

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электрооборудование блочно-модульной газовой котельной мощностью 220 кВт УДК 621.31.002.5:621.182.2-62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Королев В.Е.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бурулько Л.К.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Ю.Н.	К.Т.Н., доцент		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Энергетический институт

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электропривод и электрооборудование

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной работы бакалавра.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Королеву Вячеславу Евгеньевичу

Тема работы:

Электрооборудование блочно-модульной газовой котельной мощностью 220 кВт.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объектом проектирования является система электрооборудования котельной мощностью 220 кВт. Исходными данными являются:

Напряжение питания переменный ток 220 В, 50 Гц; Электропривод неререверсивный, диапазон регулирования $D = 1:10$; расход топлива 2.1-4.6 кг/час; рабочее давление 0.6 МПа; номинальная мощность двигателя 5.5 кВт

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(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).

При проектировании и разработке электрооборудования газовой котельной необходимо:

Из анализа литературных источников сформировать требования к системам электрооборудования, провести расчет максимальной потребляемой мощности котельной, расчет и выбор элементов системы электрооборудования. Выбор элементов и блоков управления. Привести общую принципиальную схему системы электрооборудования. В специальной части провести с использованием прикладной программы исследование неисправностей системы электрооборудования, Разработать разделы по технологической, экономической частям и рассмотреть вопросы экологии и техники безопасности.

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Электрическая принципиальная схема электрооборудования газовой котельной, структурная и функциональная схема газовой котельной и ее характеристики, технологическая карта по поиску неисправностей в системе электрооборудования.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Основной общий и специальный разделы ВКР	Бурулько Лев Кириллович
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Трофимова Маргарита Николаевна
«Социальная ответственность»	Дашковский Анатолий Григорьевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПЭО	Бурулько Л.К.	Доцент, к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Королев В.Е.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Королев Вячеслав Евгеньевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, а также нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Разработка технического задания и выбор направления исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Теоретические и экспериментальные исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Обобщение и оценка результатов, оформление отчета по НИР

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Королев В.Е.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Королеву Вячеславу Евгеньевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<i>1. Описание рабочего места на предмет: анализ вредных и опасных факторов, воздействие на окружающую среду, возможные ЧС и места их возникновения, организация работы отдела охраны труда.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<i>1. Анализ вредных факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> – Воздух рабочей зоны; – Вентиляция помещений; – Шум и вибрация; – Освещение рабочей зоны. <i>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> – Электробезопасность; – Составление правил работы с исследуемым оборудованием для предотвращения травматизма; – Защита от случайного прикосновения; – Зануление. <i>3. Охрана окружающей среды:</i> – Анализ объекта воздействия на атмосферу; – Выброс отходов. <i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i> – Наиболее вероятными ЧС при исследовании и проверке электропривода судового вентилятора являются КЗ и пожар на рабочем месте. <i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i> – Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела.
Перечень расч-го и граф-го материала:	<i>Расчет искусственного освещения для помещения.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Королев В.Е.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 109 с., 27 рис., 39 табл., 34 источников.

Ключевые слова: электрооборудование, электропривод, асинхронный двигатель, энергетические показатели, естественные характеристики, искусственные характеристики, автоматическое управление, ресурсоэффективность, ресурсосбережение, социальная ответственность.

Объектом исследования является электрооборудование блочно-модульной газовой котельной мощностью 220 кВт.

Цель работы: разработка регулируемого электропривода газовой горелки по системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель (АД).

В процессе исследования произведен выбор метода расчета на основе исходных данных, произведен выбор асинхронного двигателя, преобразователя частоты и способа управления скоростью АД, сделан выбор элементов электрооборудования для котельной.

В результате исследования сделан расчет параметров двигателя, преобразователя, предельных характеристик, произведен выбор электрооборудования котельной.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: высокая экономность крышной котельной, экологичность, безопасность и полная автоматизация работы позволяют ей заслуженно занимать определенную нишу на рынке котельных установок.

Область применения: жилые, административные, торгово-развлекательные, производственные объекты, когда территория застройки в городе не позволяет разместить отдельно стоящую модульную котельную.

Содержание

Введение	9
1. Обзор литературы и постановка задачи	11
1.1. Описание газовой блочно-модульной котельной	11
1.2. Режимы работы газовых котельных	15
1.3. Выбор мощности газовой горелки	17
1.4. Описание газовой горелки	18
1.5. Элементы электрооборудования газовой котельной	20
2. Выбор и расчет силового оборудования и элементов электрооборудования газовой котельной	21
2.1. Расчет мощности двигателя и предварительный его выбор	21
2.2. Выбор вентилятора	23
2.3. Выбор преобразовательного устройства для регулирования электропривода	25
2.4. Выбор аппаратуры защиты	27
2.5. Расчет и выбор кабельной сети высокого напряжения	29
3. Анализ режимов работы системы электрооборудования газовой котельной	30
3.1. Расчет естественных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода	30
3.2. Расчет искусственных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости	38
3.3. Расчет энергетических показателей электропривода	43
3.4. Расчет переходных процессов скорости и момента для режима пуска двигателя	46
3.5. Разработка структурной схемы скалярного частотного управления вентилятором	49
3.6. Разработка функциональной схемы регулируемого электропривода вентилятора	50
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.2. Анализ конкурентных технических решений	54
4.3. Технология QuaD	56
4.4. SWOT-анализ	58
4.5. Структура работ в рамках научного исследования	64
4.6. Определение трудоемкости выполнения работ	66
4.7. Разработка графика проведения научного исследования	67
4.8. Бюджет научно-технического исследования НТИ	70
4.9. Расчет материальных затрат НТИ	71

4.10. Основная заработная плата исполнителей темы	73
4.11. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	75
4.12. Накладные расходы	76
4.13. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	77
4.14. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	78
5. Социальная ответственность	82
5.1. Анализ опасных и вредных факторов.....	83
5.2. Микроклимат.....	85
5.3. Освещение	86
5.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте	93
5.5. Вибрация.....	94
5.6. Тепловое излучение.....	95
5.7. Химический фактор.....	96
5.8. Травмоопасность.....	97
5.9. Электробезопасность.....	99
5.10. Пожаровзрывоопасность.....	101
5.11. Охрана окружающей среды	103
5.12. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	104
Заключение.....	106
Список литературы.....	107

Введение

Вопросам развития децентрализованного теплоснабжения, начиная с 2000 года, в Российской Федерации уделяется особое внимание наряду с крупными системами централизованного теплоснабжения. Наиболее перспективным направлением принято считать оборудование малоэтажных и многоэтажных зданий котельными, располагаемых на крышах зданий. Это подтверждается тем, что сейчас использование крышных котельных обеспечено нормативными документами, утвержденными в декабре 1995 г. Минстроем России [1,2]. В данных технических постановлениях приведены рекомендуемые схемы, устройство и оборудование крышных котельных.

Особое значение имеет решение Госгортехнадзора об устранении подвальных, встроенных в жилые и общественные здания котельных, так как это сыграло серьезную роль в перевооружении объектов малой теплоэнергетики. Создание местных котельных малой мощности во многом определяется характерными ситуациями ряда городов старой застройки, имеющих архитектурно-историческую ценность, где прокладка новых и замена старых тепловых сетей практически невозможна, а также в сельских местах с малой плотностью застройки.

Применяемые на практике традиционные режимы работы централизованного теплоснабжения имеют ряд недостатков:

- практически отсутствует регулирование отпуска тепла на отопление зданий в переходные периоды;
- перетоп зданий и перерасход топлива в теплые периоды отопительного сезона;
- значительные потери тепла при его транспортировке (около 10 %), а в большинстве эпизодах – преимущественно больше;
- продолжительная эксплуатация подающих трубопроводов теплосети в неблагоприятном режиме температур, характеризуется возрастанием коррозионных процессов и выходом их из строя.

Поэтому задачи, связанные с разработкой систем децентрализованного теплоснабжения являются, несомненно, актуальными.

Огромными плюсами теплоснабжения зданий с применением крышных котельных можно относить:

- уменьшение капвложений (в 2-3 раза) и затрат на эксплуатацию за счет изъятия тепловых сетей;
- экономию топлива (не менее 30 % от годового расхода);
- уменьшение вредоносных выбросов от крышных котельных.

Использование крышных котельных имеет так же целый ряд преимуществ, это:

- высвобождение подвальных помещений, которые могут быть использованы для различных целей;
- местоположение котельной на крыше имеет преимущество в случае взрыва, так как стены котельной делаются в виде легких перегородок, что защищает само здание;
- самоустраняется необходимость сооружения больших дымовых труб по всей высоте здания. Достаточно на котельной установить наружную дымовую трубу небольшой высоты;
- оснащение котельной на крыше подвергается воздействию менее высокого давления, чем в случае установки ее в основании здания, поэтому увеличивается долговечность оборудования, и уменьшаются расходы на текущий ремонт.

В связи с вышеизложенным тема выпускной работы, где объектом проектирования является система электрооборудования крышной газовой котельной мощностью 220 кВт, имеет практическую целесообразность и актуальна.

1. Обзор литературы и постановка задачи

1.1. Описание газовой блочно-модульной котельной

В настоящее время в России работают десятки тысяч выработавших свой ресурс котельных, которым необходима модернизация или замена их новыми полностью автоматизированными котельными. Сегодня определяющими факторами при выборе котельного оборудования являются сроки, качество и цена строительства котельных или их модернизации, с последующей экономной эксплуатацией.

Современная котельная установка представляет собой сложное техническое сооружение и состоит из котла и вспомогательного котельного оборудования, размещенного в помещении котельной или вне ее границ и предназначенного для производства пара с необходимыми параметрами или для подогрева горячей воды, или того и другого одновременно [3].

