

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод шахтного вентилятора главного проветривания

УДК 62-83-047.58:662.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Горай Юрий Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимошкин В.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютеева П.В.	К.Т.Н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Тютева П.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5А	Горай Юрию Алесандровичу

Тема работы:

Электропривод шахтного вентилятора главного проветривания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.02.2019, 1161/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Регулируемый электропривод шахтного вентилятора главного проветривания по системе ПЧ – АД с к.з. ротором. Режим работы продолжительный. Параметры вентилятора ВОД-21, расположенный на месторождении Каульды: $Q=62\text{ м}^3/\text{с}$, КПД=0,78, $H=3800\text{ Па}$.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Расчёт статических и динамических характеристик для разомкнутой системы регулируемого электропривода. Выбор оборудования. Расчет параметров схемы замещения АД. Разработка имитационной модели регулируемого электропривода шахтного вентилятора главного проветривания.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян М.В.
Социальная ответственность	Сотникова А.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.02.2019
--	-------------------

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимошкин В.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Горай Юрий Александрович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования Бакалавр

Отделение электроэнергетики и электротехники

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.03.2019 г.	<i>Общие вопросы проектирования</i>	15
16.03.2019 г.	<i>Выбор преобразователя частоты</i>	10
05.04.2019 г.	<i>Расчет параметров схемы замещения</i>	10
20.04.2019 г.	<i>Построение естественных и искусственных характеристик</i>	10
04.05.2019 г.	<i>Моделирование работы в программа Matlab</i>	20
13.05.2019 г.	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
17.05.2019 г.	<i>Социальная ответственность</i>	10
27.05.2018 г.	<i>Оформление результатов работы и выводов по работе. Формирование файла дипломной работы</i>	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимошкин В.В.	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тютеева П.В.	К.Т.Н		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5А	Горай Юрий Александрович

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость затрат технического проекта (ТП)	Для проекта необходимо два человека (научный руководитель, дипломник) Зарплата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Продолжительность выполнения ТП	Приблизительная оценка продолжительности выполнения технического проекта определяется исходя из ожидаемой трудоёмкости работ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование графика работ по реализации ТП	Для составления графика по проектированию дутьевого вентилятора: - оценить технический проект выявляя при этом сильные и слабые, а также возможности и угрозы - определить трудоемкость работ для каждого исполнителя. По полученным данным построить диаграмму Ганта, которая позволяет спланировать процесс реализации технического проекта
2. Формирование сметы ТП	В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат: - материальные затраты - полная заработная плата исполнителей - отчисления во внебюджетные фонды
3. Ресурсоэффективность ТП	Оценка эффективности проекта производится с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта
2. Матрица SWOT

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Горай Юрий Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5А	Горай Юрий Александрович

Школа		Отделение	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: Тема диплома	
1. Характеристика объекта исследования	Ремонтно-механический цех механического завода.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	– организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; – управление мобильным роботом происходит в автономном и ручном режиме; – «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001. №197-ФЗ
2. Производственная безопасность	1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – Шум; – Вибрация; – Недостаток искусственного света; – Микроклимат. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности: – электропоражение
3. Экологическая безопасность:	Анализ влияния объекта на окружающую среду. Разработать решения по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на рассматриваемом рабочем месте в механическом цехе это возникновение пожара

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.02.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Горай Юрий Александрович		

Результаты обучения по направлению
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 84 с., 30 рис., 19 табл., в процессе выполнения использовалась информация из 21 источников.

Ключевые слова: полная мощность, активная мощность, асинхронный двигатель, электропривод, искусственные характеристики, естественные характеристики, преобразователь частоты.

Объектом исследования является электропривод шахтного вентилятора ВОД21, расположенный на месторождении Каульды, на основе асинхронного двигателя. Целью работы – является создание электропривода шахтного вентилятора ВОД21 на основе асинхронного двигателя. В процессе работы был проведен расчёт и выбор электрооборудования, рассчитаны параметры элементов и характеристик силовой цепи. Исследован разработанный электропривод методом имитационного моделирования. В результате выполнения работы был спроектирован и исследован скалярный асинхронный электропривод полностью соответствующий техническому заданию.

Оглавление

Введение	11
1. ШАХТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ.....	14
1.1 Особенности шахтной вентиляции сети	14
1.2 Режим функционирования вентиляторных установок.....	17
1.3 Реверсирование вентиляционной струи	18
1.4. Вентиляторные установки с осевыми вентиляторами	20
1.5 Всасывающая установка с вентилятором ВОД-21 на месторождении Каульды	22
2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	25
2.1. Расчет и выбор электродвигателя.....	25
2.2. Расчет параметров схемы замещения по паспортным данным электродвигателя 6А355М2	25
2.3. Расчет и построение естественной механической и электромеханической характеристик электродвигателя Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя:	28
2.4. Статические характеристики вентилятора при регулировании скорости по закону регулирования $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$ с IR-компенсацией	31
3. РЕЖИМЫ ПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ И ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ.....	35
3.1. Режимы управления электродвигателями.....	35
3.2. Выбор преобразователя частоты законом управления $\frac{U}{f^2} = \text{const}$	36
4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	41
4.1 Расчет динамических характеристик электропривода	41
4.2. Исследование скалярной системы автоматического управления электроприводом с законом управления $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$	45
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	51
5.1. SWOT – анализ работы проектируемого стенда	51
5.2. Организация работ технического проекта	54
5.3. Структура работ в рамках технического проектирования	54

5.4	Определение трудоемкости выполнения ТП	56
5.4.	Разработка графика проведения технического проекта	57
5.5	Составление сметы затрат на разработку тп	58
5.6.	Определение стоимости материальных затрат	58
5.7	Расчет полной заработной платы исполнителей	60
5.8.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
5.9	Накладные расходы	62
5.10	Формирование сметы проекта	63
5.11.	Определение ресурсоэффективности проекта	64
6.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	67
6.2.	Производственная безопасность	69
6.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов	70
6.3.1	Шум	70
6.3.2	Вибрация	72
6.3.3	Свет	73
6.3.4	Микроклимат	74
6.3.5	Электропоражение	75
6.4	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	76
6.4.1.	Шум	76
6.4.2.	Свет	76
6.4.3.	Микроклимат	77
6.4.4.	Вибрация	77
6.4.5.	Электропоражение	78
6.5.	Экологическая безопасность	79
6.6.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
6.6.1	Пожар (загорание) – как источник ЧС	80
	Заключение	82
	Список литературы	83

Введение

Количество энергозатрат в себестоимости продукции и сфере услуг в России составляет вплоть до 20–30%, что намного больше, нежели в странах с развитой рыночной экономикой. Способствует этому энергорасточительные технологии, средства и аппараты. Согласно оценкам экспертов, введение энергосберегающих технологий и оборудования способствует снижению потребностей в энергоресурсах никак не меньше нежели на 30–40%. Мировая и отечественная инженерная действие показала, значительный максимальный (народно)хозяйственный результат преподносит переоборудование энергетических сетей и коммуникаций устройствами регулируемого электропривода.

Согласно оценке специалистов, в целом по стране введение регулируемого электропривода в энергетике, промышленности и других отраслях может предоставить ежегодную экономию 36-41 млрд. кВт·ч. электроэнергии, что же равнозначно ежегодный выработке 30 энергоблоков мощностью по 300 МВт тот и другой.

Индустрия управления двигателями - это сильный, агрессивный сектор. Чтобы оставаться конкурентоспособными, новые продукты должны отвечать нескольким конструктивным ограничениям, включая снижение затрат, снижение энергопотребления, коррекция коэффициента мощности и снижение электромагнитных излучений. Что-бы поставленные цели осуществились, необходимы усовершенствованные алгоритмы управления. Встроенная технология управления позволяет добиться как высокого уровня производительности, так и снижения стоимости системы. Согласно анализу рынка, в большинстве промышленных двигателей используются асинхронные двигатели переменного тока. Причины этого - более высокая надежность, более низкие цены и более высокая эффективность (до 80%). Однако использование асинхронных двигателей сложный процесс из-за его сложной математической модели, его нелинейного поведения во время насыщения и колебаний электрических параметров, которые зависят от физического влияния

температуры. Эти факторы делают управление комплексом асинхронного двигателя и требуют использования высокопроизводительных алгоритмов управления, такие как «скалярное» и мощный микроконтроллер для выполнения этого алгоритма.

Скалярное управление - это термин, используемый для описания более простой формы управления двигателем, использующей схемы привода с не векторным управлением. Асинхронный двигатель может быть приведен в устойчивое состояние с помощью простых схем с питанием по напряжению, током или скоростью. Скалярной переменной можно манипулировать после получения ее значения либо прямым измерением, либо расчетом, и ее можно использовать как в формате обратной связи, так и в обратной связи.

Цель работы – проектирование электропривода шахтного вентилятора ВОД-21 на месторождении Каульды с требованиями технического задания и исследование его работы.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- Рассмотрение шахтной вентиляции;
- Расчет электродвигателя по параметрам вентилятора ВОД-21;
- Расчет параметров схемы замещения для выбранного электродвигателя;
- Расчет и построение электромеханических и механических характеристик электродвигателя;
- Расчет и построение статических характеристик вентилятора с IR компенсацией;
- Выбор преобразователя частоты для выбранного электродвигателя и закон управления;
- Математическое моделирование в программа Matlab по выбранной системе управления электродвигателем и определение главных параметров и системы на устойчивость;

- расчёт ресурсоэффективности и ресурсосбережения разработанного электропривода;
- составление социальной ответственности для разработанного электропривода.

1. ШАХТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

1.1 Особенности шахтной вентиляции сети

Основные виды вентиляторных установок главного проветривания перемещают рудничный воздух, работая на всасывание. Этот воздух отличается наличием рудничных газов, большого количества пыли и пара. Однако по зависимостям плотности от температуры, давления и относительной влажности рудничный воздух близок к атмосферному [5].

На работу вентиляторных установок существенное влияние оказывает плотность воздуха, так как от нее зависят давление и мощность вентиляторных установок. Плотность воздуха зависит от температуры T , давления p и относительной влажности X .

При выборе вентиляторных установок пользуются понятием «нормальный атмосферный воздух», за который принято считать воздух, находящийся под давлением 101400 Па при температуре $T=293$ К и относительной влажности 50%. Плотность нормального воздуха $\rho=1,2$ кг/м³. Плотность воздуха при других давлении p_1 и температуре T_1 можно определить по формуле:

$$\rho_1 = \rho \times \frac{p_1 T}{p T_1}.$$

Эти формулы не учитывают влияния влажности воздуха. При температуре рудничного воздуха не более 293 К изменение плотности воздуха в зависимости от его влажности не превышает 1% и поэтому его часто не учитывают. При более высоких температурах и большей влажности воздуха необходимо вводить поправку.

Плотность влажного воздуха определяют по формуле:

$$\rho_v = \rho - \frac{\Delta \chi}{100},$$

Где Δ - коэффициент, зависящий от температуры воздуха; χ - относительная влажность в процентах.

Омываемые воздухом подземные горные выработки составляют вентиляционную шахтную сеть. Расход воздуха, проходящий через нее, зависит от аэродинамического сопротивления сети R и от разности давления на входе и выходе из сети:

$$Q = \sqrt{\frac{P}{R}}.$$

Главной чертой шахтной вентиляционной сети является непостоянство аэродинамического сопротивления при эксплуатации шахты, которое зависит от длины, сечения и числа горных выработок, их шероховатости, типа сопряжений их между собой, неплотностей между параллельными выработками и т.д. При эксплуатации шахты непостоянен также необходимый расход воздуха, изменение которого зависит от изменения получения полезного ископаемого, вредных газов, величины утечек воздуха в горных выработках и другие.

Аэродинамическое сопротивление вентиляционной сети шахты при центральной системе вентиляции изменяется от первоначального в 3-9 раз, а при диагональной системе соответственно в 2,5–3,5 раза.

Зависимость между разными расходами воздуха и нужным для их осуществления давлениями, для вентиляционной сети, пренебрегая естественной тягой, представляется в виде кривой, которая имеет вид квадратичной параболы исходящей из нуля, называемой характеристикой вентиляционной сети. На ней кривые $0-1$, $0-IV$ представляют собой характеристики вентиляционной сети соответственно в начальный и в конечный периоды работы шахты, остальные кривые являются характеристиками вентиляционной сети в промежуточные периоды эксплуатации шахты. Точки 1, 2, 3 и 4, расположенные на этих характеристиках, определяют вентиляционные режимы соответственно в начальный (1), в промежуточные (2 и 3) и в конечный (4) периоды эксплуатации шахты.

На рисунке 1 представлена характеристика вентиляционной сети.

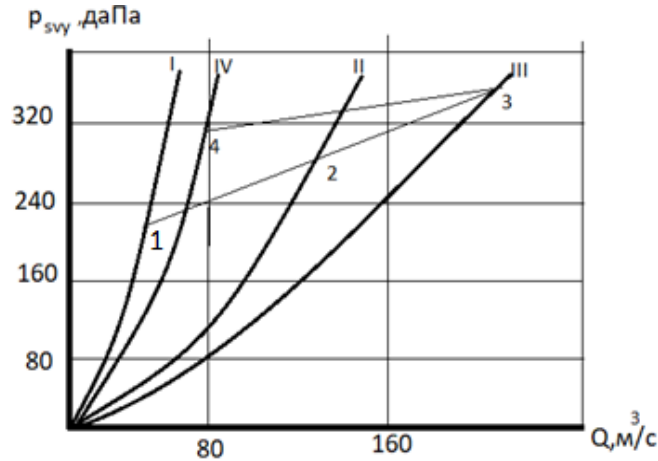


Рисунок 1 – Проектные вентиляционные режимы и характеристики вентиляционной сети для различных периодов работы шахты

На практике часто влияет естественная тяга воздуха. Она возрастает с ростом глубины шахты и разницы в температурах воздуха в подающем и вытяжном стволах.

В глубоких шахтах при значительной разности температур в стволах она может достигать 100 даПа. Зимой естественная тяга обычно способствует увеличению количества воздуха, а летом может действовать наоборот. Действие естественной тяги при совместной работе с вентилятором можно рассматривать как последовательно включенный вентилятор. При построении суммарной характеристики к давлению вентилятора добавляется величина естественной тяги в виде постоянного отрезка для всех режимов работы вентилятора (если направления действия естественной тяги и вентилятора совпадают) и вычитается, если направления их действия противоположны.

Термины шахтного вентилятора:

- Подача вентилятора ($Q, \frac{м^3}{с}$) – показывает какое количество воздуха протекает через плоскость входа или плоскость выхода вентилятора

- Номинальная подача вентилятора ($Q_{ном}, \frac{м^3}{с}$) – подача вентилятора в режиме максимального статического η ;

- Полное давление вентилятора (p_v , даПа)-это разность между полным давлением при выходе из вентилятора и перед входом в него;
- Статическое давление вентилятора (p_{sv} , даПа)- разность между полным давлением вентилятора и динамическим давлением за ним;
- Средневзвешенный статический КПД вентилятора ($\eta_{sv\text{ ср}}$)-это средняя величина статического КПД в нормальной области режимов;
- Диаметр ротора (мм) -это наружный диаметр ротора вентилятора по внешним концам лопаток;
- Статический КПД вентиляторной установки ($\eta_{svу}$,определяется по формуле $\eta_{svу} = \frac{Q_{p_{svу}}}{100N} \times \beta$);
- Статическое давление вентиляторной установки ($p_{svу}$; даПа)-это разность между полным давлением вентиляторной установки и динамическим давлением выходе из нее;

1.2 Режим функционирования вентиляторных установок

Режим функционирования добиваются наложением графика сетевой характеристики на график вентиляторной в одном масштабе, и точка пересечения графиков определяет режим работы. Подача воздуха может быть различной у одинаковых установок, т.к. зависит от сопротивления сети. При работе на установленную сеть, статическое давление установки будет равняться сопротивлению данной сети [2].

