Высш. шк.; Издат. центр «Академия», 2001. — 248 с.
- 9 Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. / Г.Г. Соколовский. — М., Академия, 2006. — 250 с.
- 10 Шахтные вентиляционные установки главного проветривания: Справочник / Г.А.Бабак, К.П. Бочаров, А.Т. Волохев. М.: Недра, 1982 56. — 75 с.
- 11 Электропривод и автоматизация промышленных установок как средство энергосбережения / А.И. Авербах, Е.И. Барц, И.Я. Браславский, З.Ш. Шиматов. — М.: Тяжпромэлектромет, 2002. — 180 с.
- 12 Экология и экономика природопользования: Учебное пособие для вузов / под ред. Э.В.Гирусова, В.Н.Лопатина, — 2-е изд., пе-рераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 135 с.
- 13 ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. — М.: Энас, 2001. — 6 с.
- 14 ПОТРМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) «Межотраслевые Правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»- М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. — 210с.
- 15 <https://www.se.com>
- 16 <http://vecgroup.com/equipment/privodyi-i-preobrazovateli-chastoty/privodyi-peremennogo-toka/schneider-electric>
- 17 http://eleten.com.ua/Altivar_1200.html

					13.03.02.2020.068.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Дата		76