Котельные в крышном исполнении поставляются мощностью от 200 кВт до 5 МВт и предназначены для размещения на крышах зданий и сооружений. Данные котельные могут быть в базовом, специальном и северном исполнении, также возможно использование теплообменников закрытого котлового контура и кислородного регулирования. Основной особенностью данных котельных является снижение шумовых эмиссий за счет использования шумопоглощающего оборудования дымовых труб и горелочных устройств. В крышных котельных в любой комплектации используются шумоглушители, установленные на горелки, и шумоглушители (демпферы), установленные на дымовых трубах. Шумоглушители на горелках позволяют добиться снижения шумовых эмиссий дополнительно на 15-20 дБ. Шумоглушители на дымовых трубах позволяют избежать критичного повышения уровня шума при запусках котлов и изменениях мощности тепловой нагрузки.

Дополнительно возможна установка горелок с частотным регулированием, в которых электродвигатель горелки уменьшает число оборотов в соответ-

ствии со снижением тепловой мощности и, как следствие, снижаются шумы и электропотребление.

Помимо незначительного уровня звукового давления котельные в крышном исполнении обладают рядом других характерных особенностей, предъявляемых к данного рода котельным:

- низкое давление подключения газа, не более 50 мбар;
- внутреннее гидроизоляционное покрытие (на высоту залива водой 10 см);
- повышенные требования к противопожарной безопасности.

Если рассматривать какие плюсы и минусы имеет крышная котельная, можно заметить сравнительно небольшие недостатки на фоне значительных преимуществ такого решения. По этой причине все больше строительных компаний при строительстве новых зданий отказывается от подключения к центральной теплосети и устанавливает такое автономное оборудование. В числе преимуществ этого можно заметить:

- Нет необходимости в строительстве дополнительного здания. Для того чтобы крышная газовая котельная в многоквартирном доме могла работать, будет достаточно отвести или оборудовать для её целей техническое помещение. Водяной коллектор или рамка может находиться как в подвале, так и в чердачном помещении.

- Низкие теплопотери. Так как отсутствует необходимость в монтаже теплотрассы, снижаются расходы, связанные с транспортировкой теплоносителей к дому. Согласно статистике, во время прохождения нагретой жидкости от обычной котельной до жилого дома теряется около 15-20% тепла. Крышные газовые котельные исключают такие потери.

- Низкие расходы на монтаж коммуникаций. Нет необходимости в присоединении к общей системе теплосети, снижаются расходы на монтаж, подключение и заключения договора с этим предприятием.

- Низкие требования. Отсутствует необходимость в обеспечении принудительной вентиляции, обустройстве дымоотводов и т.д. Нормы проектирова-

ния и требования к крышным котельным позволяют без проблем использовать такое оборудование для обогрева зданий высотой до 26,5 метров.

- Возможность полной автоматизации системы. Конструкция позволяет свести к минимуму присутствие оператора. Автоматизация котельной позволяет установить датчики, которые будут реагировать на изменения температуры в окружающей среде и подстраивать интенсивность обогрева помещений соответственно этому.

- Отсутствие необходимости в прекращении работы в летнее время. Оборудование может работать круглогодично. Сервисное обслуживание может осуществлять персонал котельной самостоятельно без приглашения специалистов. Газовые крышные котлы просты в управлении и не требуют особых профессиональных навыков от людей, которые регулируют их работу [4].

Крышные котельные размещаются на перекрытии отапливаемого объекта на предварительно подготовленном основании. Мощность котельной установки крышного типа не должна превышать потребности в тепле отапливаемого объекта, для теплоснабжения которого она будет применяться. Пример подъема и установки крышной блочно-модульной котельной приведен на рисунке 1.11, 1.1.2.



Рисунок 1.1.1 - Подъем на здание блочно-модульной котельной крышного исполнения

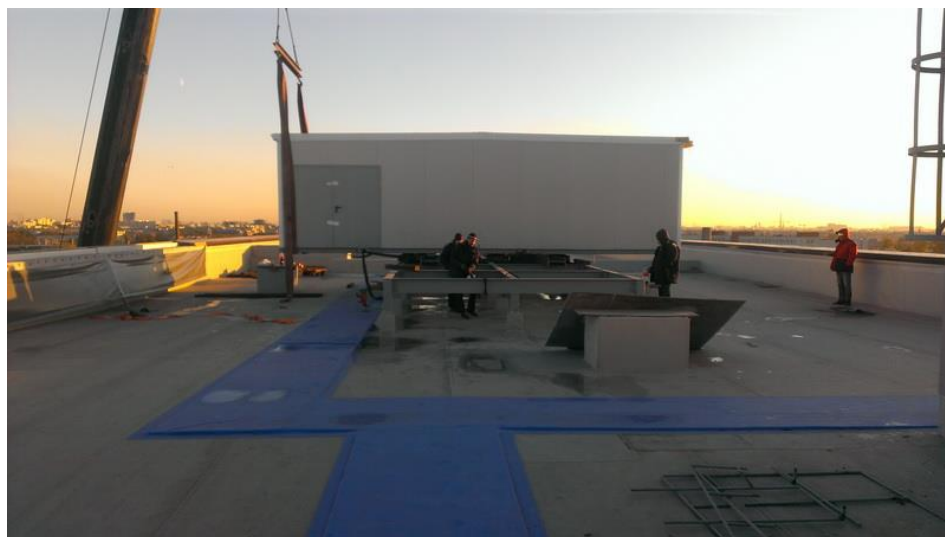


Рисунок 1.1.2 - Размещение на здании блочно-модульной котельной крышного исполнения

Внутренняя компоновка газовой крышной котельной приведена на рисунке 3.

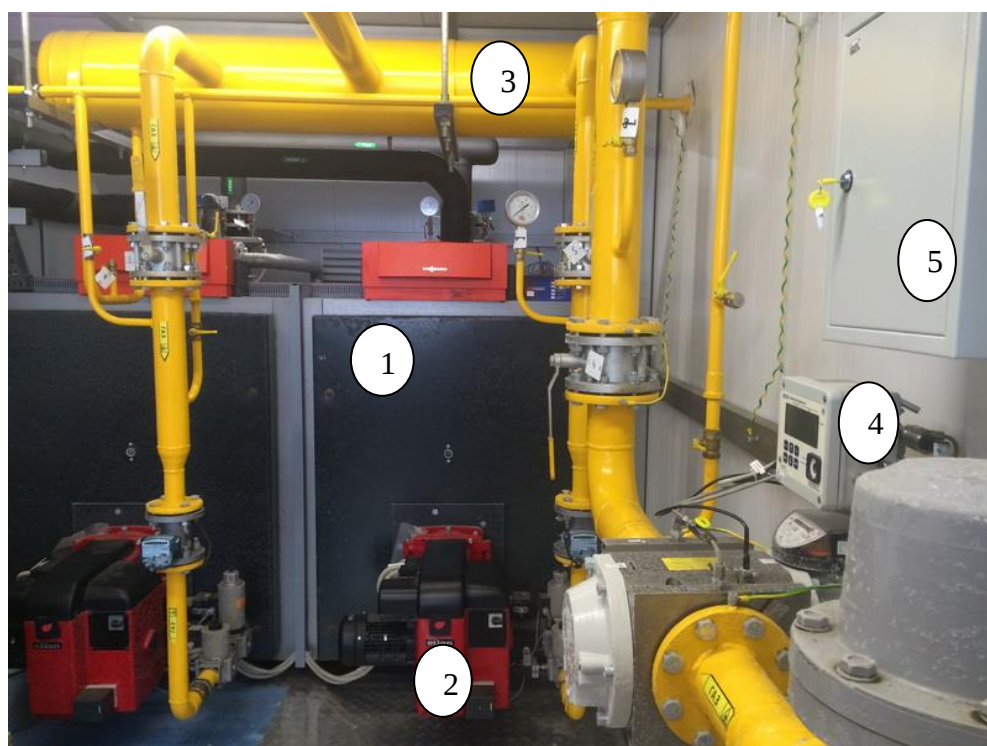


Рисунок 1.1.3 - Размещение элементов оборудования котельной
Где 1- котел, 2- газовая горелка, 3- газопровод с узлом учета, 4- датчик учета газа, 5- шкаф электроснабжения.

1.2. Режимы работы газовых котельных

Перед пуском котла в действие лицо, ответственное за работу котельной, обязано лично проверить готовность котла и системы отопления к работе. При этом проверяется:

- действие предохранительных устройств (предохранительных клапанов, сбросных гидравлических приспособлений) и контрольно-измерительных приборов.

- соответствие состояние оборудования и помещения котельной установленным правилам.

- при входе в котельную включить дежурное электроосвещение во взрывобезопасном исполнении;

- провентилировать котельную в течение 10-15 минут независимо от того, ощущается запах газа или нет, включив вытяжной вентилятор во взрывобезопасном исполнении (если вентилятора нет – провентилировать котельную, открыв окна и двери);

- включить общее электроосвещение;

- проверить положение арматуры: все газовые задвижки и краны, кроме кранов на продувочных газопроводах, должны быть закрыты;

- открыть шиберы за всеми котлами, чтобы можно было удалить из топок и газоходов газ, случайно проникший в них из-за возможной неплотности запорной газовой арматуры;

- открыть регуляторы подачи первичного воздуха или ручные заслонки на воздухопроводе перед горелками и на поддувале под ними, включить в работу дутьевой вентилятор и провентилировать топки и газоходы всех котлов не менее 10 минут;

- снять заглушку у первой по ходу газа задвижки;

- открыть все газовые задвижки и краны по ходу газа;

- замерить давление газа на газовом вводе до регулятора и коллектора газопровода котельной, произвести проверку плотности фланцевых и резьбовых соединений (мыльный раствор наносят кисточкой, отсутствие мыльных пу-

зырей указывает на отсутствие утечки газа), пользоваться огнем при проверке плотности газопровода запрещается;

- открыть задвижку или кран перед пускаемым котлом и продуть газопровод в течение 2-5 минут через продувочную линию для вытеснения газовой смеси;

- перед самым розжигом горелок котла закрыть кран на продувочном газопроводе.

Эксплуатация котельной установки должна осуществляться в соответствии с требованиями промышленной безопасности и государственных стандартов.

Эксплуатация автоматизированной блочной котельной достаточно проста: все параметры регулируются контроллерами и автоматикой, а диспетчерский пульт управления располагается вне здания котельной, что исключает необходимость постоянного присутствия рабочего персонала [5].