Изменение параметров и режима работы установки может быть связано с изменением сопротивления шахтной сети, что приводит к неравномерному подаче воздуха в шахту.

При крутопадающей характеристике давления вентиляторной установки изменение характеристики шахтной сети меньше сказывается на расходе воздуха, чем при пологопадающей.

В шахтах при любых изменениях сопротивления вентиляционной сети необходима гарантия надежной и устойчивой вентиляции. Для этого нельзя допускать неустойчивую работу вентиляторной установки.

При углах установки лопаток рабочих колес более 20° характеристика давления вентиляторных установок с осевыми вентиляторами имеет разрыв левее точки максимума давления. Левее этой точки работа вентиляторной установки может быть неустойчивой или многозначной, что недопустимо при проветривании шахт.

1.3 Реверсирование вентиляционной струи

В соответствии с правилами безопасности шахтные вентиляторные установки главного проветривания должны быть оборудованы устройствами для реверсирования вентиляционной струи в связи с правилами безопасности.

Реверсирование струи как в центробежных вентиляторах, так и в осевых типом ВУПД, ВОКД, ВОД11П приводится при помощи системы каналов и ляд или вертикальных дверей с приводом от лебедок. При этом установки развивают примерно такую же подачу и давление, что и при нормальном режиме [3].

Вентиляторные установки с осевыми вентиляторами реверсируют вентиляционную струю, изменяя направление вращения рабочих колес без изменения углов установки лопаток рабочих колес или направляющих аппаратов без применения дополнительных каналов и ляд. Повышение эффективности реверсирования вентиляторных установок с осевыми вентиляторами ВОД21, ВОД30, ВОД40 и ВОД50 достигнуто за счет поворота и установки лопаток промежуточного направляющего и выходного спрямляющего аппаратов таким образом, чтобы спрямляющий аппарат выполнял роль входного направляющего аппарата, подкручивающего поток против вращения второго рабочего колеса, 3 лопатки промежуточного

направляющего аппарата — роль спрямляющего аппарата для колеса второй ступени и направляющего аппарата, подкручивающего поток против вращения колеса первой ступени представлен на рис.2.

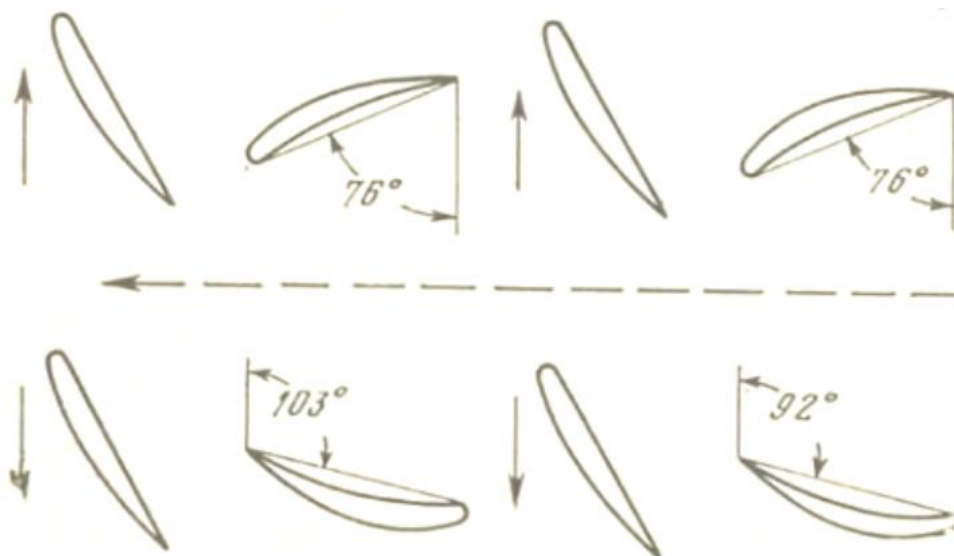


Рисунок 2 – Схема реверсирования воздушной струи в осевых вентиляторах ВОД21, ВОД30, ВОД40 и ВОД50

В этом случае осевые вентиляторы типа ВОД подают при реверсировании вентиляционной струи 55—70% от нормальной подачи. При этом большая из них величина соответствует малым углам установки лопаток рабочих колес, а меньшая — большим углам. Минимальное процентное соотношение подач наблюдается возле горба характеристики давления на максимальном угле (45°) установки лопаток рабочих колес. В связи с этим часть области работы этих установок, в которой не обеспечивается при реверсировании вентиляционной струи 60% от нормальной подачи, исключается из области промышленного использования.

Реверсирование вентиляционной струи в установках с вентиляторами встречного вращения ВОД 16 осуществляется только изменением направления вращения рабочих колес. При этом в области промышленного использования при реверсировании вентиляционной струи подается не менее 64% воздуха от нормальной подачи при работе на ту же сеть. Из-за отсутствия направляющих и спрямляющих аппаратов реверсирование струи воздуха наиболее просто и надежно-

Существенными недостатками вентиляторных установок с осевыми вентиляторами ВОД без обводных каналов являются: 1) низкое давление, развиваемое установками при реверсировании (примерно $1/3$ от давления при нормальной работе), что в аварийных ситуациях при наличии тепловой тяги будет недостаточно для реверсирования вентиляционной струи; 2) сравнительно небольшая подача при реверсировании вентиляционной струи, что при большом объеме горных выработок может потребовать большого промежутка времени для вымывания из них опасных для людей продуктов горения. Поэтому в тех случаях, когда есть такая опасность, необходимо в шахтных вентиляторных установках с вентиляторами ВОД применять обводные каналы и ляды для реверсирования вентиляционной струи. В этом случае эти установки будут подавать в шахту при реверсировании вентиляционной струи примерно такое же количество воздуха, как и при нормальном режиме.

Недостатком вентиляторных установок с центробежными, а также со старыми осевыми вентиляторами является наличие обводного канала и ляд для реверсирования вентиляционной струи, так как они удорожают вентиляторные установки и приводят к значительным потерям воздуха через неплотности.

1.4. Вентиляторные установки с осевыми вентиляторами

Вентиляторные установки с осевыми вентиляторами предназначены для главного проветривания шахт и рудников. Они размещаются на дневной поверхности шахт и состоят из рабочего и резервного вентиляторов и их приводных электродвигателей или только рабочего вентилятора с резервным электродвигателем, аппаратуры управления, автоматизации и контроля, вспомогательного оборудования для переключения воздушной струи (далее сокращенно: вспомогательное оборудование), здания, фундаментов, вентиляционных каналов и глушителя шума [4].

Применение резервного вентилятора согласно правилам безопасности для угольных и сланцевых шахт обязательно для газовых и строящихся

негазовых шахт. Для действующих негазовых шахт и рудников допускается применение в вентиляторных установках одного вентилятора с резервным электродвигателем.

Со стволом шахты вентиляторы соединяются подводящим или нагнетательным каналом, выполняемым из железобетона. Сечение канала должно обеспечивать скорость воздушного потока в нем не более 15 м/с. Конфигурация участков канала, непосредственно примыкающих к вентиляторам, играет существенную роль в обеспечении высокого к. п. д. вентиляторной установки, поэтому участки должны выполняться в строгом соответствии со строительным заданием. Строительному заданию должна также соответствовать конфигурация выходных элементов вентиляторной установки, фундаментов и расположение ляд и дверей переключения, размещенных в каналах вентиляторной установки.

Чертежи строительного задания высылаются заводами-изготовителями вентиляторов по запросу заказчиков или проектных организаций, разрабатывающих проекты вентиляторных установок.

В соответствии с требованием «Правил безопасности для угольных и сланцевых шахт» вентиляторные установки с осевыми вентиляторами выполняются так, чтобы не происходило обмерзание резервного вентилятора и вспомогательного оборудования. Такое «необмерзаемое» исполнение вентиляторных установок обеспечивается за счет объединения во всасывающих установках выходных отверстий обоих вентиляторов и образования вследствие этого при работе одного из них тепловой завесы, препятствующей проникновению холодного воздуха к резервному вентилятору и переключающим лядам или дверям. Все ляды и двери установки в этом случае обеими сторонами контактируют только с холодным или только с теплым воздухом, что исключает опасность конденсации на них влаги и обмерзания.

Преимуществом установок с осевыми реверсивными вентиляторами типа ВОД (кроме ВОД11П) является отсутствие ранее применявшихся обводных каналов, всасывающей будки и реверсивных ляд. Благодаря этому

существенно снижаются непроизводительные подсосы или утечки воздуха, а стоимость строительных сооружений вентиляторных установок уменьшается на 20—25% по сравнению с ранее сооружаемыми установками с вентиляторами ВОКД.

При реверсивном исполнении путь движения воздушной струи в вентиляторных установках с осевыми вентиляторами типа ВОД является прямоточным как при прямой, так и при реверсивной работе. В первом случае воздух во всасывающей установке движется по пути: подводящий канал - тройник канала - двойное колено канала - вентилятор - диффузор — выходной канал - поворотное колено - глушитель шума-выходное отверстие, а во втором случае - по обратному пути.

1.5 Всасывающая установка с вентилятором ВОД-21 на месторождении Каульды

Всасывающая вентиляторная установка с осевым реверсивным вентилятором типа ВОД21 диаметром 2100-5000мм состоит из двух вентиляторов 1 (рабочего и резервного), двух приводных асинхронных электродвигателей 2, двух систем смазки 3, унифицированных комплектов аппаратуры автоматизации 4 типа УКAB-2, вспомогательного оборудования 5 для переключения воздушной струи с рабочего на резервный вентилятор, здания 6, каналов 7, фундаментов 8 и глушителя шума 9. В здании располагаются вентиляторы с приводными электродвигателями, системы смазки (индивидуальные для каждого вентилятора) и унифицированные комплекты аппаратуры автоматизации. Здание оборудуется грузоподъемными средствами, необходимыми для обслуживания и ремонта вентиляторов. Обычно это ручные мостовые краны. Здание должно быть оборудовано крышными вентиляторами для нагнетательной вентиляции, которые включаются при остановке обоих вентиляторов главного проветривания во избежание проникновения в здание загазованного воздуха. Всасывающая

вентиляторная установка с осевым реверсивным вентилятором типа ВОД21 представлена на рисунке 3 [1].

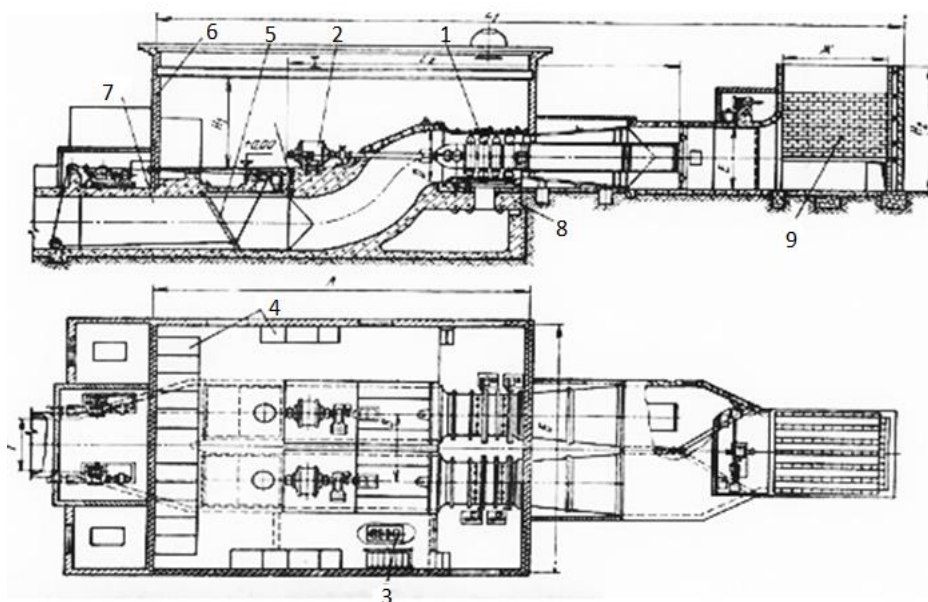


Рисунок 3 – Всасывающая вентиляторная установка с вентилятором типа ВОД21

В ряде случаев здание оборудуют балконами для размещения электрооборудования и подвалами для маслостанций.

Температура в здании должна поддерживаться положительной (не ниже $+5^{\circ}\text{C}$), чтобы не застывала смазка в маслосистемах вентиляторов.

Проектные решения по зданию, фундаментам, каналам и другим элементам вентляторной установки разрабатывает проектная организация, осуществляющая привязку вентиляторной установки к конкретной шахте или руднику. При этом необходимо руководствоваться строительным заданием, получаемым от завода-изготовителя.

Подводящий канал, соединяющий вентиляторы со стволом шахты, выполняется прямоугольного сечения и сооружается, как правило, из бетона, реже из сборных панелей или кирпича.

Для доступа в канал предусматриваются герметичные люки. С учетом

перепада давлений между атмосферой и каналом в месте установки люков устанавливаются шлюзовые камеры. При сооружении каналов важную роль играет качество бетонных работ, так как стенки каналов не должны допускать просочивания воздуха. Проектами должна предусматриваться гидроизоляция каналов.

В таблице 1 представлена техническая характеристика вентиляторной установки ВОД-21.

Таблица 1 – техническая характеристика вентиляторной установки ВОД-21

Параметры	Величина
Диаметр рабочего колеса, мм	2100
Частота вращения вала, об/мин	750
Статический к.п.д.	0,78
Производительность, м ³ /с	62
Статическое давление, Па	3800
Потребляемая мощность в области промышленного использования, кВт	70-380
Маховый момент ротора вентилятора, Н·м ²	23000
Масса вентилятора, кг	11720

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Расчет и выбор электродвигателя

Расчетная мощность двигателя с запасом вычисляется по формуле [5]:

$$P = \frac{L \cdot p}{1000 \cdot \eta} \cdot k_3,$$

Где L – производительность воздуха, p – давление на выходе, P – мощность электродвигателя, η – КПД вентилятора, k_3 – коэффициент запаса мощности электродвигателя.

$$P = \frac{L \cdot p}{1000 \cdot \eta} \cdot k_3 = \frac{62 \cdot 3800}{1000 \cdot 0,78} \cdot 1,05 = 315 \text{ кВт.}$$

Выбираем электродвигатель 6А355М2 мощностью 315 кВт, паспортные данные которого представлены в таблице 2.

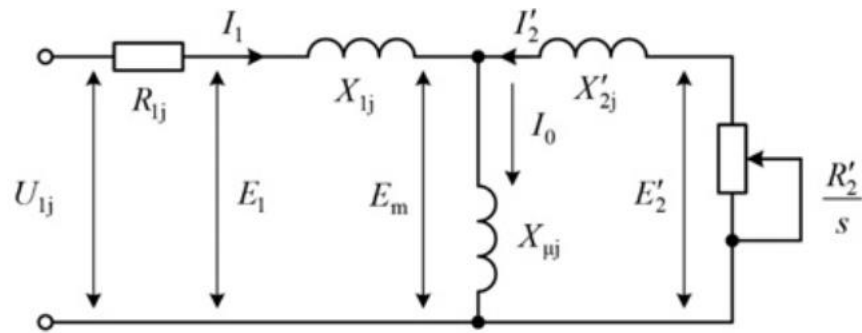
Таблица 2 – паспортные данные электродвигателя 6А355М2

P_n , кВт	315
U_n , В	660
S_n , %	0,0066
η_n , %	0,952
$\cos \varphi_n$	0,9
$K_{\max}$	2,2
$K_{\text{п}}$	2,1
K_i	6,9

2.2. Расчет параметров схемы замещения по паспортным данным электродвигателя 6А355М2

При расчете механических и электромеханических характеристик АД воспользуемся Т-образной схемой замещения. Схема замещения и основные

уравнения АД, соответствующий схеме Т-образной схемы замещения представлены на рисунке 4 [6].



$$\bar{U}_{1\Phi} - \bar{E}_m - jX_1\bar{I}_1 - R_1\bar{I}_1 = 0;$$

$$\bar{E}_m + jX_2'\bar{I}_2' + \frac{R_2'\bar{I}_2'}{s} = 0;$$

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2' - \bar{I}_0 = 0$$

Рисунок 4 – Т-образная схема замещения АД и основные её уравнения

Векторная диаграмма токов, ЭДС и напряжений, удовлетворяющих системе основных уравнения асинхронного двигателя представлена на рисунке 5.

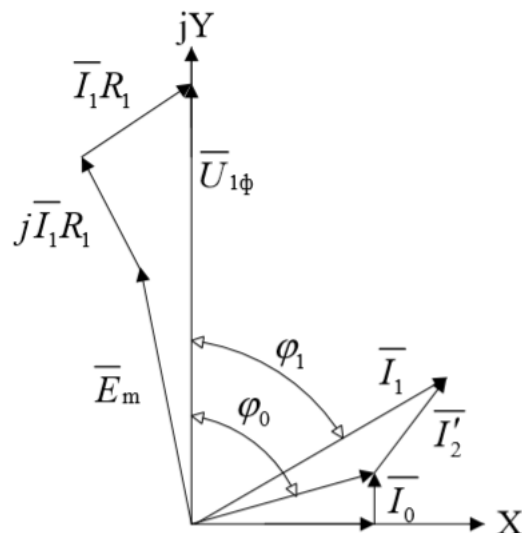


Рисунок 5 – Векторная диаграмма асинхронной машины.

Номинальная частота вращения:

$$n_H = n_0 \cdot (1 - s_H) = 1500 \cdot (1 - 0.0066) = 1490 \text{ Об/мин.}$$

Угловая синхронная скорость вращения:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500}{60} = 157 \text{ рад/с.}$$

Номинальный ток цепи обмотки статора:

$$I_H = \frac{P_H}{3 \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta_H} = \frac{315000}{3 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,952} = 322,497 \text{ А.}$$

Ток холостого хода:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - ((P_g \cdot I_{1H} \cdot (1 - s_H) / (1 - P_g \cdot s_H))^2}{1 - ((P_g \cdot (1 - s_H) / (1 - s_H \cdot P_g))^2}} =$$
$$= \sqrt{\frac{244.316^2 - (0,75 \cdot 322,497 \cdot ((1 - 0,0066) / (1 - 0,75 \cdot 0,0066))^2}{1 - (0,75 \cdot ((1 - 0,0066) / (1 - 0,75 \cdot 0,0066))^2}} = 56,078 \text{ А.}$$

Значение активного сопротивления цепи ротора:

$$R_2' = \frac{A_1}{(\beta + 1/S_K) \cdot C_1} = \frac{0,307}{(1 + 1/0,028) \cdot 1,013} = 0,0082 \text{ Ом,}$$

Критическое скольжение:

$$S_K = S_H \frac{K_{\max} + \sqrt{(K_{\max})^2 - (1 - 2 \cdot S_H \cdot \beta \cdot (K_{\max} - 1))}}{1 - 2 \cdot S_H \cdot \beta \cdot (K_{\max} - 1)} =$$
$$= 0,028 \times \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - (1 - 2 \cdot 0,0066 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,0066 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1)} = 0,028 \text{ о.е.}$$

Коэффициент пропорциональности:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot K_i \cdot I_H} = 1 + \frac{56,078}{2 \cdot 6,9 \cdot 322,497} = 1,013 \text{ о.е.}$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2 \cdot (1 - S_H)}{2 \cdot C_1 \cdot K_{\max} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 380^2 \cdot (1 - 0,0066)}{2 \cdot 1,013 \cdot 2,2 \cdot 315000} = 0.307 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление цепи статора:

$$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1,013 \cdot 0,0082 \cdot 1 = 0,0083$$

Значение индуктивного сопротивления короткого замыкания:

$$X_k = C_1 \cdot R_2' \cdot \gamma = 1,013 \cdot 0,0082 \cdot 35,8 = 0,298 \text{ Ом},$$

$$\text{где, } \gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{S_k}\right)^2 - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,028}\right)^2 - 1^2} = 35,8 \text{ о.е.}$$

Индуктивное сопротивление ротора, приведенное к обмотке ротора:

$$X_2' = \frac{0,58 \cdot X_k}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 0,298}{1,013} = 0,171 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление статора:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_k = 0,42 \cdot 0,298 = 0,125 \text{ Ом}.$$

Значение критического скольжения :

$$S_k = C_1 \cdot \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_k^2}} = 1,013 \cdot \frac{0,0082}{\sqrt{0,0083^2 + 0,298^2}} = 0,028 \text{ о.е.}$$

ЭДС ветви намагничивания в обмотке статора:

$$E_1 = \sqrt{(U_{1H} \cdot \cos \phi_{1H} - R_1 \cdot I_{1H})^2 + (U_{1H} \cdot \sin \phi_{1H} + X_1 \cdot I_{1H})^2} = \\ = \sqrt{(380 \cdot 0,9 - 0,083 \cdot 322,497)^2 + (380 \cdot 0,436 - 0,125 \cdot 322,497)^2} = 361,692 \text{ В}.$$

Индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_{\mu H} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{361,692}{56,078} = 6,45 \text{ Ом}.$$

В таблице 3 привели параметры схемы. Далее производим расчет механических и электромеханических характеристик.

Таблица 3 – Расчетные параметры схемы замещения АД

$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$X_{\mu H}, \text{Ом}$	$X_{1H}, \text{Ом}$	$X_{2H}, \text{Ом}$	$X_{\mu H}, \text{Ом}$
0,0083	0,0082	0,298	0,125	0,171	6,45

2.3. Расчет и построение естественной механической и электромеханической характеристик электродвигателя

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1H}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \cdot (X_{KH}^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{MH}})^2)} =$$

$$= \frac{3 \cdot 380^2 \cdot 0,0082}{157 \cdot s \cdot (0,298^2 + (0,0083 + \frac{0,0082}{s})^2 + (\frac{0,0083 \cdot 0,0082}{s \cdot 6,45})^2)}$$

Естественная механическая характеристика двигателя представлена на рисунке 6.

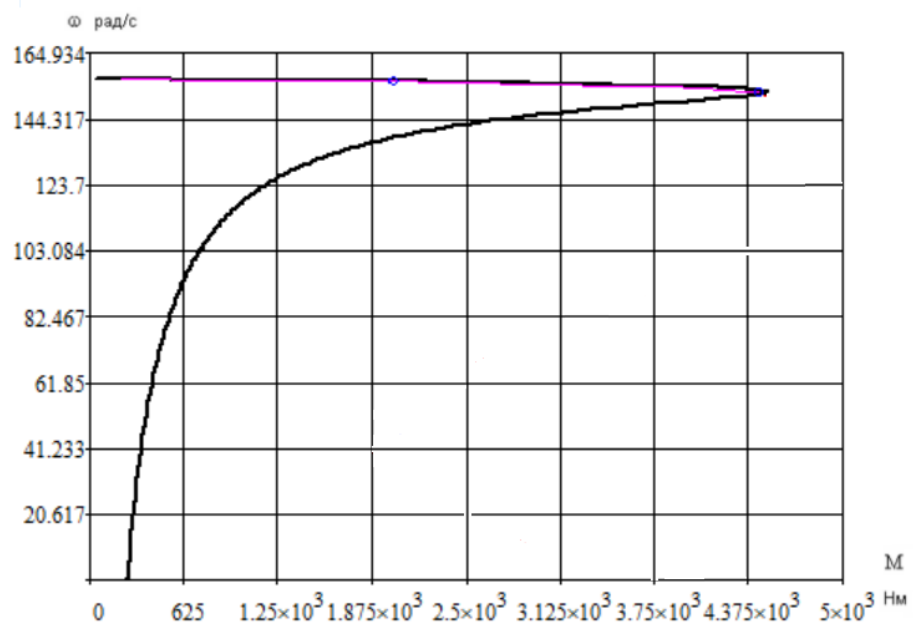


Рисунок 6 – Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя $M=f(\omega)$

Номинальный момент двигателя:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{315000}{156.043} = 2019 \text{ Н} \times \text{м.}$$

Минимальный момент двигателя:

$$M_{\text{мин}} = k_{\text{мин}} \cdot M_H = 0.9 \cdot 2019 = 1827,81 \text{ Н} \times \text{м.}$$

Максимальный момент двигателя:

$$M_{\text{макс}} = k_{\text{макс}} \cdot M_H = 2.3 \cdot 2019 = 4497 \text{ Н} \times \text{м.}$$

Пусковой момент двигателя:

$$M_{\text{п}} = k_{\text{п}} \cdot M_H = 1 \cdot 2019 = 2019 \text{ Н} \times \text{м.}$$

Естественная механическая характеристика:

$$I_2'(s) = \frac{U_{1H}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{\omega_0 - \omega})^2 + (X_{1H} + X_{2H}')^2}} = \frac{380}{\sqrt{(0,0083 + \frac{0,0082}{157,08 - \omega})^2 + (0,125 + 0,171)^2}}$$

Ток статора I_1 определяется путем сложения вектора тока намагничивания I_0 и вектора тока ротора I_2' и вектора тока ротора согласно векторной диаграмме (см. рисунок – 5). Полагаем ток намагничивания асинхронного двигателя I_0 реактивным $I_{0A} = 0$

Ток статора:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(\omega) \cdot \sin \varphi_2} = \sqrt{56,078^2 + I_2'(\omega)^2 + 2 \cdot 56,078 \cdot 0,436 \cdot I_2'(\omega)}.$$

Естественная электромеханическая характеристика $I_1 = f(\omega)$ приведена на рисунке 7.

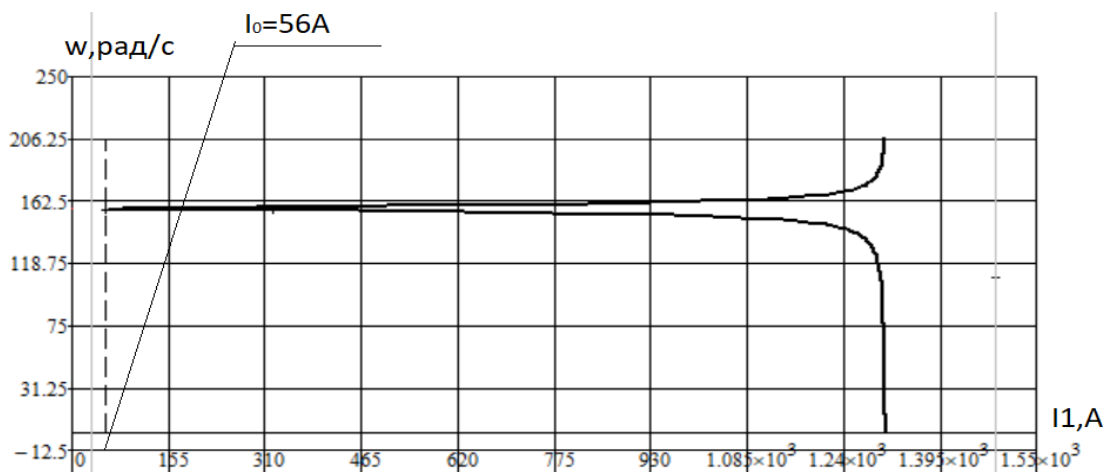


Рисунок 7 – Электромеханическая характеристика асинхронного двигателя $I_1 = f(\omega)$

2.4. Статические характеристики вентилятора при регулировании

скорости по закону регулирования $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$ с IR-компенсацией

IR компенсация нужна для работы электропривода на низких частотах.

Для регулирования скорости законом $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$ с IR компенсацией, нужно

увеличивать фазное напряжение на двигателе на величину, определенное уравнением $U_{1j} = E_{1j} + I_1 \times R_1$, т.е. на величину падения напряжения R_1 [13].

$$f_{1н1} = 50 \text{ Гц}; f_{11}^* = \frac{f_{1н1}}{f_{1н}} = \frac{50}{50} = 1;$$

$$f_{1н2} = 40 \text{ Гц}; f_{12}^* = \frac{f_{1н2}}{f_{1н}} = \frac{40}{50} = 0,8;$$

$$f_{1н3} = 30 \text{ Гц}; f_{13}^* = \frac{f_{1н3}}{f_{1н}} = \frac{30}{50} = 0,6;$$

$$f_{1н4} = 25 \text{ Гц}; f_{14}^* = \frac{f_{1н4}}{f_{1н}} = \frac{25}{50} = 0,5.$$

Для поддержания отношения $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$ необходимо изменять U :

$$U_{1н2} = 0,152 \cdot f_{1н2}^2 \quad U_{1н2} = 243,2 \text{ В};$$

$$U_{1н3} = 0,152 \cdot f_{1н3}^2 \quad U_{1н3} = 136,8 \text{ В};$$

$$U_{1н4} = 0,152 \cdot f_{1н4}^2 \quad U_4 = 95 \text{ В},$$

$$\text{где } Z_p = \frac{U_{1н}}{f_{1н}^2} = 0,152.$$

Синхронная скорость на естественной характеристике:

$$\omega_0 = \frac{n_0}{9,55} = 157,08 \text{ рад/с.}$$

Синхронная скорость на регулировочных характеристиках:

$$\omega_{12} = \omega_0 \cdot f_{12}^* = 157,08 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{13} = \omega_0 \cdot f_{13}^* = 78,54 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{14} = \omega_0 \cdot f_{14}^* = 31,416 \text{ рад/с.}$$

Рассчитаем электромеханические характеристики АД $I_2' = f(\omega)$ при различных значениях частот обмоток статора:

$$I_2'(s) = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_k^2 \cdot f_1 + (\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot f_1})^2}},$$

где, $s_j = \frac{\omega_{0j} - \omega}{\omega_{0j}}$ - относительное скольжение.

Электромеханические характеристики представлены на рисунке 8.