При соблюдении всех правил и норм по проектированию, производству, монтажу и пуско-наладке модульной котельной, потребитель может быть уверен в получении качественных услуг по теплоснабжению и горячему водоснабжению.

1.3. Выбор мощности газовой горелки

Количество котлов, устанавливаемых в котельных, и их производительность, определяются на основании технико-экономических расчетов.

В блочно-модульных котельных должна предусматриваться установка не менее двух котлов, за исключением, производственных котельных второй категории, в которых допускается установка одного котла.

Согласно техническому заданию мощность котельной установки 220 кВт, чтобы обеспечить выработку данной мощности с учетом резервирования, необходимо использовать два котла мощностью 110 кВт каждый.

Используя номинальную мощность котла, рассчитываем мощность газовой горелки:

$$P_{\text{горелки}} = \frac{P_{\text{котла}}}{\eta} = \frac{110}{0,92} = 119 \text{ кВт}$$

Далее из каталога [6] выбираем газовую горелку фирмы Weishaupt WG 40.



Рисунок 1.3.1 – Газовая горелка Weishaupt WG 40

Таблица 1.3.1 – Каталожные данные горелки Weishaupt WG 40

Тип горелки	Weishaupt WG 40
Мощность, кВт	60 - 200
Двигатель горелки, мощность кВт	5,5
Ток, А	10,9
Кол. оборотов, об/мин.	3000
Вес, кг	60

1.4. Описание газовой горелки

Газовая горелка – это устройство, обеспечивающее устойчивое сгорание газового топлива и регулирование горения. Предназначена она для подачи к месту горения газ и воздуха либо раздельно, либо в виде их смеси. Для сжигания топлива в топках котельных агрегатов используют большое число разнообразных горелочных устройств, которые классифицировать по ряду следующих признаков:

- по уровню подготовки горючей смеси - без предварительного смешения, с полным предварительным смешением, с неполным предварительным смешением, с частичным предварительным смешением;
- по способу подачи воздуха – с принудительной подачей воздуха от вентилятора, путем инжектирования газовой струей; за счет разряжения в топке;
- по давлению газа перед горелками – низкого давления – до 5 кПа; среднего давления – до критического перепада давлений (в горелке и топке), при котором скорость истечения газа, а следовательно, и расход газа достигают максимальных (критических) значений; высокого давления – при критическом и сверхкритическом перепаде давлений (скорость истечения и расход газа при этом равны максимальным, т.е. критическим, значениям);
- по уровню автоматизации управления горелками – с ручным управлением, полуавтоматические, автоматические.
- по скорости истечения продуктов сгорания – низкая – до 20 м/с; средняя – 20...70 м/с; высокая – более 70 м/с.

Горелки фирмы Weishaupt являются полностью автоматическими и очень надежны в работе. Основными критериями при проектировании и производстве являются экономичность, безопасность, простота обслуживания и экологичность. Поставляемая в Россию продукция сертифицирована в соответствии с требованиями Госстандарта и Госгортехнадзора России.

Все элементы горелки закреплены на ее корпусе. В корпусе из алюминиевого сплава размещается трехфазный электродвигатель, который подключен к

вентилятору и топливному насосу. Пускатели, реле тепловой защиты, а также пускатели подогревателя установлены на горелке. Корпус покрыт стойкой жаропрочной краской. На корпусе имеется поворотный фланец на шарнирах, оснащенный концевыми выключателями, который позволяет поворачивать горелку влево или вправо. Благодаря поворотному фланцу, техобслуживание горелочной головки, сопла и системы зажигания можно проводить без демонтажа горелки. Поток воздуха в головке можно регулировать во всем диапазоне мощности для достижения оптимальных параметров горения.

Воздушная заслонка, находящаяся с засасывающей стороны вентилятора и соединенная с сервомотором автоматически регулирует расход топлива и воздуха в соответствии с требуемой мощностью. Съемная крышка в верхней части горелки облегчает проведение электромонтажных работ и техобслуживания.

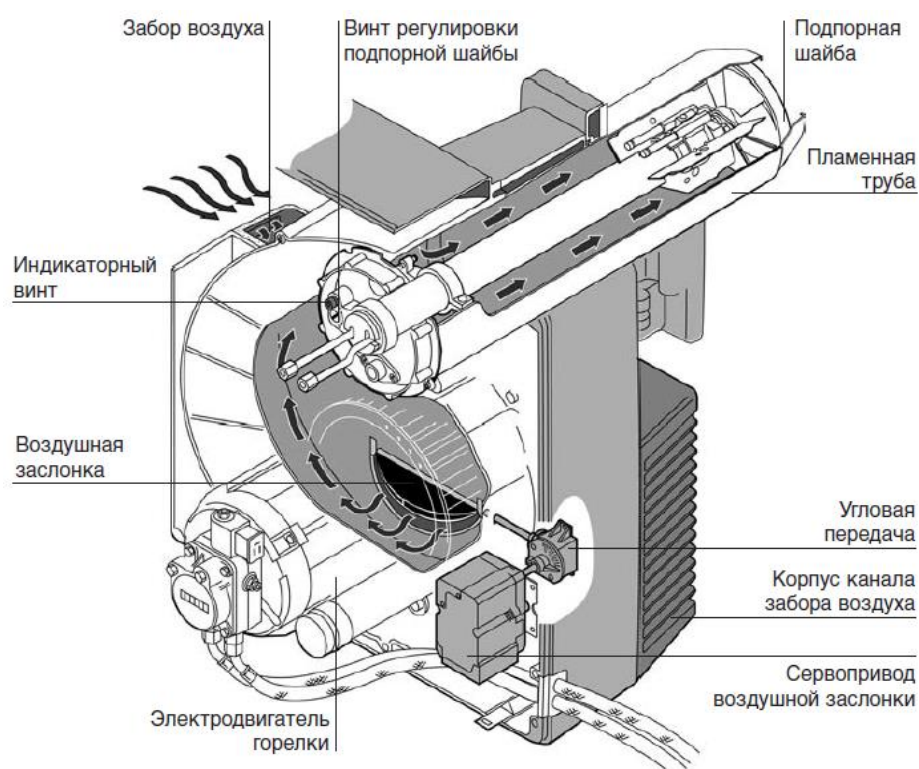


Рисунок 1.4.1 – Элементы подачи воздуха газовой горелки

1.5 Элементы электрооборудования газовой котельной

Электрооборудование модульной котельной – это совокупность специальных электроустановок, измерительных приборов и систем регулирования, обеспечивающих работу котельной в автоматизированном режиме без обслуживающего персонала и управлением ею с удаленного диспетчерского пункта.

Наряду с электрическими цепями, обеспечивающими подключение котельной к наружным сетям, в качестве элементов электрооборудования можно выделить трансформаторы, электрические двигатели, полупроводниковые выпрямители и преобразователи частоты и микропроцессорные системы управления.

Каждая котельная кроме принципиальной тепловой схемы имеет электрическую схему системы электрооборудования котельной, представленную в виде условных обозначений элементов и электротехнических устройств.

Большинство основного и вспомогательного оборудования котельной установки, перемещающиеся механизмы, системы управления, контроля, защит и блокировок имеют электрический привод. Эти механизмы определяют работоспособность и надежность котла и поэтому имеют двойное питание от независимых источников с устройствами автоматического включения резерва. На крупные электродвигатели механизмов собственных нужд (питательных насосов, дымососов, вентиляторов) подается напряжение 6 или 10 кВ, на более мелкие (осветительные сети и цепи управления) – напряжение 0,4 кВ [7].

Практически все электродвигатели имеют защиты на отключение при повреждениях или перегрузках, сохраняющие их от разрушения и загорания.

2. Выбор и расчет силового оборудования и элементов электрооборудования газовой котельной

2.1. Расчет мощности двигателя и предварительный его выбор

Таблица 2.1.1 - Исходные данные к работе:

Производительность	$Q_B = 0,6 \text{ м}^3 / \text{с}$
Напор (давление)	$H_B = 0,0265 \cdot 10^5 \text{ Па};$
КПД	$\eta_e = 0,55$
КПД передачи	$\eta_n = 1$
Диапазон регулирования	1:10

Для вентиляторов необходимая мощность определяется по формуле [8]:

$$P = K_3 \cdot \frac{Q_B \cdot H_B}{\eta_e \cdot \eta_n} = 1,2 \cdot \frac{0,6 \cdot 2650}{1 \cdot 0,55} = 3,469 \text{ кВт}$$

Где, K_3 - коэффициент запаса равный 1,1÷1.3. Принимаем $K_3 = 1,2$.

По каталогу [9] выбираем двигатель типа АИР 100L2 с номинальной мощностью $P_H = 5,5 \text{ кВт}$.

$$5,5 \text{ кВт} \geq 3,469 \text{ кВт}$$

Условие выполняется.