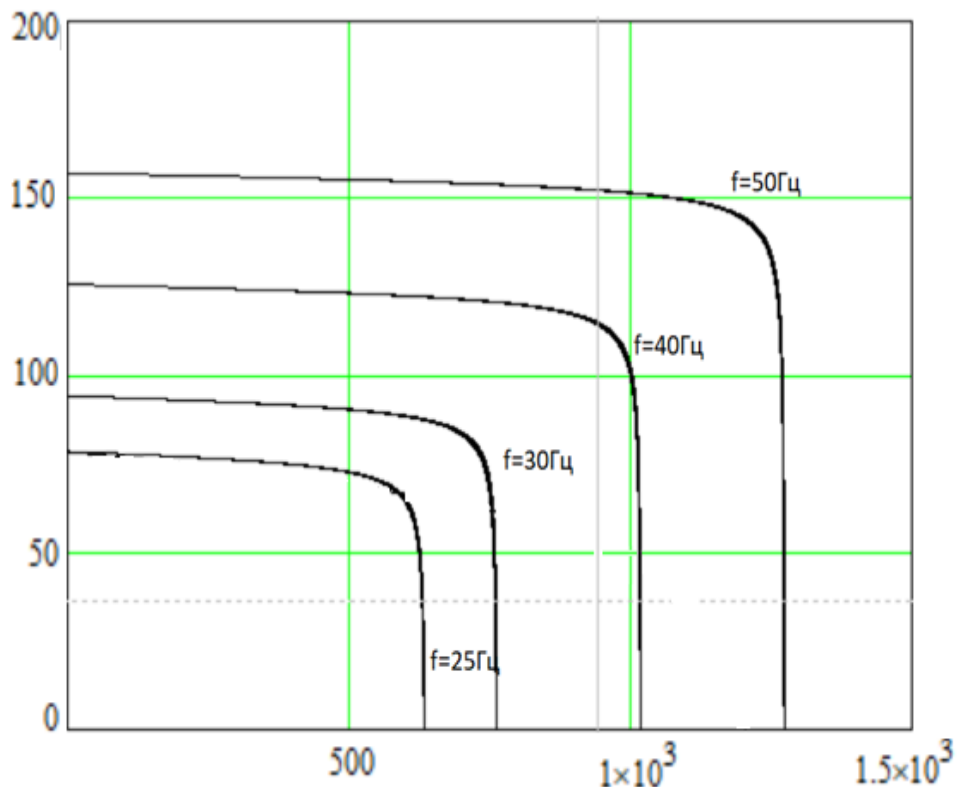


Рисунок 8 – Электромеханические характеристики $I_2' = f(\omega)$.

Рассчитаем электромеханические характеристики АД $I_1 = f(\omega)$ при различных значениях частот обмоток статора. Полагая ток намагничивания асинхронного двигателя реактивным ($I_{0A} = 0$), ток статора I_1 через приведенный ток ротора I_2' можно найти по формуле:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_{2j}'(s)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_{2j}'(s) \cdot \sin \varphi_{2j}(s)},$$

$$\text{где } \sin\varphi_{2j}(s) = \arcsin \left[\frac{X_{\text{кн}} \cdot f_{1j}^*}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1j}^{*2}}} \right]$$

Выражение для расчета механических характеристик:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_1 \cdot R_2'}{\omega_{0\text{н}} \cdot s \cdot \left[X_{\text{к}}^2 \cdot f_1^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu} \cdot f_1})^2 \right]}$$

Электро-механические характеристика АД $\Pi = f(\omega)$ представлена на рисунке 9.

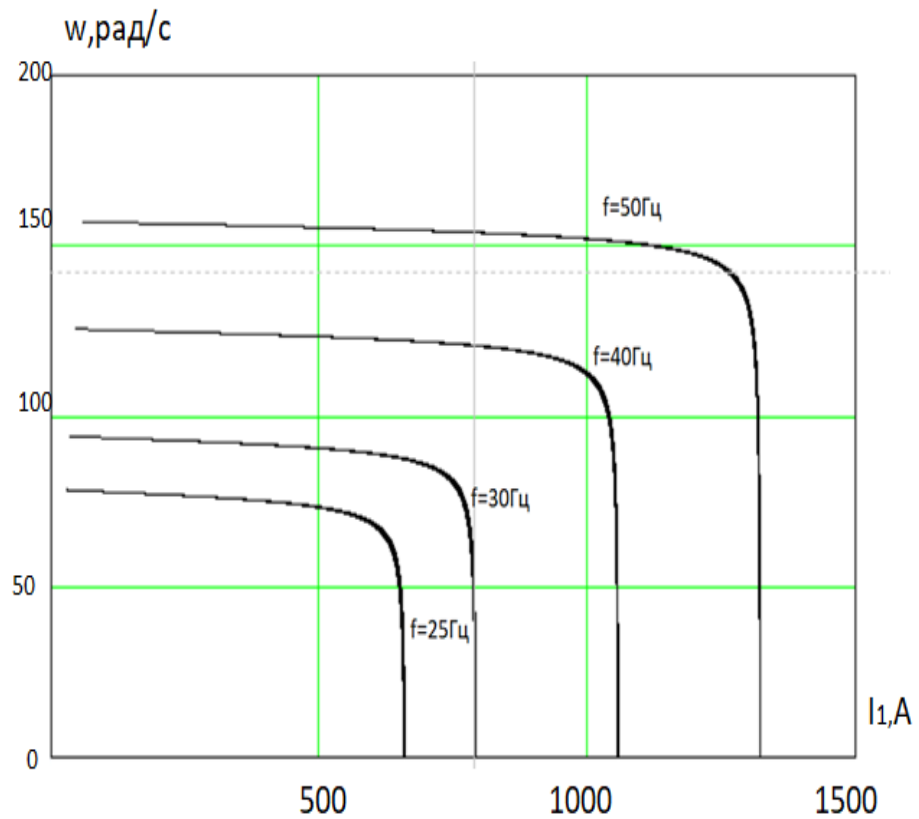


Рисунок 9 – Электро-механические характеристики $\Pi = f(\omega)$

Механическая характеристика АД $M=f(w)$ представлена на рисунке 10.

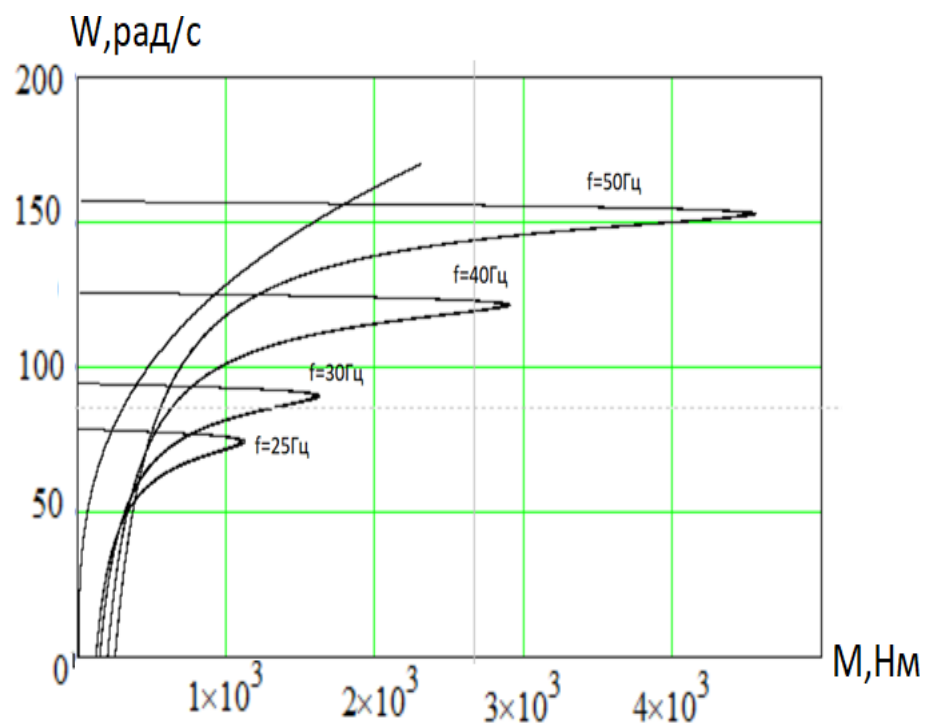


Рисунок 10 – Механические характеристики $M=f(w)$

3. РЕЖИМЫ ПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ И ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

3.1. Режимы управления электродвигателями

Существуют различные характеры нагрузки электропривода: экструдер, вентилятор, насос, конвейер и т.д. Для каждой из нагрузок существует режимы управления электродвигателем, соблюдая зависимость между скоростью вращения вала электродвигателя и выходным напряжением [7].

На рисунке 11 представлены механические характеристики типичных нагрузок электродвигателя.



Рисунок 11 – механические характеристики типичных нагрузок электродвигателя

Нагрузку с линейной зависимостью (закон $\frac{U}{f} = \text{const}$) выполняется простыми преобразователями частоты и обеспечивает постоянный момент нагрузки в основном для управления синхронными двигателями.

Для регулирования насосов и вентиляторов закон: $\frac{U}{f^2} = \text{const}$, а для конвейеров $\frac{U}{\sqrt{f}} = \text{const}$.

3.2. Выбор преобразователя частоты законом управления $\frac{U}{f^2} = \text{const}$

Регулирование электроприводов вентиляторов и центробежных насосов применяют закон управления $\frac{U}{f^2}$.

Выбираем преобразователь частоты MIDIMASTER Eco6SE95 315кВт, основные технические параметры которого представлены на рис 12 [8].

Тип преобразователя частоты	MICROMASTER Eco 6SE95	MIDIMASTER Eco 6SE95
Диапазон мощностей	0,75...7,5 кВт	5,5...315 кВт
Напряжение питания	3 фазы, 208-240 В $\pm 10\%$ 3 фазы, 380-500 В $\pm 10\%$	3 фазы, 208-240 В $\pm 10\%$ 3 фазы, 380-460/480/500 В $\pm 10\%$ 3 фазы, 525-575 В $\pm 10\%$
Перегрузочная способность	150% от номин. тока в течение 60 с	110% от номин. тока в течение 60 с
Метод управления	Режим оптимизации электропотребления (Eco) Вольт-частотный квадратичный (U/f^2)	
Дискретные входы (программируемые)	6	6
Аналоговые входы	2 (0...10 В, 2...10 В, ± 10 В, 0/4...20 мА)	
Аналоговые выходы	1 (0/4-20 мА)	2 (0/4-20 мА)
Дискретные релейные выходы (параметрируемые)	2 (230 В/1,0 А перем. тока)	2 (230 В/1,0 А перем. тока)
Фиксированные частоты	8	8
Способы торможения	Генераторное, динамическое, комбинированное	
Метод охлаждения	Вентилятор	Вентилятор
Диапазон рабочих температур	От 0 до 50°C	От 0 до 40°C
Степень защиты	IP20/IP56	IP21/IP56

Рисунок 12 – технические характеристики MIDIMASTER Eco6SE95

Структурная схема преобразователя частоты MIDIMASTER Eco6SE95 на рисунке 13.

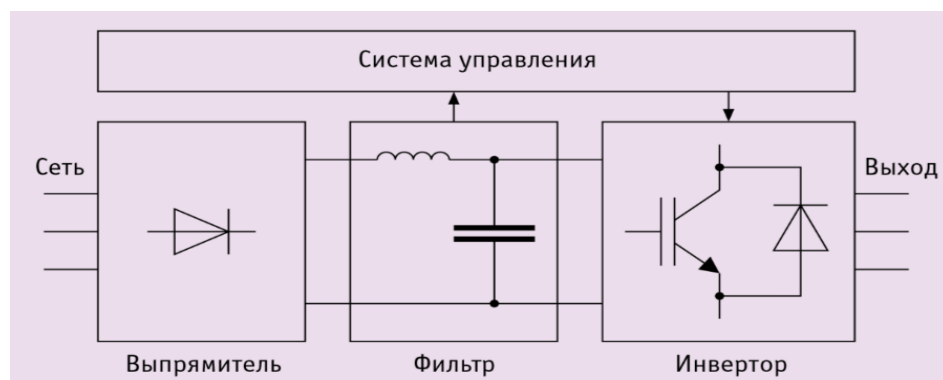


Рисунок 13 – Структурная схема выбранного преобразователя частоты

Преобразователь MIDIMASTER Eco6SE95 преобразовывает переменное напряжение сети при помощи диодного выпрямителя. При помощи индуктивно-емкостного фильтра выпрямленное напряжение сглаживается и инвертор выполненный на основе IGBT модулей преобразует постоянный ток

в переменный, обеспечивая выходной сигнал с нужными значениями частоты и напряжения.

На рисунке 14 представлен внешний вид преобразователя частоты MIDIMASTER Eco6SE95.



Рисунок 14 – внешний вид преобразователя частоты MIDIMASTER Eco6SE95

Модуль LOGO представлен на рисунке 15:



Рисунок 15 – модуль LOGO.

Изменение работы осуществляется ступенчатым изменением скорости двигателя шахтного вентилятора при помощи преобразователя частоты.

Управление осуществляется при помощи логического модуля LOGO (рис.15), в котором имеются часы реального времени, что позволяет через дискретные выходы выбирать требуемое выходной частоты преобразователя.

На рисунке 16 показана система регулирования производительности вентилятора:

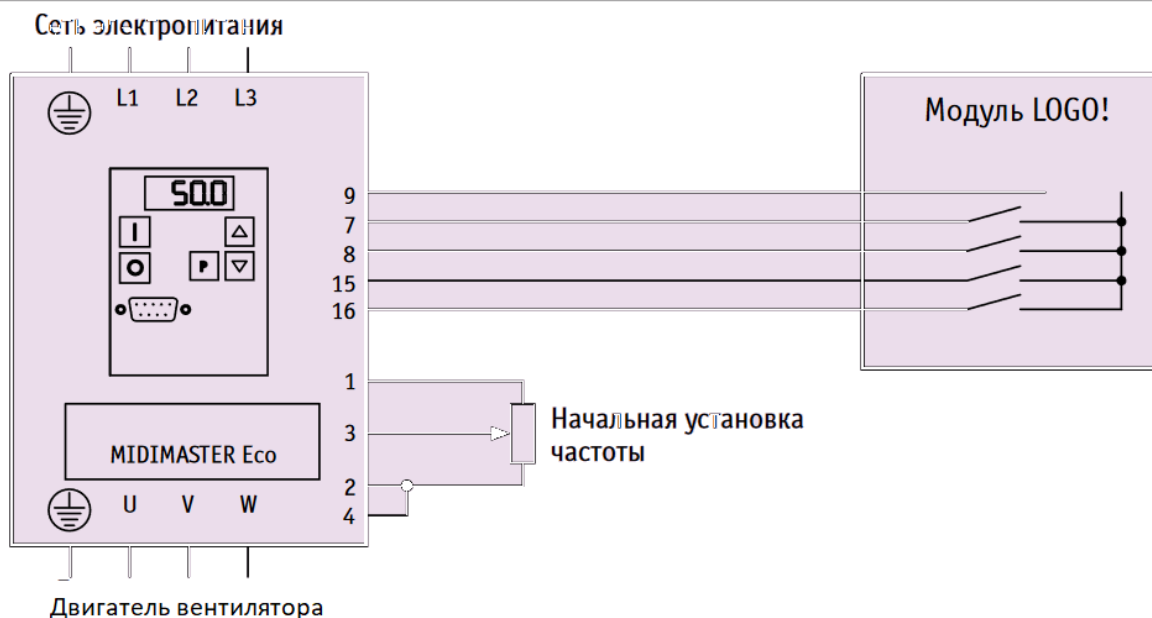


Рисунок – 16 система регулирования производительности вентилятора.

Система поддержания постоянной скорости в шахте с датчиком скорости: через аналоговый вход номер1 выставляется при помощи потенциометра нужная скорость. Датчик скорости преобразует обороты/минуту в электрический сигнал. При помощи дополнительного источника питания осуществляется питание датчика скорости.

Управление преобразователем частоты осуществляется при помощи пульта управления (рис18). Управление осуществляется набором параметров, заданием значения параметра и контролировать значение параметра, например- время разгона, минимальные и максимальные частоты и другое. Эти параметры изменяют при помощи кнопок мембранной клавиатуры пульта управления.

На рисунке 17 представлена система поддержания постоянной скорости в шахте с датчиком скорости:

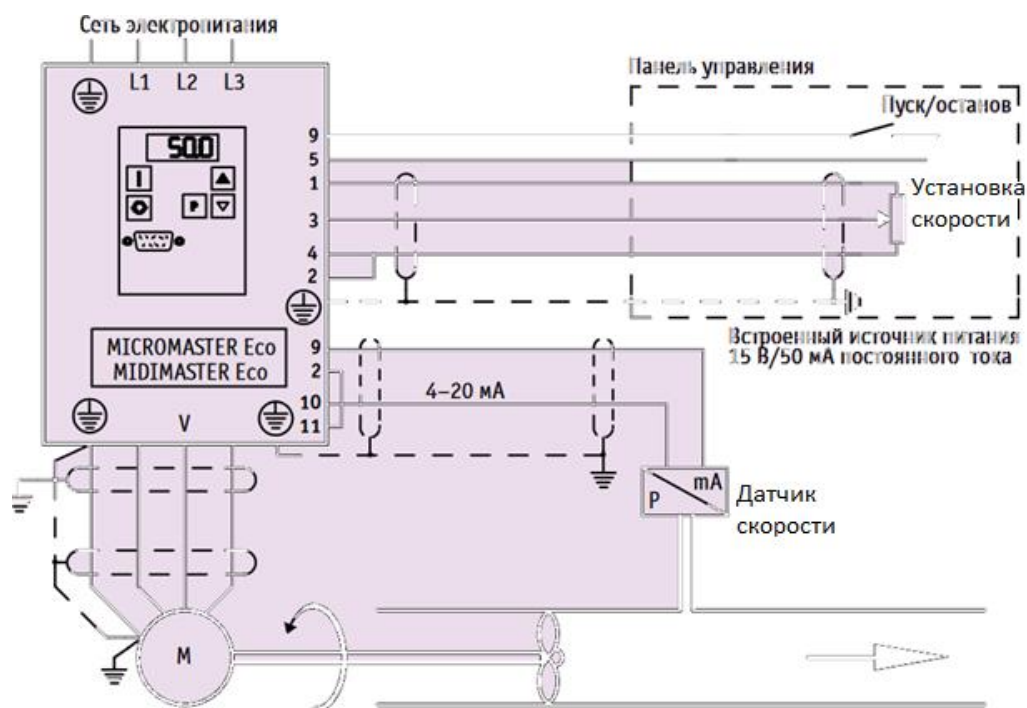


Рисунок 17 – Система поддержания постоянной температуры в шахте с датчиком скорости.

На рисунке 18 представлен пульт управления преобразователем частоты:



Рисунок 18 – пульт управления преобразователем частоты

Но следует отметить, что для установления оптимальных режимов

работы при максимальной эффективности требуется глубокие знания самого процесса и оборудования привода. Поэтому в преобразователе частоты MIDIMASTER Eсo6SE95 выделяется группа параметров, при помощи которых осуществляется быстрый ввод привод в работу. Другие группы параметров (экспертные) для точной настройки.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Расчет динамических характеристик электропривода

Исследуем АД в динамике. Это нужно, потому что параметры схемы замещения АД найдены при помощи методики, у которой может быть погрешность. Моделирование будет производиться в программной среде MATLAB [9].

Схема имитационной модели асинхронного двигателя в программной среде MATLAB-Simulink приведена на рисунке 19

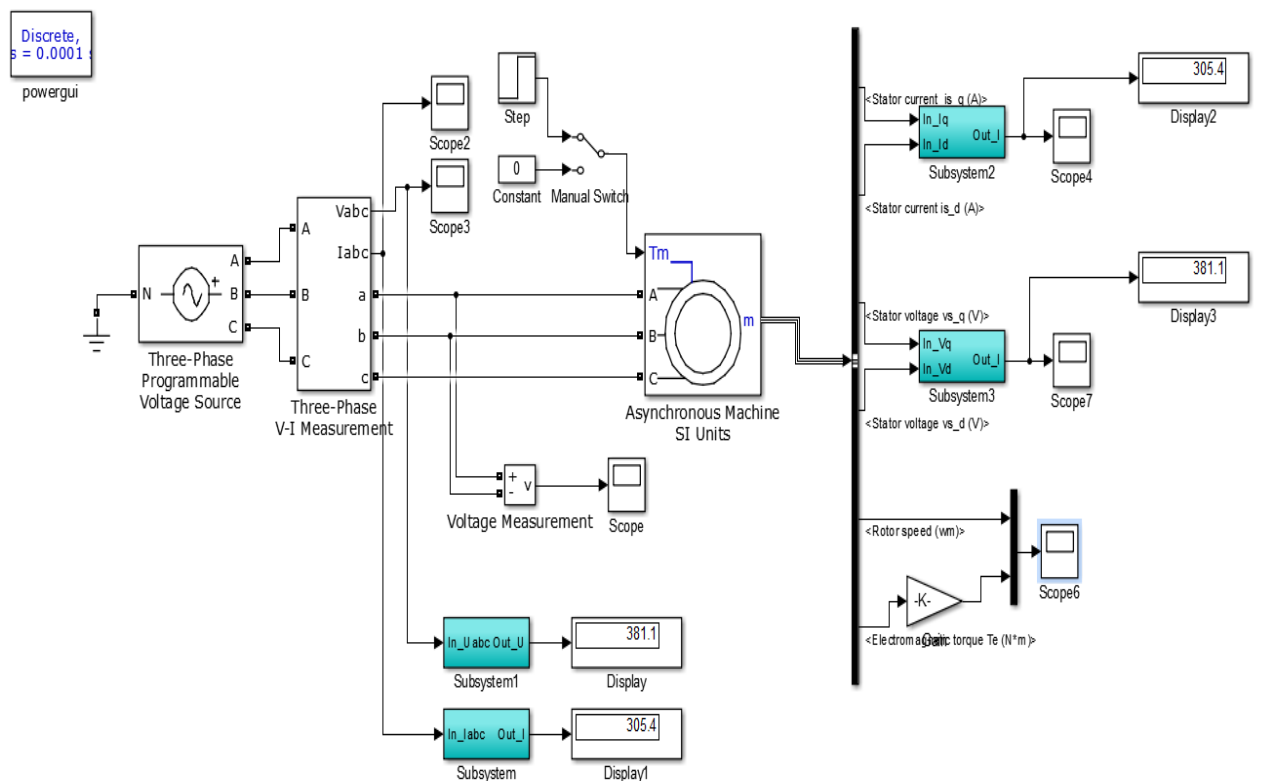
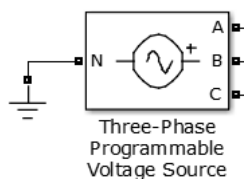


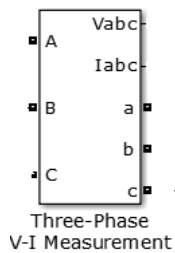
Рисунок 19 – Имитационная модель асинхронного двигателя в программной среде MATLAB-Simulink

Рассмотрим элементы имитационной модели асинхронного двигателя:

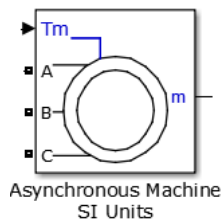


– Это блок для генерации трехфазного синусоидального напряжения с изменяющимися во времени параметрами. Вы можете

запрограммировать изменение во времени для амплитуды, фазы или частоты основного компонента источника. Кроме того, две гармоники могут быть запрограммированы и наложены на основной сигнал.



— Трехфазный измерительный блок V-I используется для измерения мгновенных трехфазных напряжений и токов в цепи. При последовательном соединении с трехфазными элементами, он возвращает три пиковых напряжения и тока между фазой и землей или между фазами.



— Блок асинхронного двигателя.

Ввод параметров схемы замещения асинхронного двигателя в программе MATLAB-Simulink приведен на рисунке 20.

```

parameters1.m
1      %Параметры двигателя
2      f = 50;
3      U = 660;
4      Pn = 315*1000;
5      p = 2;
6      n = 1490;
7
8      wn = (2*pi*1490)/60;
9      Mn = 2019;
10
11     R1 = 8.329/1000;
12     X1 = 0.125;
13     L1 = X1/(2*pi*f);
14
15     R2 = 8.226/1000;
16     X2 = 0.171;
17     L2 = X2/(2*pi*f);
18
19     Xn = 6.45;
20     Ln = Xn/(2*pi*f);
21
22     h = 0.000001;

```

Рисунок 20 – Ввод параметров схемы замещения асинхронного двигателя в программе MATLAB-Simulink

Графики переходных процессов скорости $\omega=f(t)$ и момента $M=f(t)$ при пуске асинхронного электродвигателя прямым включением в сеть приведены на рисунке 21:

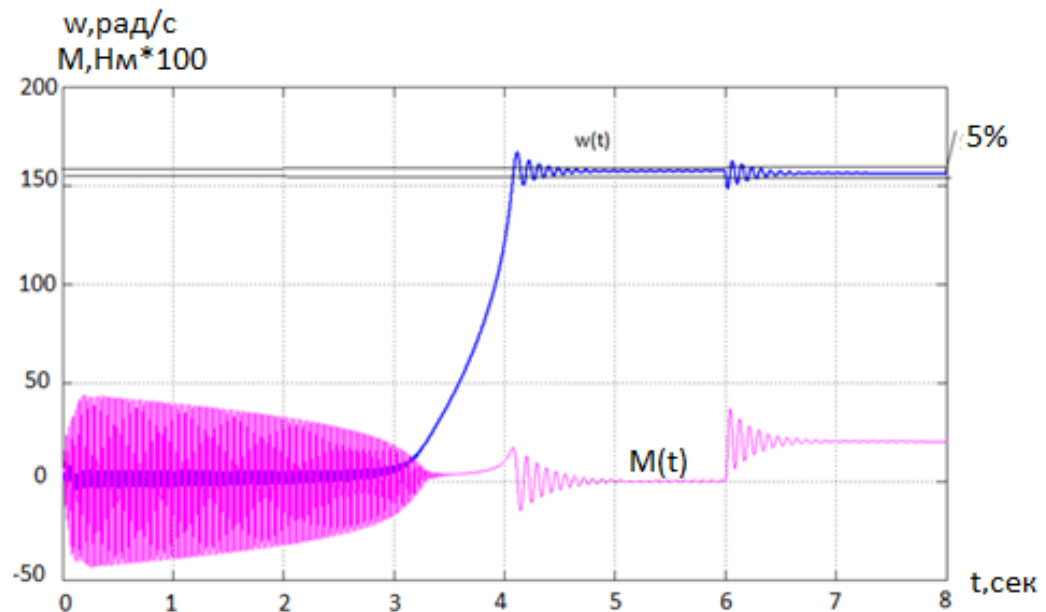


Рисунок 21 – График переходных процессов скорости $\omega = f(t)$ и момента $M=f(t)$ при пуске асинхронного электродвигателя прямым включением в сеть

Из рисунка 21 можно выделить следующие показатели качества скорости:

- перерегулирование – $\sigma=3,4\%$;
- время регулирования – $t=4,2$ сек;
- установившееся значение скорости – $\omega_{уст}=154$ рад/с;
- установившееся значение момента – $M_{уст}=2018$ Н×м.

Также из рисунка 19 можно выделить то, что переходный процесс в режиме холостого хода двигатель достиг синхронной скорости $\omega_0=157$ рад/с. Наброс нагрузки произошёл на бой секунде, а максимальный момент при включении напрямую в сеть $M_{\text{макс}}=3800$ Н×м.

График переходных процессов тока статора I_C без ограничения тока представлен на рисунке 22.

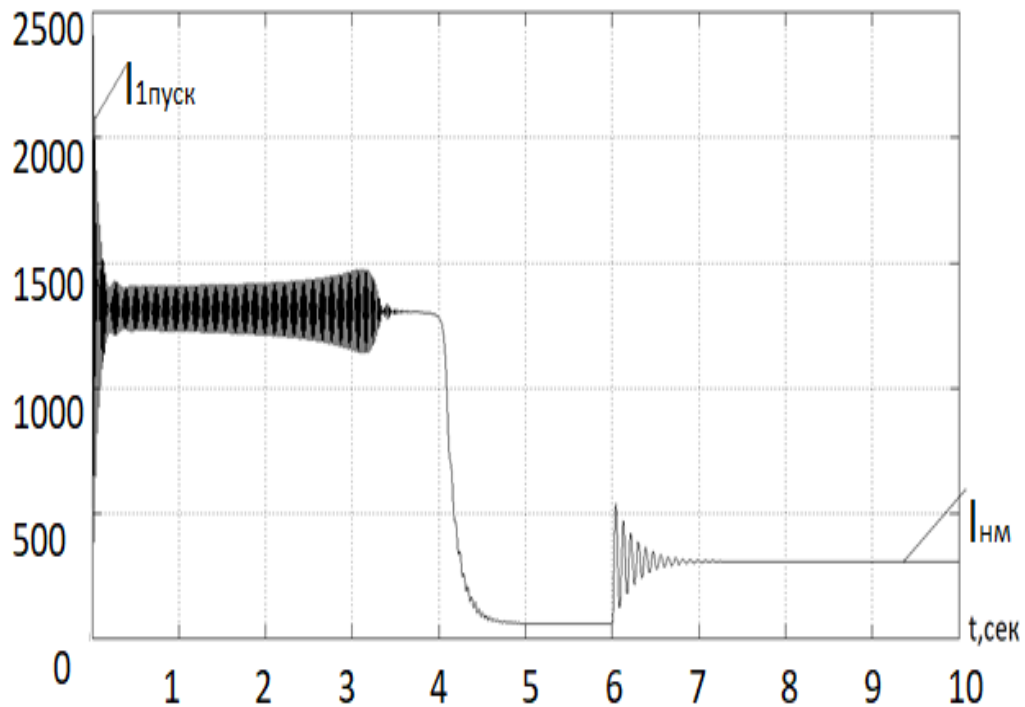


Рисунок 22 – График переходных процессов тока статора I_C без ограничения тока

Пусковой ток АД, найденный по результатам переходных процессов:

$$I_{\text{пуск}} = \frac{I_{1\text{пуск.m}}}{\sqrt{2}} = \frac{2100}{\sqrt{2}} = 1485 \text{ А},$$

где $I_{1\text{пуск.m}}$ -амплитудное значение тока статора.