Таблица 2.1.2 – Данные двигателя

$P_{\text{ном}},$ кВт	$n_{\text{ном}},$ об/мин	КПД, %	Коэф. Мощности	$I_{\text{ном}}, \text{ А}$	$M_{\text{пуск}}/$ $M_{\text{ном}}$	$I_{\text{пуск}}/$ $I_{\text{ном}}$	$M_{\text{макс}}/$ $M_{\text{ном}}$	J, кг·м ²
5,5	2860	84	0,86	11	1,8	5,5	2,2	0,0080

Таблица 2.1.3 - Габаритные размеры, мм

l30	l33	h31	d24
420	473	277	250

Таблица 2.1.4 - Установочные и присоединительные размеры, мм

l1	l2	l10	l11	l20	l21	l31
60	50	140	176	4	11	63
d1	d2	d10	d20	d22	d25	b1
28	19	12	215	14	180	8
b2	b10	b11	h	h5	h6	h10
6	160	200	100	31	27	12

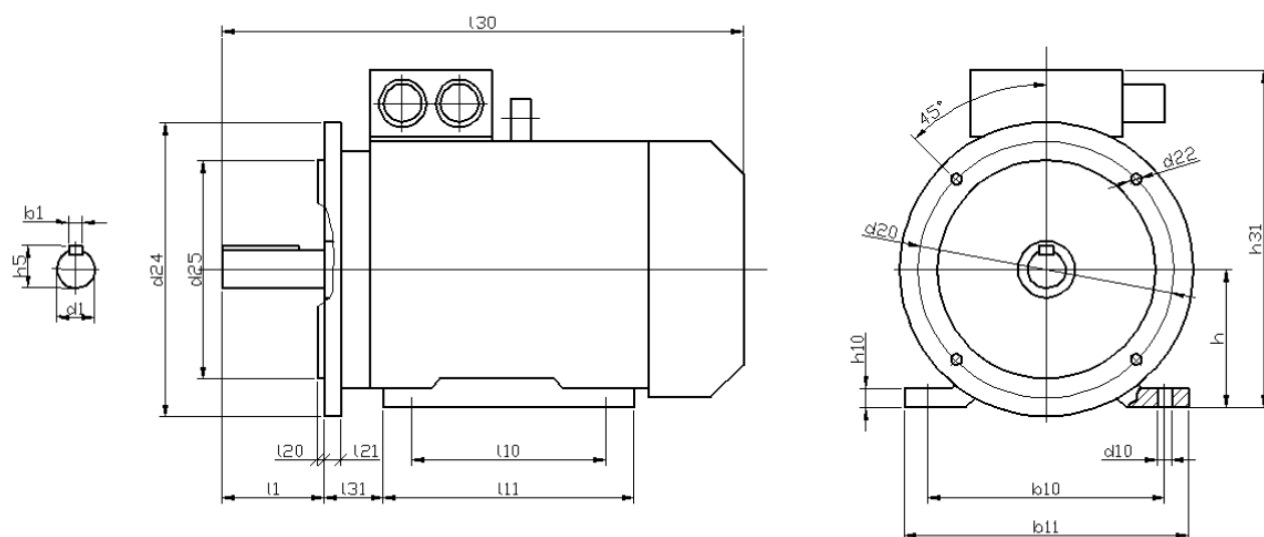


Рисунок 2.1.1 – Габаритные и присоединительные размеры двигателя

2.2 Выбор вентилятора

Исходя из данной по условию производительности вентилятора, напору и мощности выбранного двигателя, подбираем дутьевой вентилятор по каталогу [10].

Вентиляторы дутьевые используются для подачи чистого воздуха в котлы с уравновешенной тягой и паровой производительностью от 1 до 25 т/час; в котлы с тепловой производительностью от 0,5 до 16 Гкал/час. Дутьевые вентиляторы можно использовать в котлах-утилизаторах, водонагревательных котлах, а также газовых горелках. Эти модели также эффективно применяются в системах зерновых элеваторов. ВД и ВДН эксплуатируются при температуре окружающего воздуха от -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$; температура перемещаемой среды на входе не должна превышать $+80^{\circ}\text{C}$.

Нормальная работа как вентиляторов, так и дымососов гарантируется в условиях относительной влажности не более 80% и высоте над уровнем моря, не превышающей 1000 м.

Таблица 2.2.1 – Технические характеристики вентилятора

Дутьевой вентилятор	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Производительность, м ³ /час	Полное давление, Па	Масса, кг
ВД-3,5	5,5	3000	2200	2650	65

Таблица 2.2.2 – Габаритные и присоединительные размеры вентилятора

Тип	L	B	A	A ₁	A ₂	h	H	h ₁
ВД-3,5	650	650	232	200	392	185	640	272

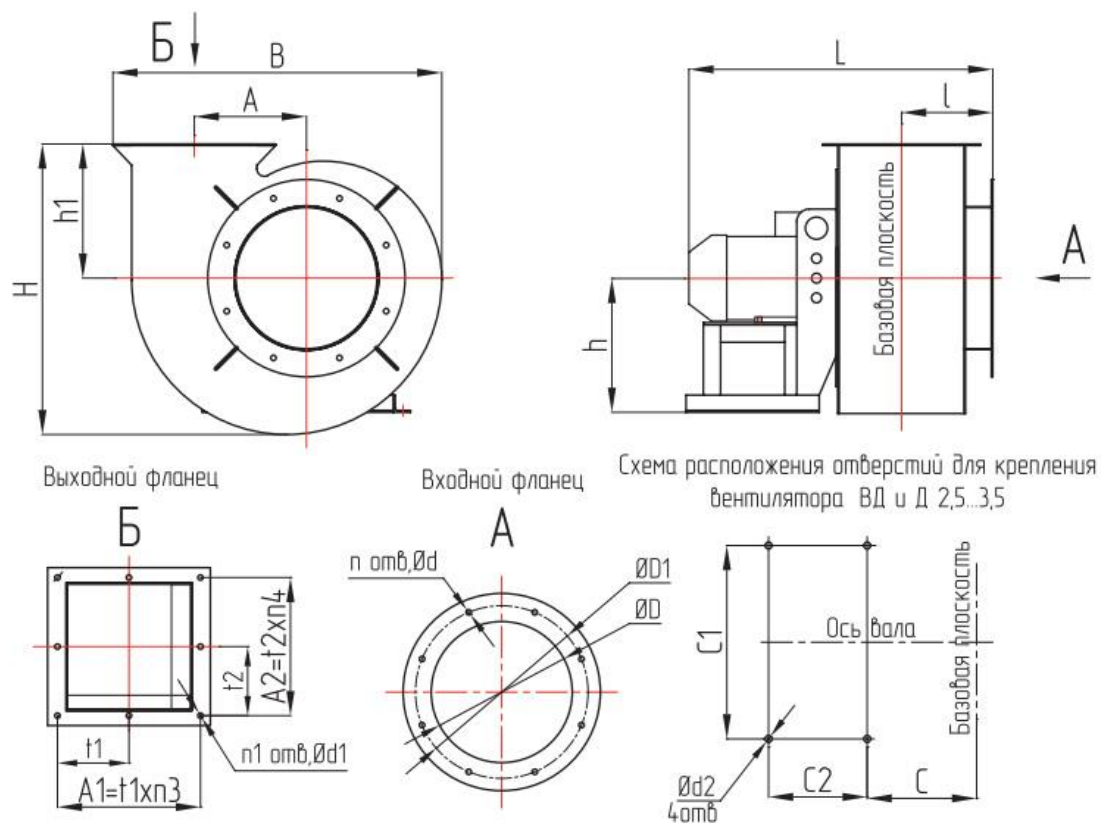


Рисунок 2.2.1 – габаритные и присоединительные размеры

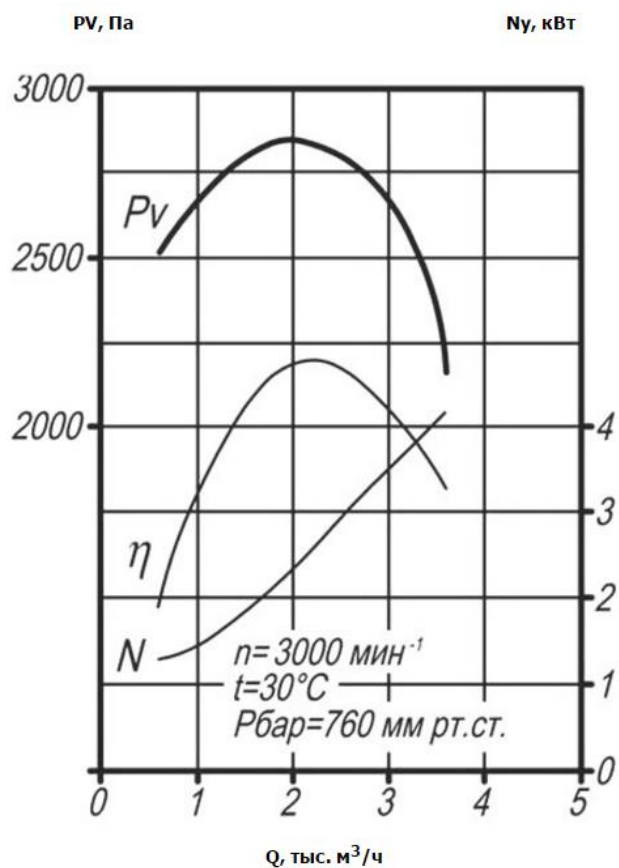


Рисунок 2.2.2 - Аэродинамические характеристики вентилятора

2.3 Выбор преобразовательного устройства для регулирования электропривода

Частотный преобразователь состоит из системы управления, выпрямителя, шины постоянного тока и выходного генератора. Входное синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой и частотой выпрямляется в звене постоянного тока В, сглаживается фильтром состоящим из дросселя L_B и конденсатора фильтра C_B , а затем вновь преобразуется инвертором АИН в переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды [11].

Регулирование выходной частоты $f_{\text{вых}}$ и напряжения $U_{\text{вых}}$ осуществляется в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления. Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя.

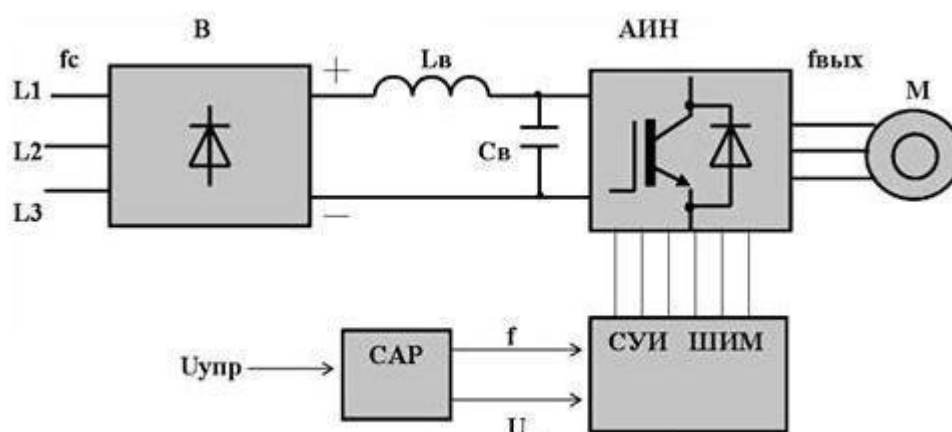


Рисунок 2.3.1 – Структурная схема частотного преобразователя

Длительность подключения каждой обмотки в пределах периода следования импульсов модулируется по синусоидальному закону. Наибольшая ширина импульсов обеспечивается в середине полупериода, а к началу и концу полупериода уменьшается. Таким образом, система управления СУИ обеспечивает широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) напряжения, прикладываемого к обмоткам двигателя. Амплитуда и частота напряжения определяются параметрами модулирующей синусоидальной функции. Таким образом, на выходе

преобразователя частоты формируется трехфазное переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды

ПЧ для питания обмотки статора АД КЗ выбирается из условий

$$I_{н.пч.} \geq I_{н.дв.}, U_{н.пч.} \geq U_{н.дв.}$$

$$I_{H ПЧ} \geq I_{H ДВ} \quad 12.6 \geq 11$$

Выбираем преобразователь частоты «ESMD552L4TXA» (производство фирмы «Lenze»). Характеристики преобразователя частоты модели ESMD552L4TXA приведены в таблице 5.