Максимальный ток, потребляемый двигателем при прямом пуске:

$$I_{\text{п}} = k_T \cdot I_{1\text{н}} = 7 \cdot 322,497 = 2258 \text{ А},$$

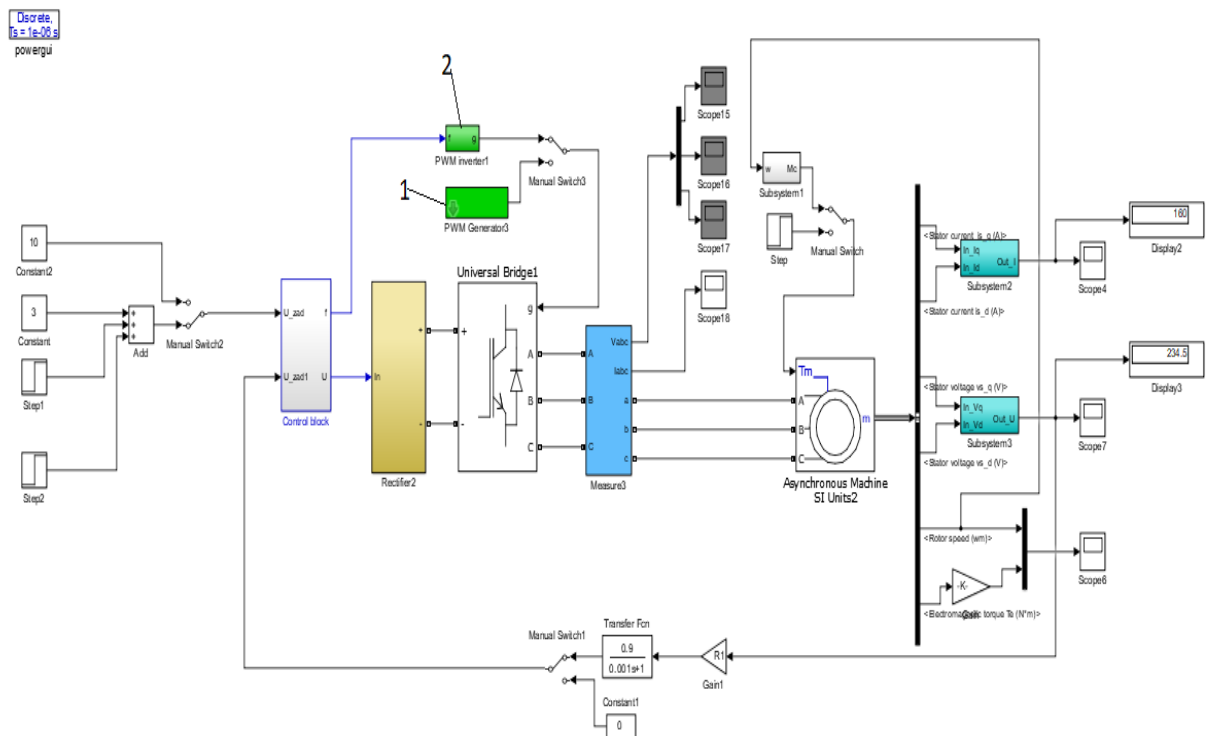
где $k_T = \frac{I_{\text{п}}}{I_{1\text{н}}} = 7;$

$I_{1\text{н}}$ -номинальный ток обмотки статора АД.

Номинальный ток статора по результатам расчета переходных процессов тока статора $I_{\text{нм}} = 320 \text{ А}$. (рисунок 23).

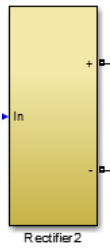
электроприводом с законом управления $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$

Имитационная модель системы преобразователь частоты-короткозамкнутый асинхронный двигатель с законом управления $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$ представлена на рисунке 23.

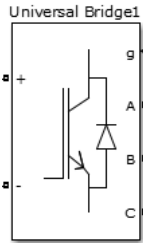


короткозамкнутый асинхронный двигатель с законом управления $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$

45



— блок выпрямителя для преобразования переменного тока в постоянный.



— блок трехфазного силового преобразователя, который состоит из шести переключателей питания, соединенных в мостовой конфигурации.

На рисунке 24 представлены переходные процессы момента и скорости при пуске АД с вентиляторной нагрузкой с законом управления $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const.}$

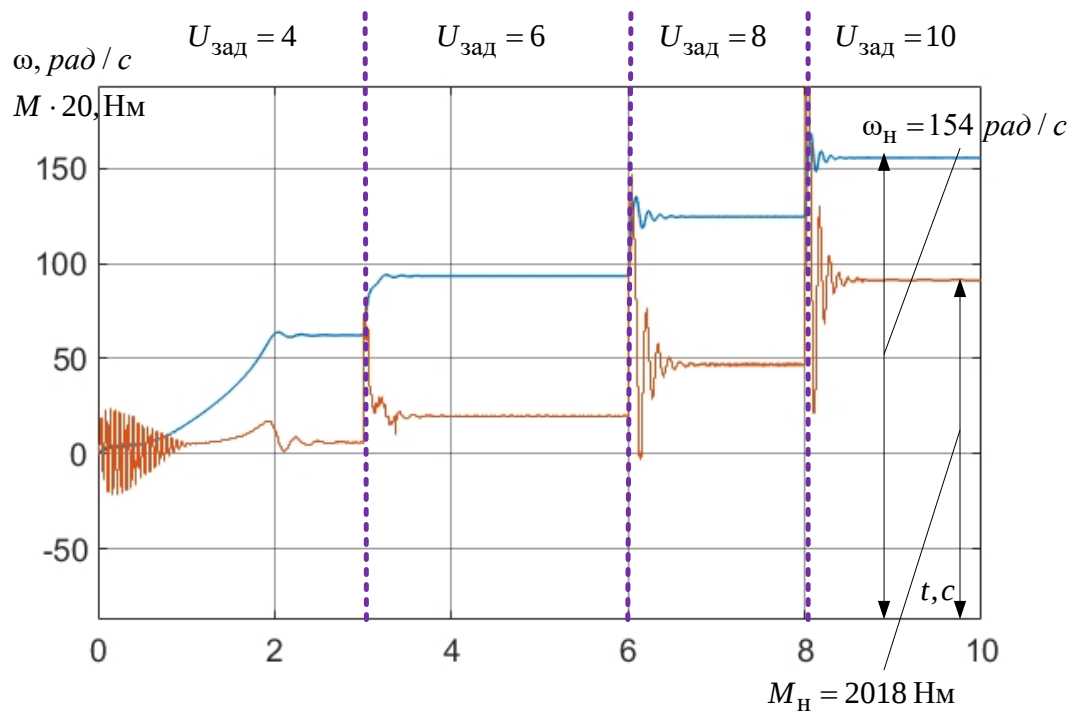


Рисунок 24 – Переходные процессы момента и скорости при пуске АД с вентиляторной нагрузкой

На рисунке 25 представлены переходные процессы тока при пуске АД с вентиляторной нагрузкой.

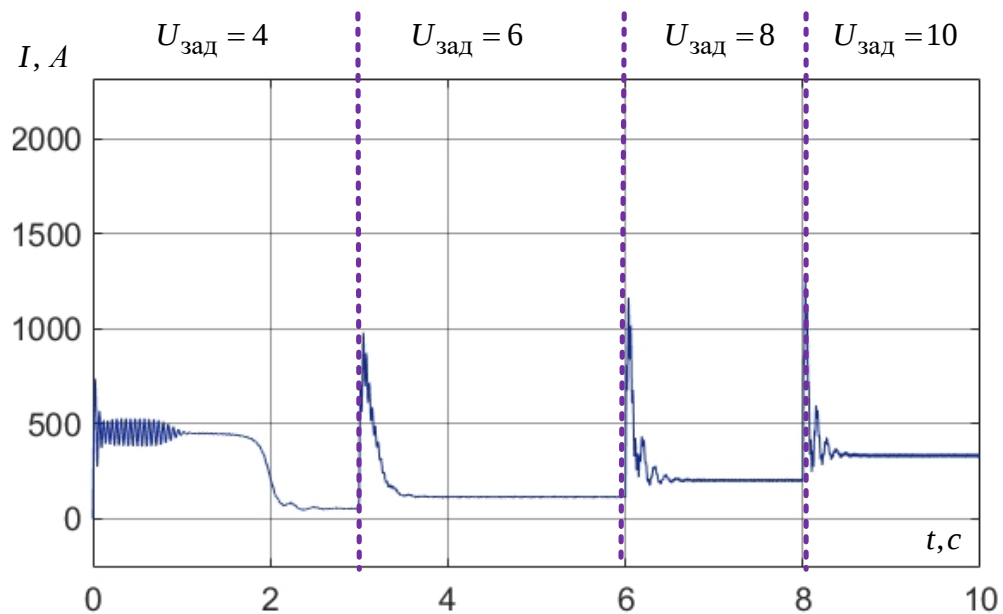


Рисунок 25 – Переходные процессы тока при пуске АД с вентиляторной нагрузкой (закон управления $\frac{U_{1j}}{f_{1j}^2} = \text{const}$)

На рисунке 26 представлена осциллограмма линейного напряжения на выходе инвертора при $U_{\text{зад}} = 4$.

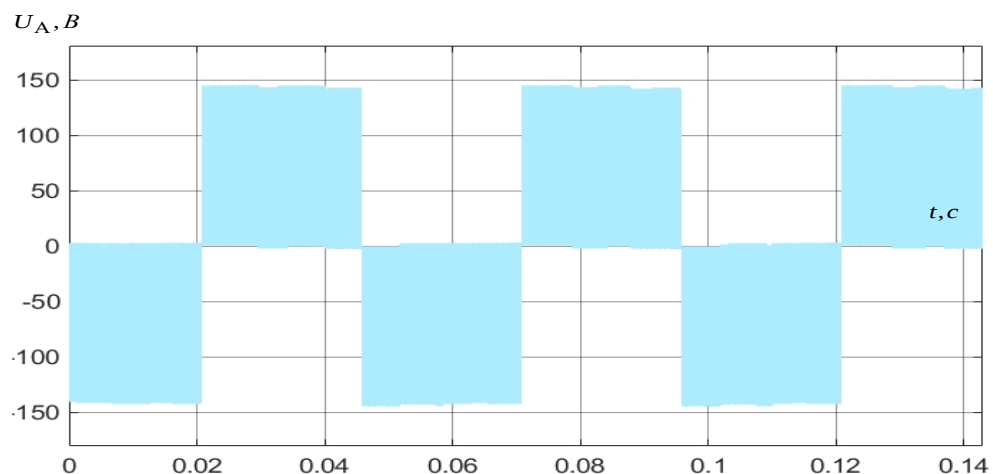


Рисунок 26 – Осциллограмма линейного напряжения на выходе инвертора при $U_{\text{зад}} = 4$

Из рисунка 24 можно выделить следующие показатели качества скорости с напряжением задания $U_{\text{зад}} = 10\text{В}$:

- перерегулирование – $\sigma = 3,4\%$;
- время регулирования – $t = 4,4$ сек;
- установившееся значение скорости – $\omega_{\text{уст}} = 154$ рад/с;
- установившееся значение момента – $M_{\text{уст}} = 2018$ Н·м.

На рисунке 25 имеется две системы управления инвертором, где блок 1 – стандартный блок системы управления инвертором программной среды MATLAB, а блок 2 – собранная система управления инвертором. Собранная система управления инвертором представлена на рисунке 27.

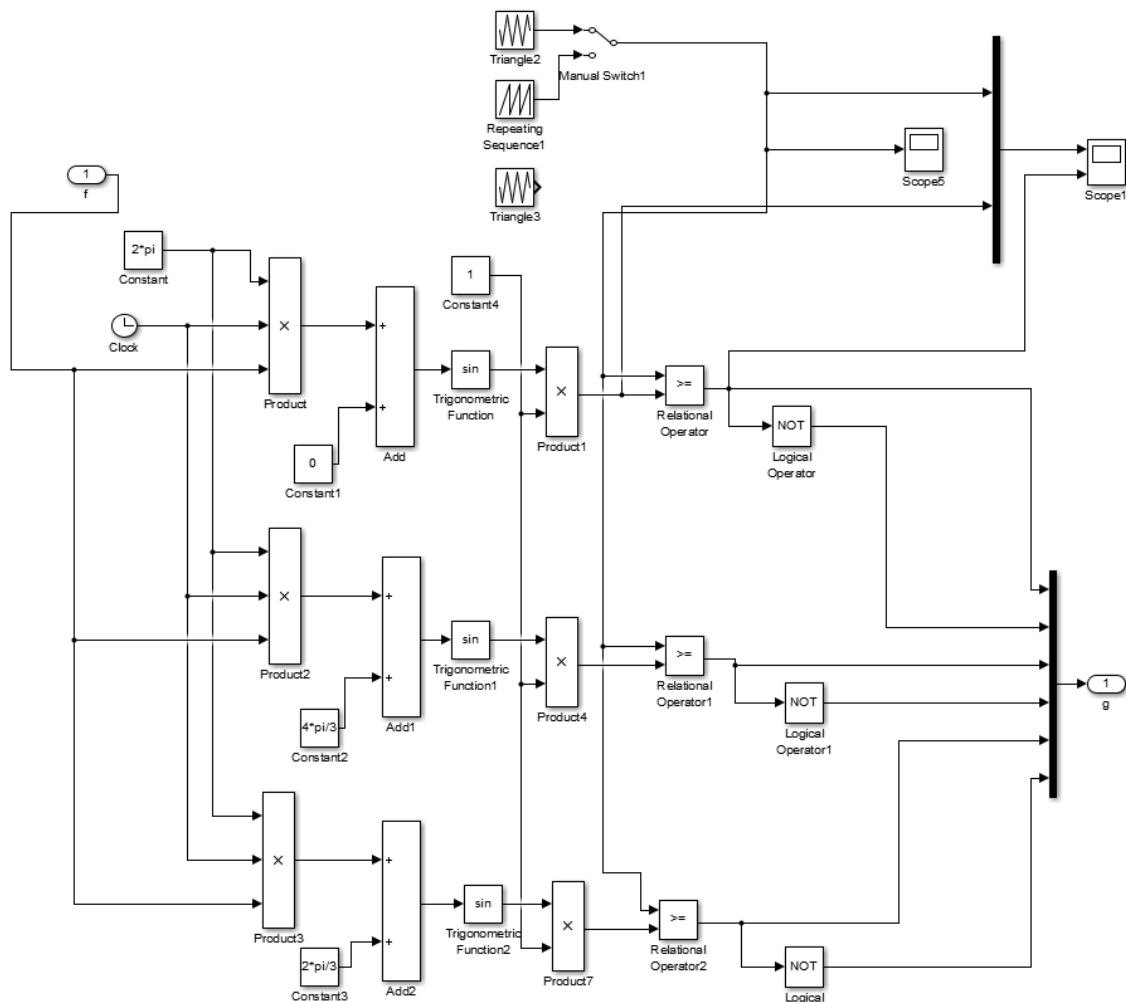


Рисунок 27 – собранная система управления инвертором.