Таблица 2.3.1 – характеристики преобразователя частоты

Мощность	5,5 кВт
Номинальный ток	14,2А
Выходной ток	12,6А
Вес:	2 кг
Входное напряжение	3х400В
Выходное напряжение	3х400В
Страна производитель	США

Основными функциями преобразователя частоты Lenze ESMD552L4TXA являются:

- пуск и регулирование скорости двигателя;
- реверс;
- ускорение, замедление, остановка;
- защита двигателя и преобразователя;
- динамическое торможение;
- простая конструкция, малые габариты и масса.

2.4 Выбор аппаратуры защиты

По номинальному току и мощности были выбран контактор фирмы TeSys серии LC1E121Q5.



Рисунок 2.4.1 – Контактор LC1E121Q5

Таблица 2.4.1 – Технические характеристики контактора

Характеристики	Величина
Номинальный рабочий ток, АС-3	12 А
Номинальная рабочая мощность, АС-3	5.5 кВт
Номинальное рабочее напряжение катушки	380 В
Встроенные вспомогательные контакты	1 НЗ

Также был выбран автоматический выключатель GV2-P16 с комбинированным расцепителем, специально предназначенный для управления и защиты двигателя.



Рисунок 2.4.2 – Автоматический выключатель TeSys GV2-P16

Защита двигателя осуществляется с помощью термомангнитного расцепителя, встроенного в автоматический выключатель. Магнитный расцепитель (защита от короткого замыкания) имеет фиксированную уставку, которая равна максимальной токовой уставке теплового расцепителя. Тепловой расцепитель (защита от перегрузки) включает в себя устройство компенсации изменений температуры окружающей среды. Номинальный ток двигателя устанавливается на автоматическом выключателе с помощью регулировочного диска в диапазоне до 18 А. Защита обслуживающего персонала: все части автоматического выключателя защищены от прямого прикосновения.

Кроме того, существует расцепитель минимального напряжения, предназначенный для отключения выключателя при аварийном снижении напряжения. При этом пользователь защищен от внезапного пуска механизма при восстановлении номинального напряжения питания. Для повторного включения двигателя необходимо еще раз нажать кнопку «Пуск».

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность...15 кА

Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность.....50 кА

Номинальная мощность двигателя.... 5.5 кВт

Масса автоматического выключателя..... 0.280 кг

Диапазон уставок тепловых расцепителей..... 9-14 А

2.5 Расчет и выбор кабельной сети высокого напряжения

Выбор конструкции сети и типа проводников осуществляется с ориентацией на окружающую среду помещений цехов. В цеховых сетях до 1000В наиболее широкое распространение получили электропроводки, кабельные линии, комплектные шинопроводы. Избрание способа прокладки питающей сети совершается с учётом характера окружающей среды и возможных ситуаций места прокладки [12].

Выбираем питающую сеть высокого напряжения: трёхжильные кабельные линии с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией типа АНРГ, проложенные в коробах (для удобства монтажа и демонтажа).

Выбор типа и сечения кабеля цепи питания двигателя выбирается следующим образом: ток цепи $I_p = I_{н.дв} = 11,536 А$. Выбираем четырёхжильный кабель по справочнику [14] марки КВВГ 4*2,5 сечением жилы $S = 2,5 \text{ мм}^2$ с $I_{дон} = 16 А$.

3. Анализ режимов работы системы электрооборудования газовой котельной

3.1. Расчет естественных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода

Определим параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя АИР 100 L2 со следующими каталожными данными:

Номинальная мощность двигателя: $P_n = 5,5 \text{ кВт}$

Номинальное фазное напряжение: $U_{n1} = 220 \text{ В}$

Номинальное напряжение сети: $U_{\phi n} = 380 \text{ В}$

Номинальная частота вращения: $n_n = 2860 \text{ об/мин}$

КПД в режиме номинальной мощности: $\eta_n = 0,84 \text{ о. е.}$

Коэффициент мощности: $\cos \varphi = 0,856 \text{ о. е.}$

Кратность пускового тока: $k_i = 5,5 \text{ о. е.}$

Кратность пускового момента: $k_{II} = 1,8 \text{ о. е.}$

Кратность максимального момента: $k_{max} = 2,2 \text{ о. е.}$

Коэффициент загрузки двигателя: $p_{жс} = 0,75 \text{ о. е.}$

Число пар полюсов: $p = 1$

Целью расчета электромеханических и механических характеристик асинхронного двигателя является использование его математической модели, которая в общем случае представляется различными схемами замещения.

Элементарной и благоприятной для расчетов асинхронного двигателя является Т-образная схема замещения:

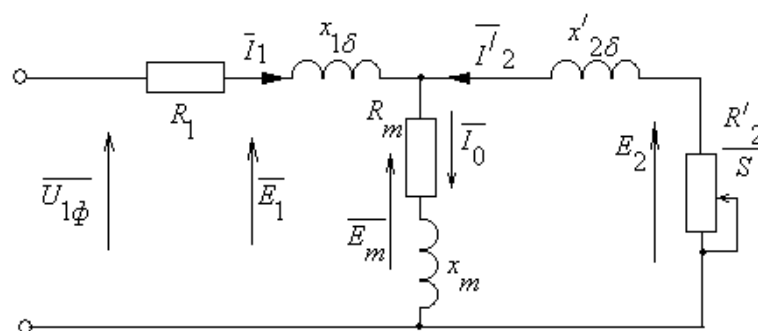


Рисунок 3.1.1 – Схема замещения асинхронного двигателя

$U_{1\phi}$ – фазное напряжение подводимое к обмотке статора двигателя;

I_1 – ток обмотки статора;

R_1 – активное сопротивление обмотки статора;

$X_{1\sigma}$ – индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора;

I_2' – приведенный ток обмотки ротора к обмотке статора;

R_2' – приведенное активное сопротивление цепи обмотки ротора к цепи обмотке статора;

$X_{2\sigma}'$ – приведенное индуктивное сопротивление рассеяния цепи обмотки ротора к цепи обмотке статора;

I_0 – ток холостого хода (намагничивания);

X_m – индуктивное сопротивление контура намагничивания

Основные уравнения асинхронного двигателя, соответствующие данной схеме:

$$\bar{U}_{1\phi} - \bar{E}_m - j \cdot X_1 \cdot \bar{I}_1 - R_1 \cdot \bar{I}_1 = 0$$

$$\bar{E}_m + j \cdot X_2' \cdot \bar{I}_2' + R_2' \cdot \bar{I}_2' / s = 0$$

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

Векторная диаграмма токов, ЭДС и напряжений изображена на рисунке 3.1.2.

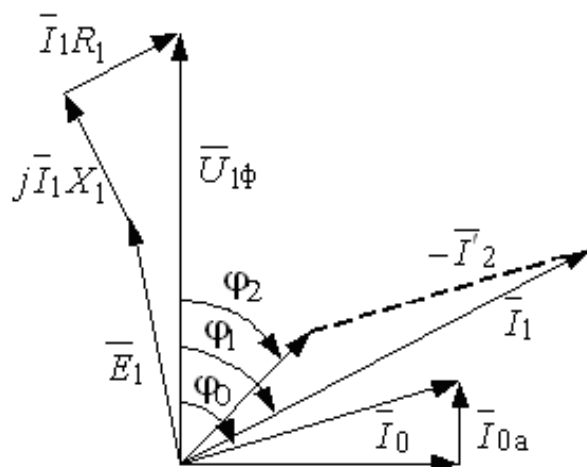


Рисунок 3.1.2 – Векторная диаграмма асинхронной машины

Найдем синхронную частоту вращения и номинальное скольжение:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{3000 - 2860}{3000} = 0,047 \text{ о.е.}$$

Найдем ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(p_{жс} \cdot I_{1H} \cdot \frac{1 - S_H}{1 - p_{жс} \cdot S_H} \right)^2}{1 - \left(p_{жс} \cdot \frac{1 - S_H}{1 - p_{жс} \cdot S_H} \right)^2}}, \text{ где}$$

$$I_{11} = \frac{p_* \cdot P_H}{3 \cdot U_{1\phi} \cdot \cos \phi_{p_*} \cdot \eta_H} = \frac{0,75 \cdot 5,5 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,86 \cdot 0,84} = 9,088 \text{ А - ток статора двигателя при}$$

частичной нагрузке, где

$$\eta_{нржс} = \eta_H = 0,84 \text{ - КПД при частичной нагрузке,}$$

$$\cos \phi_{p_{жс}} = \cos \phi \cdot \left(\frac{\cos \phi_{0,75}}{\cos \phi} \right) = 0,86 \cdot 0,952 = 0,819 \text{ о.е. - коэффициент мощности}$$

при частичной нагрузке, где

$\cos \phi_{0,75} / \cos \phi_H = 0,952$ – относительный коэффициент мощности при частичной нагрузке (из графика на рис. 3.1.3),

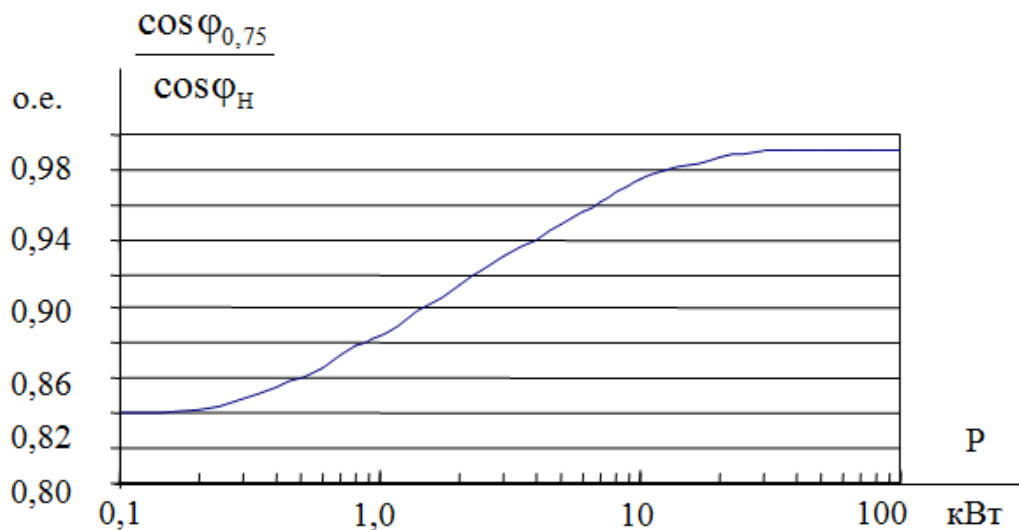


Рисунок 3.1.3 – Зависимость $\cos \phi_{0,75} / \cos \phi_H$ от мощности асинхронного двигателя

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3U_{1H} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_H} = \frac{5500}{3 \cdot 220 \cdot 0,86 \cdot 0,84} = 11,536 \text{ А - номинальный ток статора двигателя}$$

$$\begin{aligned} I_0 &= \sqrt{\frac{I_{11}^2 - [p_* \cdot I_{1H} (1 - S_H) / (1 - p_* \cdot S_H)]^2}{1 - p_* \cdot (1 - S_H) / (1 - p_* \cdot S_H)^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{9,088^2 - [0,75 \cdot 11,536 \cdot (1 - 0,047) / (1 - 0,75 \cdot 0,047)]^2}{1 - [0,75 \cdot (1 - 0,047) / (1 - 0,75 \cdot 0,047)]^2}} = \\ &= 4,601 \text{ А;} \end{aligned}$$

Из формулы Клосса определим соотношение для расчета критического скольжения. В первом приближении принимаем $\beta = 1$

$$\begin{aligned} S_{KP} &= S_H \cdot \frac{k_{MAKC} + \sqrt{k_{MAKC}^2 - [1 - 2 \cdot S_H \cdot \beta \cdot (k_{MAKC} - 1)]}}{1 - 2 \cdot S_H \cdot \beta \cdot (k_{MAKC} - 1)} = 0,047 \cdot \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - [1 - 2 \cdot 0,047 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0,047 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1)} = \\ &= 0,222 \text{ о.е.,} \end{aligned}$$

Найдем значения коэффициентов:

$$\begin{aligned} C_1 &= 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{4,601}{2 \cdot 5,5 \cdot 11,536} = 1,036; \\ A_1 &= \frac{m \cdot U_{1\phi}^2 \cdot (1 - S_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{MAKC} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,047)}{2 \cdot 1,036 \cdot 2,2 \cdot 5,5 \cdot 10^3} = 5,518 \end{aligned}$$

Теперь можно определить активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя:

$$R_2' = \frac{A_1}{(\beta + 1/S_{KP}) \cdot C_1} = \frac{5,518}{\left(1 + \frac{1}{0,222}\right) \cdot 1,036} = 0,967 \text{ Ом;}$$

Активное сопротивление обмотки статора:

$$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1,036 \cdot 0,967 \cdot 1 = 1,002 \text{ Ом;}$$

Определим параметр γ , который позволяет найти индуктивное сопротивление короткого замыкания x_{KH} :

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{S_{KP}^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,222^2} - 1^2} = 4,395;$$

Найдем значение индуктивного сопротивления короткого замыкания:

$$X_k = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2' = 4,395 \cdot 1,036 \cdot 0,967 = 4,403 \text{ Ом};$$

Найдем индуктивное сопротивление роторной обмотки, приведенное к статорной:

$$X_2' = 0,58 \cdot \frac{X_k}{C_1} = 0,58 \cdot \frac{4,403}{1,036} = 2,465 \text{ Ом};$$

Найдем индуктивное сопротивление статорной обмотки:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_k = 0,42 \cdot 4,403 = 1,849 \text{ Ом};$$

По найденным значениям C_1, R_2' и $x_{кн}$ определим критическое скольжение:

$$S_{к1} = \frac{C_1 \cdot R_2'}{\sqrt{R_1^2 + x_{кн}^2}} = \frac{1,036 \cdot 0,967}{\sqrt{1,002^2 + 4,403^2}} = 0,222 \text{ o.e.}$$

Рассчитанные значения $S_{к1}$ и S_k равны.

Для того чтобы найти ЭДС ветви намагничивания E_1 найдем $\sin \varphi$:

$$\varphi = \arccos(\cos \varphi) = \arccos(0,86) = 0,536$$

$$\sin \varphi = 0,51$$

Найдем ЭДС ветви намагничивания E_1 , наведенную потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме:

$$E_1 = \sqrt{(U_{1H} \cdot \cos \varphi - R_1 \cdot I_{1H})^2 + (U_{1H} \cdot \sin \varphi - x_{1H} \cdot I_{1H})^2} =$$

$$= \sqrt{(220 \cdot 0,86 - 1,002 \cdot 11,536)^2 + (220 \cdot 0,51 - 1,849 \cdot 11,536)^2} = 199,562 \text{ В}$$

Тогда индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_{\mu H} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{199,562}{4,601} = 43,372 \text{ Ом}$$

Найдем синхронную угловую скорость:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{1} = 314,159 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Рассчитаем и построим естественную электромеханическую характеристику:

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + I_2'(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(\omega) \cdot \sin \phi_2}, \text{ где}$$

$$\sin \phi_2 = \frac{x_{KH}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{\omega - \omega_0})^2 + x_{KH}^2}}$$

$I'_2(\omega)$ - значение приведенного тока ротора от скольжения;

$$I'_2 = \frac{U_{1H}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{\omega - \omega_0})^2 + (x_{1H} + x'_{2H})^2}}$$

По вышеприведенным формулам рассчитывается естественная электро-механическая характеристика, приведенная на рисунке 3.1.4:

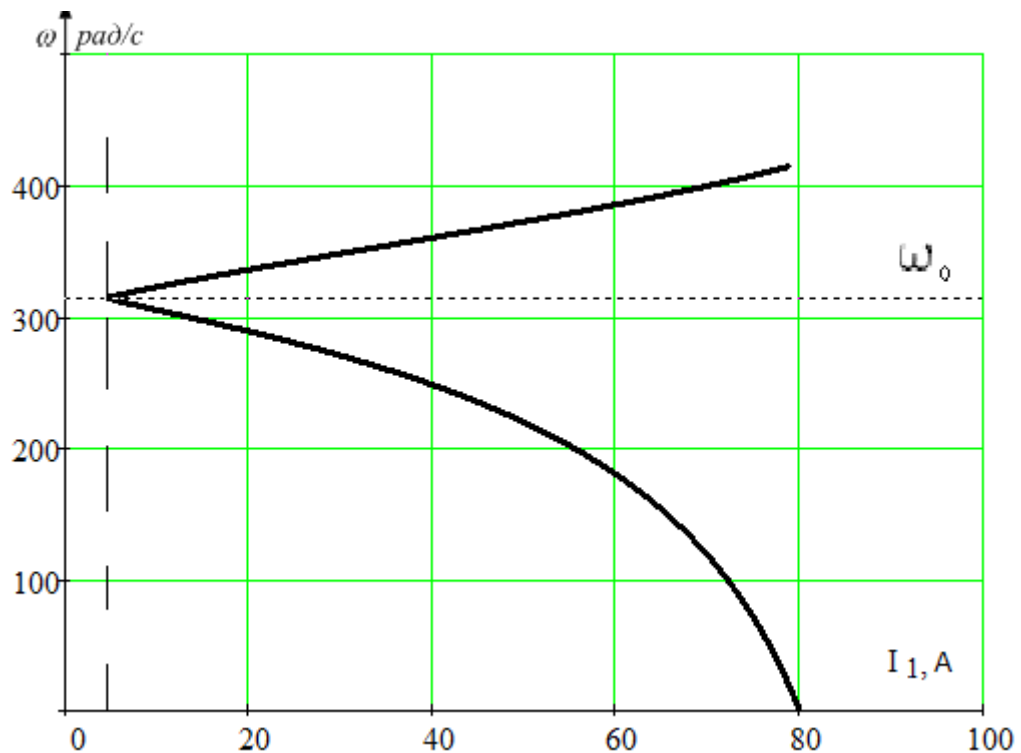


Рисунок 3.1.4 – Естественная электро-механическая характеристика асинхронного двигателя

Рассчитаем и построим естественную механическую характеристику по следующей формуле:

$$M(\omega) = \frac{3 \cdot U_{1H}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \cdot [(R_1 + \frac{R'_2}{\omega - \omega_0})^2 + x_{кн}^2] \cdot \omega_0}$$

Рассчитаем контрольные точки механической характеристики по паспортным данным:

Номинальная скорость:

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (1 - S_n) = 314,159 \cdot (1 - 0,047) = 299,394 \text{ рад / с} ;$$

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}} = \frac{5,500}{299,394} = 18,37 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

Момент номинальный:

$$M_{кр} = M_{ном} \cdot k_{макс} = 18,37 \cdot 2,2 = 40,414 \text{ Нм} ;$$

Момент критический:

$$M_{п} = M_{ном} \cdot k_{п} = 18,37 \cdot 1,8 = 33,066 \text{ Нм} .$$

Момент пусковой:

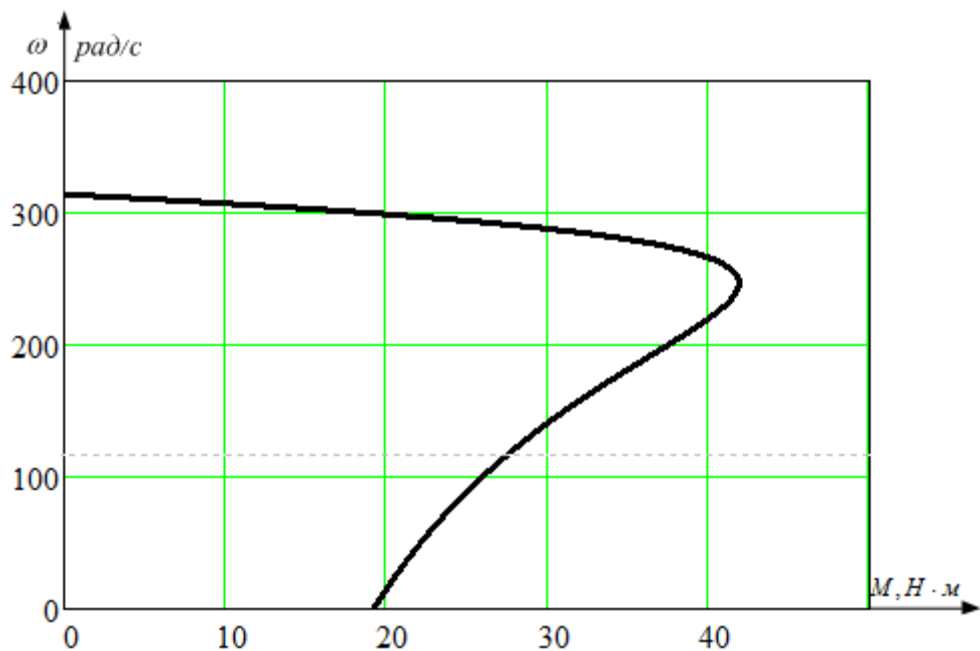


Рисунок 3.1.5 – Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя

Таблица 3.1.1 – Контрольные точки механической характеристики

Наименование	Графически	Аналитически
Синхронная скорость	$\omega_0 = 314,159 \text{ рад} / \text{с}$	$\omega_0 = 314,159 \text{ рад} / \text{с}$
Номинальная скорость	$\omega_n = 299,394 \text{ рад} / \text{с}$	$\omega_n = 299,394 \text{ рад} / \text{с}$
Номинальный момент	$M_n = 18,37 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_n = 18,37 \text{ Н} \cdot \text{м}$
Критическое скольжение	$s_{кр} = 0,047$	$s_{кр} = 0,047$
Критический момент	$M_{\text{макс}} = 41,859 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_{\text{макс}} = 40,414 \text{ Н} \cdot \text{м}$
Скольжение в момент пуска	$s = 1$	$s = 1$
Пусковой момент	$M_{\text{п}} = 19,27 \text{ рад} / \text{с}$	$M_{\text{п}} = 33,066 \text{ рад} / \text{с}$

Как видно из сравнения аналитически и графически определенных значений в контрольных точках существенно различается только значение пускового момента. Это объясняется тем, что при скольжениях близких к единице проявляется поверхностный эффект, который не был учтен в расчетах. В значениях остальных контрольных точек больших расхождений не наблюдается.

3.2 Расчет искусственных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости

Расчет характеристик производим для частот $f_1=50; 35; 25; 15$ Гц.

При законе регулирования $Z_p = \frac{U_{1H}}{f^2} = \frac{220}{50^2} = 0,088$.

Найдем относительные значения частот питающего напряжения:

$$\begin{aligned}\text{при } f_{1H1}=50 \text{ Гц} \quad f_{1*1} &= \frac{f_{1H}}{f_{1H}} = \frac{50}{50} = 1 \\ \text{при } f_{1H2}=35 \text{ Гц} \quad f_{1*2} &= \frac{f_{2H}}{f_{1H}} = \frac{35}{50} = 0,7 \\ \text{при } f_{1H3}=25 \text{ Гц} \quad f_{1*3} &= \frac{f_{3H}}{f_{1H}} = \frac{25}{50} = 0,5 \\ \text{при } f_{1H4}=15 \text{ Гц} \quad f_{1*4} &= \frac{f_{4H}}{f_{1H}} = \frac{15}{50} = 0,3\end{aligned}$$

Найдем фазное напряжение обмотки статора асинхронного двигателя:

$$\begin{aligned}U_{1H1} &= Z_p \cdot f_{1H1}^2 = 0,088 \cdot 50^2 = 220 \text{ В}; \\ U_{1H2} &= Z_p \cdot f_{1H2}^2 = 0,088 \cdot 35^2 = 107,8 \text{ В}; \\ U_{1H3} &= Z_p \cdot f_{1H3}^2 = 0,088 \cdot 25^2 = 55 \text{ В}; \\ U_{1H4} &= Z_p \cdot f_{1H4}^2 = 0,088 \cdot 15^2 = 19,8 \text{ В}.\end{aligned}$$

В соответствии с представленными частотами питающего напряжения произведем расчет значений скорости идеального холостого хода:

$$\begin{aligned}\omega_{01} &= \frac{2\pi \cdot f_{1H1}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{1} = 314,159 \text{ рад/с}; \\ \omega_{02} &= \frac{2\pi \cdot f_{1H2}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 35}{1} = 219,8 \text{ рад/с}; \\ \omega_{03} &= \frac{2\pi \cdot f_{1H3}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 25}{1} = 157 \text{ рад/с}; \\ \omega_{04} &= \frac{2\pi \cdot f_{1H4}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 15}{1} = 94,2 \text{ рад/с}.\end{aligned}$$

Определим токи холостого хода при данных частотах регулирования:

$$\begin{aligned}I_{01} &= \frac{U_{1H1}}{X_{\mu H}} = \frac{220}{26,799} = 8,209 \text{ А}; \\ I_{02} &= \frac{U_{1H2}}{X_{\mu H} \cdot f_{1*2}} = \frac{107,8}{26,799 \cdot 0,7} = 5,746 \text{ А};\end{aligned}$$

$$I_{03} = \frac{U_{1н3}}{X_{\mu H} \cdot f_{1*3}} = \frac{55}{26,799 \cdot 0,5} = 4,107 \text{ A};$$

$$I_{04} = \frac{U_{1н4}}{X_{\mu H} \cdot f_{1*4}} = \frac{19,8}{26,799 \cdot 0,3} = 2,465 \text{ A}.$$

Строим электромеханические характеристики $\Gamma_2(\omega)$ для выбранных ча-

стот по выражениям:
$$I_2'(s, f) = \frac{U_1(f)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2(f) + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1*}(f)}\right)^2}},$$

где $\omega(s, f) = \omega_0(f) \cdot (1 - s).$

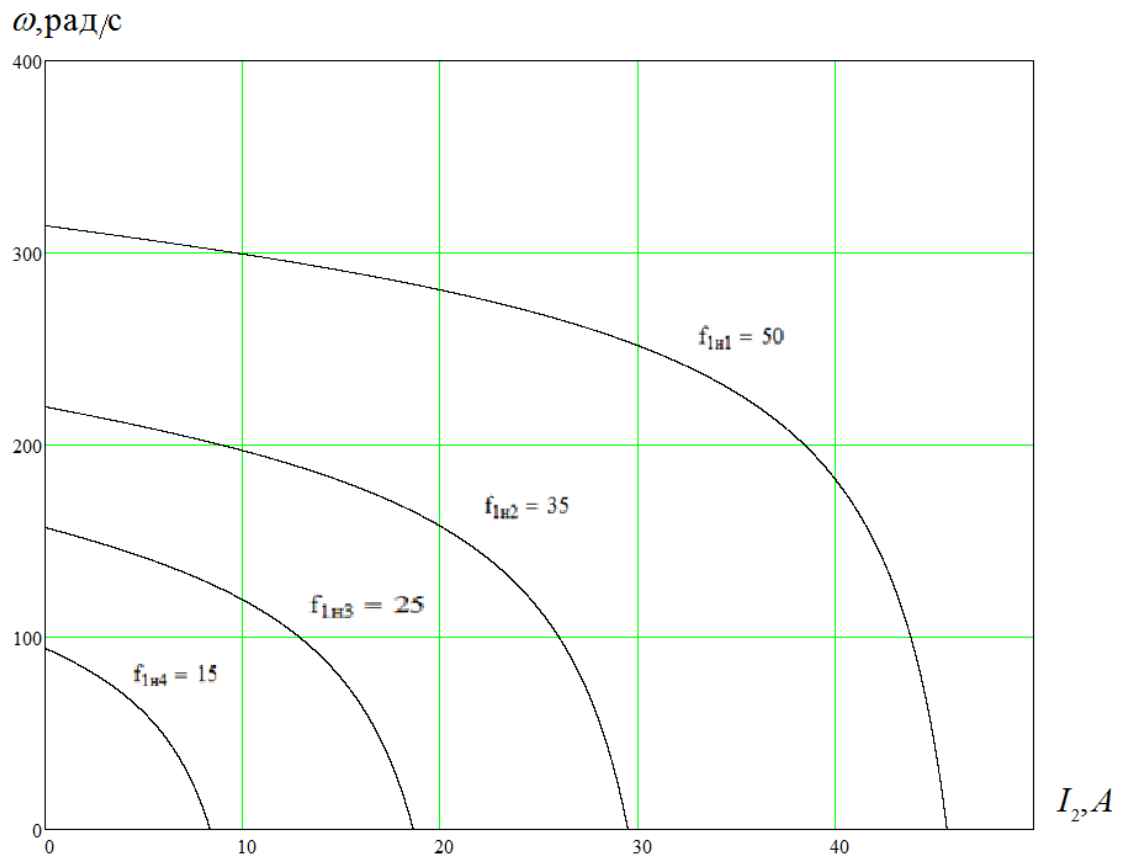


Рисунок 3.2.1 – Искусственные электромеханические характеристики

$$\Gamma_2(\omega) \text{ для закона управления } \frac{U_1}{f_1^2} = const$$

Также строим электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ для выбранных частот по выражениям

$$I_1(s, f) = \sqrt{(I_0(f))^2 + (I_2'(s, f))^2 + 2 \cdot I_0(f) \cdot I_2'(s, f) \cdot \sin \varphi_2(s, f)},$$

$$\omega(s, f) = \omega_0(f)(1-s),$$

$$\sin \varphi_2(s, f) = \frac{X_{KH} \cdot f_{1*}(f)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2(f)}};$$

где

$$I_0(f) = \frac{U_1(f)}{X_{\mu H} \cdot f_{1*}(f)} - \text{ток холостого хода асинхронного двигателя в за-}$$

висимости от частоты.