Импульсы генерируются путем сравнения треугольной формы несущей с эталонным модулирующим сигналом. Модулирующие сигналы могут

генерироваться самим генератором ШИМ, или они могут быть вектором внешних сигналов, подключенных на входе блока. Один опорный сигнал необходим для генерации импульсов для одно- или двухплечевого моста, а три опорных сигнала необходимы для генерации импульсов для трехфазного, одиночного или двойного моста.

На рисунке 28 представлена ШИМ инвертора:

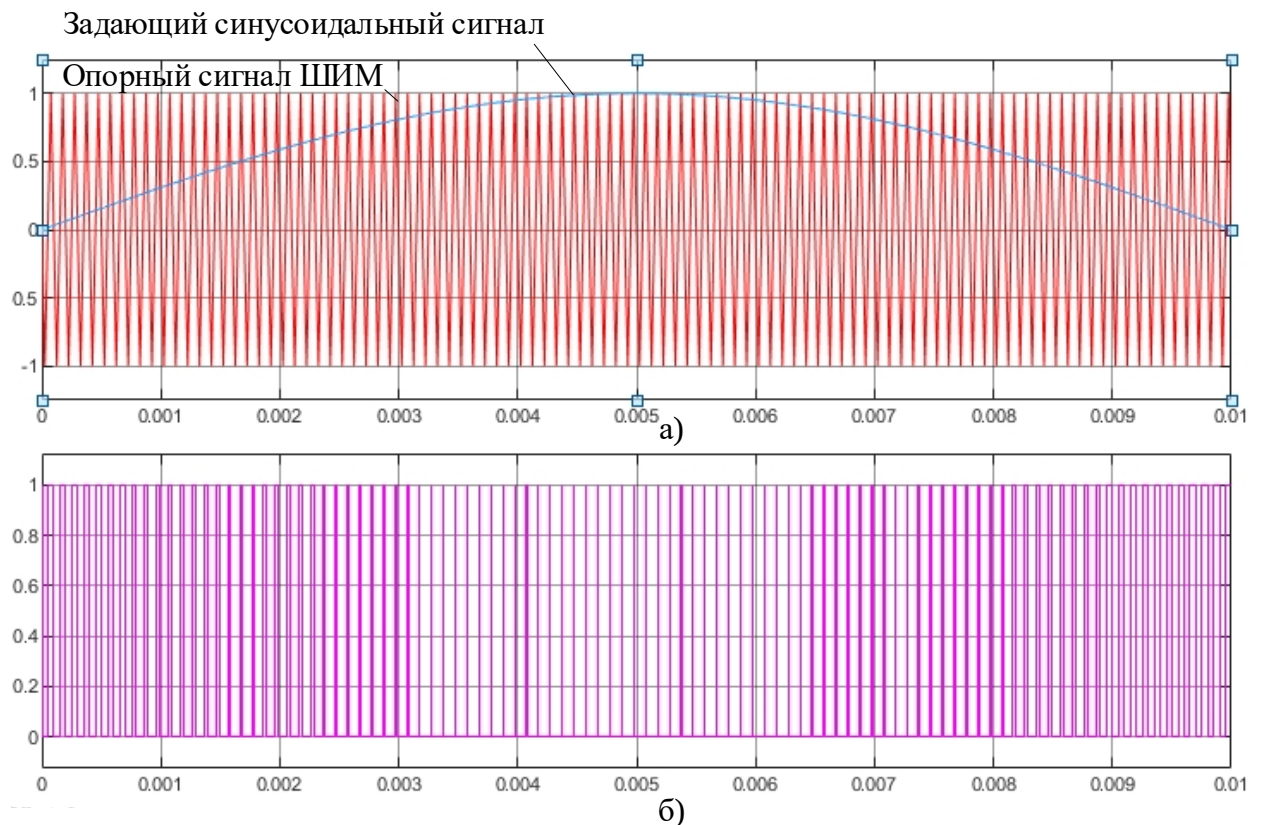


Рисунок 28 – Осциллограммы системы управления ШИМ

а) опорный и задающий синусоидальный сигнал

б) импульсы управления для одной из пар транзисторный пары

Треугольный сигнал сравнивается с задающим синусоидальным сигналом, формируясь в импульсы, которые подаются на транзистор.

На рисунке 29 представлены осциллограммы импульсов управления для трехфазного инвертора напряжения.

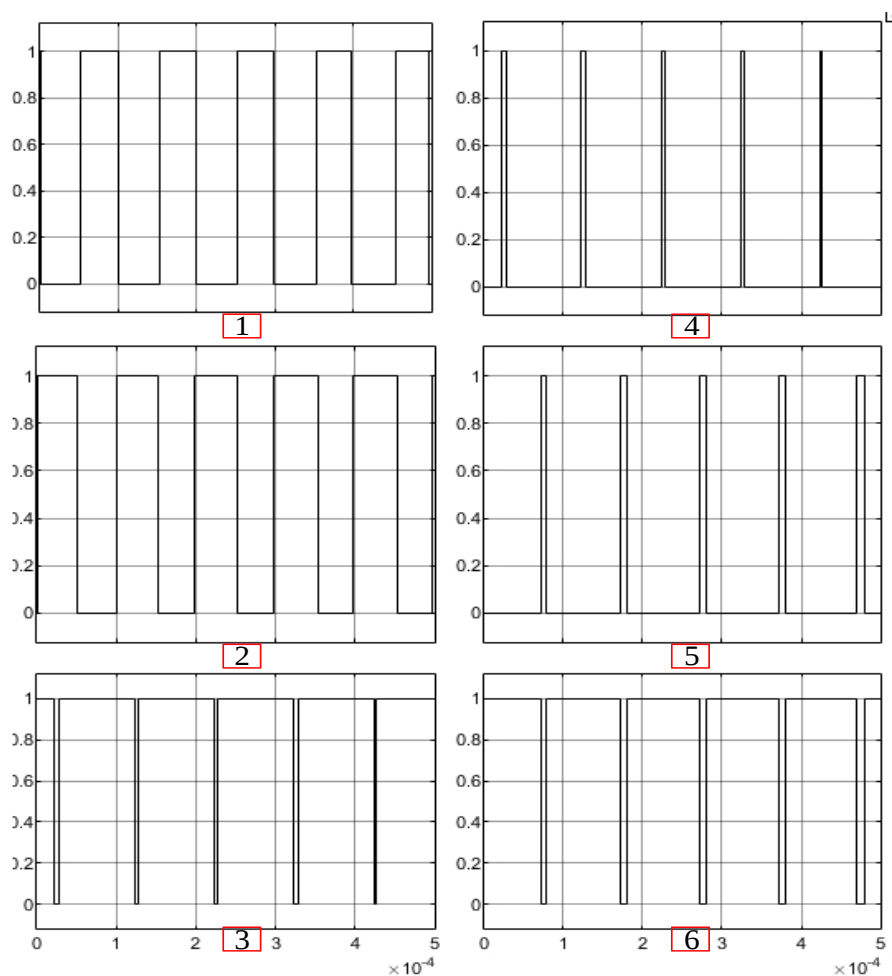


Рисунок 29 – Осциллограммы импульсов управления для трехфазного инвертора напряжения

На рисунке 29 указан номер транзистора для которого формируются импульсы управления, согласно силовой части представленной на рисунке 30.

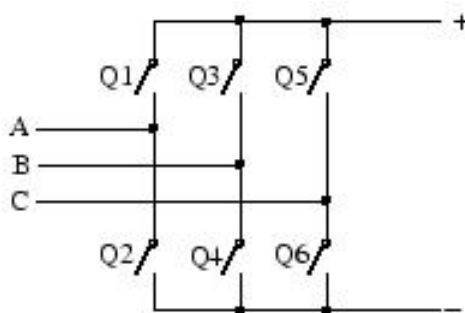


Рисунок 30 – Порядок расположения силовых ключей в силовой части трехфазного инвертора напряжений.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования спроектированного электропривода, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- составление SWOT – анализа работы проектируемого стенда;
- планирование технико – конструкторских работ;
- определение ресурсосберегающей эффективности проекта [10].

5.1. SWOT – анализ работы проектируемого стенда

SWOT – анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование технического проекта.

Применительно к проектируемому стенду, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны, а также его возможности и угрозы.

Для проведения SWOT – анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT

Сильные стороны проекта: С1. Высокая энергоэффективность и энергосбережение технологии; С2. Экологичность технологии; С3. Квалифицированный персонал; С4. Повышение безопасности производства; С5. Уменьшение затрат на ремонт оборудования;	Слабые стороны проекта: Сл1. Трудность монтажа системы; Сл2. Дороговизна оборудования. Сл3. Сложность эксплуатации электрооборудования
Возможности: В1. Увеличение производительности электрооборудования; В2. Появление дополнительной автоматизированной системы управления каротажной станцией; В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые на производстве каротажной станции; В4. Появление более простых универсальных электрических систем внутризаводской сети;	Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологии производства; У2. Ограничения на экспорт технологии; У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции;

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз (табл. 5, 6), позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+, -) для

подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Таблица 5 – Интерактивная матрица возможностей

Возможность и	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
B1	+	+	+	+	+
B2	+	-	-	+	-
B3	-	+	-	-	+
B4	+	+	-	+	+
	Слабые стороны проекта				
	Сл1		Сл2		Сл3
B1	-		-		-
B2	+		+		+
B3	-		+		-
B4	-		-		-

Таблица 6 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
У1	-	-	+	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	-	-	+	+
У4	+	-	+	-	+
	Слабые стороны проекта				
	Сл1		Сл2		Сл3
У1	+		+		-
У2	-		-		+
У3	-		+		+
У4	-		-		+

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 1 и 2, показывает, что сильных сторон значительно больше, которые обладают наиболее сильными факторами, которые могут повлиять на проект, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности и незначительное воздействие, что говорит о высокой надежности проекта.

Разработка прототипа была нацелена на проверку ключевых технологических и функциональных предположений относительно поставленной задачи. Исследовательский прототип системы вентиляции, создавался для имитации работы частотного электропривода, датчиков, проверки производительности программного или аппаратного обеспечения, настройки регуляторов, симуляции аварийных ситуаций и реакции на них.

5.2. Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования.

5.3. Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчет и выбор оборудования, составление функциональной и структурной схемы, ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления	3	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Дипломник
	4	Расчет и выбор оборудования	
	5	Составление спецификации	
	6	Проверка проекта	Дипломник, научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Дипломник
Оформление отчета по техническому проектированию	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	Дипломник, научный руководитель
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	10	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

5.4 Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в рабочих днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{OЖi}$ используется следующая формула:

$$t_{OЖi} = \frac{3t_{\min.i} + 2t_{\max.i}}{5}, \quad (??)$$

где $t_{OЖi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы чел. – дн.;

$t_{\min.i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.;

$t_{\max.i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Таблица 8 – Продолжительность работ, раб. дни

№	Название работы	Трудоемкость работ					
		Минимально возможная		Максимально возможная		Ожидаемая	
		Науч. рук-ль	Дипл ом-ник	Науч. рук-ль	Дипл ом-ник	Науч. рук-ль	Дипл ом-ник

1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	4	-	4	-	4
3	Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	2	-	2	-	2
4	Расчет и выбор оборудования	-	26	-	28	-	27
5	Составление спецификации	-	1	-	1	-	1
6	Проверка проекта	3	4	3	4	3	4
7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	-	42	-	47	-	44
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	2	5	2	8	2	6
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	2	-	2	-	2	-
10	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	1	7	1	4

5.4. Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР . На основе таблицы 8 строим план – график проведения работ (таблица 9).

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 13 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая второй декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 103 дня. Из них:

- 92 дня продолжительность выполнения работ дипломника;
- 11 дней продолжительность выполнения работ руководителя.

5.5 Составление сметы затрат на разработку тп

Смета затрат включает в себя следующие статьи:

- материальные затраты;
- расчет полной заработной платы исполнителей;
- расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.
-

5.6. Определение стоимости материальных затрат

Расчет производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат материальных затрат заносится в таблицу

Таблица 9 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп-ли	T_{Pi} , раб. дни	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1													
2	Поиск и изучение аналогов	Дипломник	4													
3	Расчет и выбор оборудования	Дипломник	2													
4	Составление функциональной и структурной схемы, разработка дизайна стенда	Дипломник	27													
5	Составление спецификации	Дипломник	1													
6	Ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления, заказ оборудования	Руководитель	3													
		Дипломник	4													
7	Печать элементов, написание кода управления и монтаж системы	Дипломник	44													
8	Пусконаладочные работы, устранение возможных неисправностей	Руководитель	2													
		Дипломник	6													
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель	2													
10	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	1													
		Дипломник	4													

Таблица 10 – Затраты на комплектующие

Наименование детали (узла)	Выполняемая функция	Кол-во	Ед. изм.	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы руб.
Двигатель	Вращает вентилятор	1	шт.	455000	455000
Автоматический выключатель	Защищает электрическую сеть и электрооборудование от аварийных режимов	3	шт.	3500	10500
Преобразователь частоты	Регулирование скорости электродвигателя	1	шт.	726000	726000
Итого					1191500

Рассчитаем расходы, связанные с заготовкой и доставкой материальных ценностей:

$$Z_M = M \cdot \gamma = 1191500 \cdot 1,05 = 1250 \text{ тыс.руб.} \quad (??)$$

где M – материальные затраты;

γ – коэффициент ТЗР, равный 5%.

5.7 Расчет полной заработной платы исполнителей

Определяется основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (??)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot F_{дн}, \quad (??)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$F_{дн}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, (табл. 9);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{окл} + Z_{р.к.}}{F_{дн}}, \quad (??)$$

где $F_{дн}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе, 22 при 5 – дневной рабочей неделе), раб. дн.

$Z_{окл}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{р.к.}$ – районная доплата, руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 11.

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 12.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол- во, раб. дн.	Основная заработная плата руб.
Руководитель	49 800	14 940	64 740	2 490	11	27 400
Дипломник	9 600	2 880	12 480	480	92	44 200
Итого						71 600

Таблица 12 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэф. доплаты	Основная заработная плата руб	Дополнительная заработная плата руб	Полной заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	27 400	4 100	31 500
Дипломник	0,12	44 200	5 300	49 500
Итого:		71 600	9 400	81 000

5.8. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{ЗП}, \quad (??)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 28.11.2018 №446 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{ЗП} = 30\% \cdot 81\,000 = 24\,300 \text{ руб.}$$

5.9 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов принимается в размере 16% от общей суммы затрат.

5.10 Формирование сметы проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 13.

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 92 раб. дней для инженера и 11 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ.

Таблица 13 – Смета технического проекта

Наименование	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
Затраты на комплектующие	1250	78,0
Затраты по полной заработной плате исполнителей	81	5,0
Отчисления во внебюджетные фонды	24,3	2,0
Накладные расходы	244,7	16,0
Бюджет затрат ТП	1600	100,0

5.11. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 14.

1. Повышение производительности труда пользователя;
2. безопасность: обеспечение безопасности работ при эксплуатации и ремонте оборудования;
3. помехоустойчивость: максимальное значение электромагнитных помех, воздействующих на электропривод, при котором он может продолжать работу с требуемыми рабочими характеристиками;
4. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)
5. надежность: способность объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах;
6. Простота эксплуатации.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 14.

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,4.$$

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Гибкость	0,1	5
2. Безопасность	0,2	4
3. Помехоустойчивость	0,2	4
4. Энергосбережение	0,1	5
5. Надежность	0,2	4
6. Материалоемкость	0,2	5
Итого:	1	4,4

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5 – балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности, помехоустойчивости, надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT – анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта. Угрозы имеют низкие вероятности и незначительное воздействие, что говорит о высокой надежности проекта;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для дипломника, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу дипломника;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта;

- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,4 по 5 – балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет исследовать систему вентиляции, работу частотного электропривода, производить проверку производительности программного или аппаратного обеспечения, настройку регуляторов, симуляцию аварийных ситуаций и реакции на них.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Объектом проектирования является электропривод шахтного осевого вентилятора, который предназначен для регулирования скорости вращения вентилятора.

Под вредными условиями труда следует понимать присутствие на производстве таких факторов, которые наносят ущерб здоровью работников. То есть на рабочих местах не соблюдены определенные гигиенические требования, что может оказывать отрицательное воздействие на дееспособность служащих, а также на здоровье их возможных детей. Работникам предприятия приходится часто выполнять различные операции, сопряженные с прямым риском здоровью (вредные условия труда).

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Какие сферы деятельности и специальности связаны с вредными условиями труда, указывается в постановлении РФ, должности с вредными условиями труда в нефтяной промышленности и строительстве, на меры социальной поддержки, Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда»

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере, Трудовой кодекс РФ, часть первая в ред. Федерального закона от 28.12.2013 N 421-ФЗ [11].

Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда, часть вторая в ред. Федерального закона от 28.12.2013 N 421-ФЗ.

Конкретные размеры повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов, либо коллективным договором, трудовым договором, в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ.

Люди, работающие на вредных производствах, обеспечиваются дополнительным оплачиваемым отпуском, трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливаются на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия. Грамотная социальная политика - ключ к успеху предприятия, ведь эффективность работы напрямую зависит от эмоционального комфорта и позитивного настроения коллектива. Эффективная социальная политика и ответственные, партнерские отношения со своими работниками, являются важнейшими факторами долгосрочного устойчивого развития компании. Максимальная безопасность производства и забота о благосостоянии сотрудников были и остаются основными составляющими социальных программ. Ежегодно на социальные программы предприятие выделяет средства. Сюда входит:

- организация санаторно-курортного лечения, оздоровление работников и их детей;
- оказание медицинских услуг;
- развитие корпоративного спорта и культурно-массовой деятельности;
- материальное поощрение работников к юбилеям и знаменательным датам;
- материальная помощь работникам, нуждающимся в дополнительной социальной поддержке;
- единовременные компенсационные выплаты увольняющимся работникам в связи с выходом на пенсию;

6.2. Производственная безопасность

Табл.15. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) (пример заполнения)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума	-	+	+	Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4.548-96 Параметры шума в помещении устанавливается СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Нормируется искусственное освещение в соответствии со СНиП 23-05-95.
2. Превышение вибрации	-	+	+	
3.Отсутствие или недостаток искусственного света	+	+	+	
4.Микроклимат	-	+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Параметры вибрации устанавливаются СН2.2.4/2.1.8.566. Защита от поражения электрическим током ГОСТ Р 50571.3-94.

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Часть технологического процесса исследования и проверки электропривода нагнетательной установки основана на работе с двигателем, который в свою очередь является источником повышенного уровня шума, что является вредным фактором производственной среды [12].

Опасность может представлять повышенный уровень вибрации, который возникает во время работы исследуемого двигателя при нагрузках выше номинальной.

Следующий вредный фактор – недостаток естественного света, при работе в условиях недостаточной освещённости, связанным с временем суток и погодными условиями.

6.3.1 Шум

Шум – один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности [16].

При нормировании шума используют два метода:

- нормирование по предельному спектру шума;
- нормирование уровня звука в дБА.

Первый метод нормирования является основным для постоянных шумов. Здесь нормируются уровни в децибелах среднеквадратичных звуковых давлений в восьми октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Таким образом, шум на рабочих местах при продолжительности действия более 4 ч не должен превышать нормативных уровней, значения которых приведены в табл. 16.

Таблица 16 – Нормативные уровни звукового давления и уровни звука на постоянных рабочих местах

Вид помещения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни звукового давления, дБ								
1. При шуме, проникающем извне помещений, находящихся на территории предприятий:									
а) конструкторские бюро, комнаты расчетчиков и программистов, счетно-электронных машин, помещения лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, помещения приема больных здравпунктов . .	71	61	54	49	45	42	40	38	50
б) помещения управлений (рабочие комнаты)	79	70	63	58	55	52	50	49	60
в) кабины наблюдения и дистанционного управления	94	87	82	78	75	73	71	70	80
г) то же, с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
2. При шуме, возникающем внутри помещений и проникающем в помещения, находящиеся на территории предприятий:									
а) помещения и участки точной сборки, машинописные бюро . . .	83	74	68	63	60	57	55	54	65
б) помещения лабораторий, помещения для размещения шумовых агрегатов счетно-вычислительных машин (табуляторов, перфораторов, магнитных барабанов и т. п.)	94	87	82	78	75	73	71	70	80
3. Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятий ¹ . .	90	92	86	83	80	78	76	74	85

¹ До 1 января 1979 г. в шумных цехах допускается использование в качестве нормативного предельного спектра ПС-85.

¹ До 1 января 1979 г. в шумных цехах допускается использование в качестве нормативного предельного спектра ПС-85.

Средства индивидуальной защиты(СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя. Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя протившумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

6.3.2 Вибрация

Одним из наиболее опасных для человеческого организма производственных факторов является вибрация. Под вибрацией понимается колебание твёрдых тел.

Вид вибрации: постоянная вибрация, которая за время наблюдения изменяется не более чем в два раза

Большое негативное воздействие этот фактор оказывает на отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека. Длительное воздействие вибрации на организм приводит к развитию профессиональных заболеваний, основным из которых является – виброболезнь, сопровождающаяся головокружением, онемением нижних конечностей и потерей ориентации в пространстве.

Большую опасность для организма представляют вибрации частотой 6-9 Гц, так как эти частоты наиболее близки к собственным частотам внутренних органов человека. Совпадение частоты вибрации и внутреннего органа приведёт к резонансному явлению, в результате чего начнётся процесс разрушения.

Сангигиенические нормы вибрации представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Нормы вибрации

Вид виб- рации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Цех	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

Для виброзащиты применяются средства индивидуальной защиты для рук, ног и тела оператора. В качестве средства защиты для рук применяются рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки по ГОСТ 12.4.002 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний".

Виброзащитная обувь изготавливается в виде сапог, полусапог, в конструкции низа которых используется упругодемпфирующий материал (ГОСТ 12.4.024 "Система стандартов безопасности труда. Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования").

6.3.3 Свет

Специалисты полагают, что причина отрицательного воздействия может заключаться в изменении циркадных ритмов из-за недостатка естественного света. Поэтому следует уделять большее внимание достаточному дневному освещению для укрепления здоровья и морального состояния работников.

В зависимости от напряжения зрительного аппарата при выполнении работы освещенность на предприятиях делят на восемь разрядов: от наивысшей точности до общего наблюдения за ходом производственного процесса.

В таблице 18 приведены нормируемые значения КЕО.

Таблица 18 – Нормы КЕО

Характеристика выполняемой зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд длительно й работы	Значение КЕО при естественном освещении, %	
Общие наблюдения за ходом производственного процесса	—	VII	Верхнем и боковом комбинированном	м
			—	—

К числу источников света массового применения относятся лампы накаливания, лампы ДРЛ, люминесцентные лампы. Лампы накаливания применяются там, где проводятся грубые работы, или осуществляется общий надзор за эксплуатацией оборудования. Кроме того, предпочтение лампам накаливания отдается во взрывоопасных и пожароопасных помещениях, в сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой. Характеристика выполняемой зрительной работы для проекта относится к классу средней точности, где наименьший объект различия от (0,5 до 1,0 мм) в связи с этим значение КЕО при естественном освещении 1,5 %.

6.3.4 Микроклимат

Рабочая зона характеризуется:

- наличием большого количества металлического оборудования;
- повышенной температурой.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне

Сезон года	Категория работа	Температура, градус С	Относительная влажность	Скорость движения воздуха, м/с
		По ГОСТ 12.1.005-88	По ГОСТ 12.1.005-88	По ГОСТ 12.1.005-88
Холодный	Средней тяжести(IIa)	17–19	40–60	0,3

Продолжение таблицы 19:

Теплый со значительным избытком тепла	Средней тяжести(Пб)	20–22	40–60	0,2–0,5
--	------------------------	-------	-------	---------

В соответствии с СанПиНом 2.2.4.548 – 96(1) значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла, выделяемого в помещении и периода года.

6.3.5 Электропоражение

При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы [17]:

- обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- требования к электрооборудованию;
- анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

6.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

6.4.1. Шум

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

6.4.2. Свет

На рабочих местах, где трудовая деятельность ведется в условиях отсутствия естественного освещения, необходимо проводить мероприятия, направленные на уменьшение уровня вредности условий труда. В их число входят следующие:

- улучшение условий путем использования искусственного освещения;
- защита временем, то есть сокращение продолжительности пребывания работников в помещении без естественного освещения;
- профилактическое ультрафиолетовое облучение работников. В этом случае источники ультрафиолетового излучения устанавливают рядом с обычными осветительными лампами, за счет чего достигается обогащение обычного искусственного освещения ультрафиолетовым излучением.

При недостатке естественного освещения в помещениях также возможно принятие следующих мер:

- анализ степени загрязненности стекол в светопроемах, их очистка и дальнейшие контрольные измерения коэффициента естественной освещенности, который показывает, какая часть наружного освещения попадает на рабочие места производственного помещения;

- при наличии в помещении зон с недостаточным и достаточным уровнем естественного освещения изменение размещения рабочих мест с их переносом в зону с достаточным уровнем естественного освещения;

- косметический ремонт помещения с применением светлых отделочных материалов.

6.4.3. Микроклимат

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91)
- установка центробежных вентиляторов.;установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами, представленными в таблице 21.

6.4.4. Вибрация

При использовании виброопасных ручных инструментов работы следует проводить с применением режимов труда, которые должны обеспечивать [15]:

- общее ограничение времени воздействия вибрации в течение рабочей смены;
- ограничение длительности непрерывного одноразового воздействия вибрации;
- использование регламентированных перерывов для активного отдыха и лечебно-профилактических процедур.

Для снижения вибрации в источнике ее *возникновения* необходимо производить выбор технологии и оборудования, исключающих ударные и резкие динамические процессы. Большое значение имеет точность изготовления вращающихся деталей, их статическая и динамическая балансировка и отстройка режимов вращения от собственной частоты

колебаний путем изменения скорости вращения, массы колеблющейся системы или ее жесткости.

Виброизоляция машин или рабочих площадок осуществляется путем введения упругих связей (виброизоляторов) между машиной и основанием или основанием и рабочей площадкой. Виброизоляторы выполняются в виде стальных пружин, рессор, прокладок из резины, резинометаллических конструкций и др.

- Вибродемпфирование – уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний системы в другие виды энергии. Увеличение потерь энергии достигается использованием в качестве конструктивных материалов с большим внутренним трением (полимерных материалов); нанесением специальных покрытий из пластмассы, линолеума «Агат», мастики «Антивибрит», резины специальных марок и др. на вибропроводящие поверхности.

- Виброгашение – уменьшение уровня вибрации путем введения в колебательную систему дополнительных масс или увеличения жесткости системы. Реализуется путем установки оборудования на самостоятельные фундаменты. Применяется для тяжелого оборудования.

6.4.5. Электропоражение

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [14] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление [14] п.413. Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока.

Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание. Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление

6.5. Экологическая безопасность

Работа в цеху сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов. Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях [15].

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические

показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость такого вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

6.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на рассматриваемом рабочем месте в механическом цехе это возникновение пожара, взрыв метана и угольной пыли, электропоражение.

6.6.1 Пожар (загорание) – как источник ЧС

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования. Согласно [28], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно-техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности. К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³. Организационно-технические мероприятия: наглядная

агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь

Заключение

В ходе выполнения проекта была исследована главная вентиляторная установка месторождения Каульды. Выполнен расчет и выбор электропривода и автоматизации.

В ходе проектирования был выбран асинхронный электродвигатель 6А355М2 и преобразователь частоты компании Siemens MIDIMASTER Eco6SE95.

Для работы электропривода была выбрана система со скалярным управлением и законом $\frac{U}{f^2} = \text{const}$ с IR компенсацией, как наиболее подходящая для вентиляторной установки и имеющая достаточный диапазон регулирования. IR компенсация позволяет работать электроприводу на низких частотах.

По результатам моделирование системы ПЧ-АД законом управления $\frac{U}{f^2} = \text{const}$ можно выделить следующие полученные значения: перерегулирование $-\sigma = 3,4\%$, что входит в допустимый предел 5%, время регулирования 4,2 секунды, что тоже допустимо для данной системы мощности.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение экономической выпускной квалификационной работы проведен анализ потенциальных рисков и разработаны меры по управлению ими. Определена себестоимость, цена и рентабельность продукции. Проведена оценка уровня качества, прогнозируемый уровень сбыта и объем критического производства.

Данная выпускная квалификационная работа содержит информацию об условиях, которые должны быть обеспечены на узлах связи для безопасного труда рабочих и обеспечения должного состояния их здоровья.

Список литературы

1. Малиновский А.К. Автоматизированный электропривод машин, шахт и рудников. – Москва: Недра, 1956. – 157с.
2. Рудничная вентиляция: Справочник/ Под ред. К. З. Ушакова. —2-е изд., перераб. и. доп. – Москва: Недра, 1988, – 440с.
3. Насосы, вентиляторы и компрессоры. Шерстюк А. Н. Учебное пособие для вузов. – Москва, «Высшая школа», 1972. –344 с.
4. Степанов А.И. Центробежные и осевые компрессоры, воздуходувки и вентиляторы. Теория, конструкция и применение. –Москва: Машгиз. –347 с.
5. Вентиляция шахт и рудников: учеб. пособие / В.И. Голинько, Я.Я. Лебедев, О.А. Муха. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2012. – 266 с.
6. Чернышев А. Ю., Чернышев И. А. Расчет характеристик электроприводов переменного тока. Ч. 1. Асинхронный электродвигатель: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 136с.
7. Г. Г. Соколовский «Электроприводы переменного тока с частотным регулированием» Учебник, М.: Издательство АСАДЕМА, 2006 – 259с.
8. Преобразователя частоты Siemens – предлагаемая продукция. [Электронный курс] <https://www.cta.ru/cms/f/366682.pdf>
9. В.В. Тимошкин, И.А. Чернышев, А.Ю. Чернышев, Н.А. Воронина. Проектирование и исследование асинхронных электроприводов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – 150с.
10. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 36с.
11. Федеральный закон о специальной оценки условий труда. [Электронный курс] https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555
12. С.В. Белова. Охрана окружающей среды. – Москва: Высшая школа, 1991. –319с.

13. Дементьев Ю.Н., Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Электрический привод: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – 223с.
14. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. - Энергоатомиздат. 2000. - 640 с
15. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 824 с.
16. СНиП П-12-77. «Защита от шума»
17. Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.