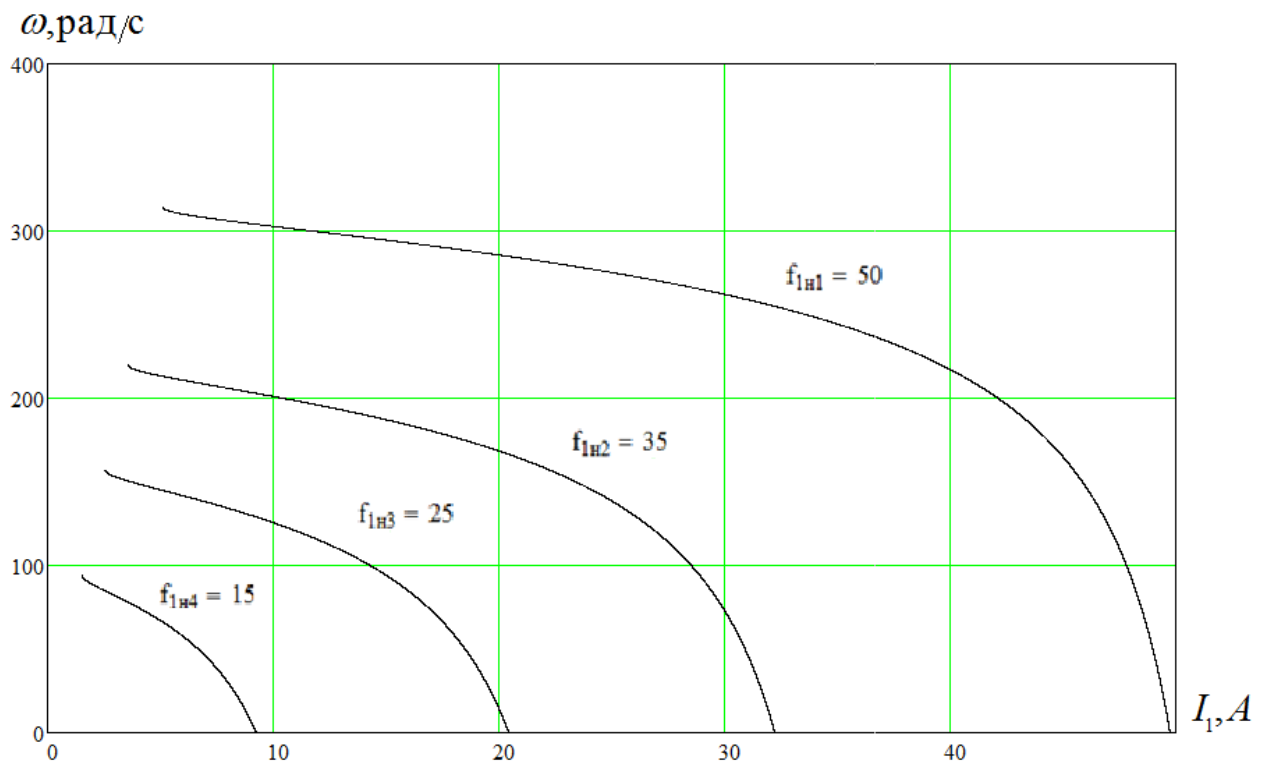


Рисунок 3.2.2 – Искусственные электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ для

$$\text{закона управления } \frac{U_1}{f_1^2} = const$$

Механические характеристики асинхронного двигателя $M(\omega)$ (рис.14) рассчитываем для выбранных по выражениям

$$M(s, f) = \frac{3 \cdot (U_1(f))^2 \cdot R'_2}{\omega_0(f) \cdot s \cdot \left[X_{\text{ei}}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu i} \cdot f_{1*}(f)}\right)^2 \right]},$$

$$\omega(s, f) = \omega_0(f)(1-s).$$

Критические момент и скольжение можно определить по выражениям:

$$M_{\kappa}(f) = \frac{3 \cdot (U_1(f))^2}{2 \cdot \omega_0(f) \cdot \left[R_1 + \sqrt{\left(R_1^2 + X_{\kappa\mu}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2 \right) \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu\mu}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2} \right)} \right]},$$

$$s_{\kappa}(f) = R_2' \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu\mu}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2}}{R_1^2 + X_{\mu\mu}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2}},$$

$$\omega_{\kappa}(f) = \omega(s_{\kappa}(f), f).$$

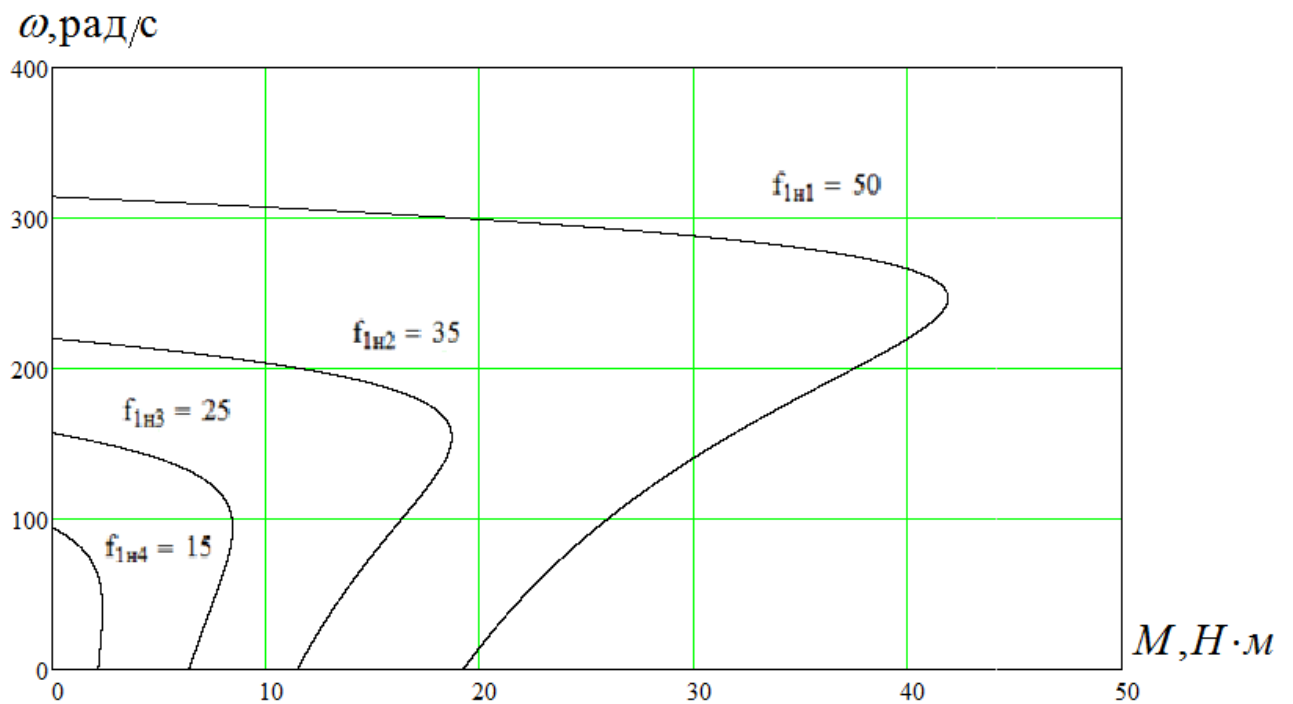


Рисунок 3.2.3 – Искусственные механические характеристики $M(\omega)$

для закона управления $\frac{U_1}{f_1^2} = const$

Электромеханические характеристики:

При уменьшение частоты происходит уменьшение синхронной скорости, т.к.

$$1. \omega_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \cong f - \text{при уменьшении частоты синхронная скорость снижается.}$$

$$2. I'_{2\text{кз}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + X_{\text{кн}}^2}} \cong \frac{U_1}{f} \cong f - \text{ток короткого замыкания обратно квадратному корню из частоты.}$$

Механические характеристики:

$$1. \omega_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \cong f - \text{при уменьшении частоты синхронная скорость снижается.}$$

$$2. s_{\text{к}} = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2}} \cong \frac{1}{f}; \quad M_{\text{к}} = \frac{3 \cdot U_1^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot [R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2}]} \cong \frac{U_1^2}{f^2} \cong f^2.$$

Критические момент и скольжение обратно пропорциональны частоте.

$$3. M_{\text{п}} = 2 \cdot M_{\text{к}} \cdot s_{\text{к}} \cong f - \text{пусковой момент обратно пропорционален квадрату частоты.}$$

3.3 Расчет энергетических показателей электропривода

Определим потери в роторе при работе с вентиляторной нагрузкой. Зададим функцию нагрузки. Примем момент трения $M_0 = 1,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Примем, что при частоте $f_{1н} = 50$ Гц нагрузка проходит через точку номинального режима двигателя. Рассчитаем коэффициент k .

$$k = \frac{M_n - M_0}{\omega_n^2} = \frac{18,37 - 1,2}{299,394^2} = 0,00019$$

Вентиляторная нагрузка описывается функцией:

$$M_c = M_0 + k \cdot \omega^2 = 1,2 + 0,00019 \cdot \omega^2$$

Построим механические характеристики двигателя и нагрузки.

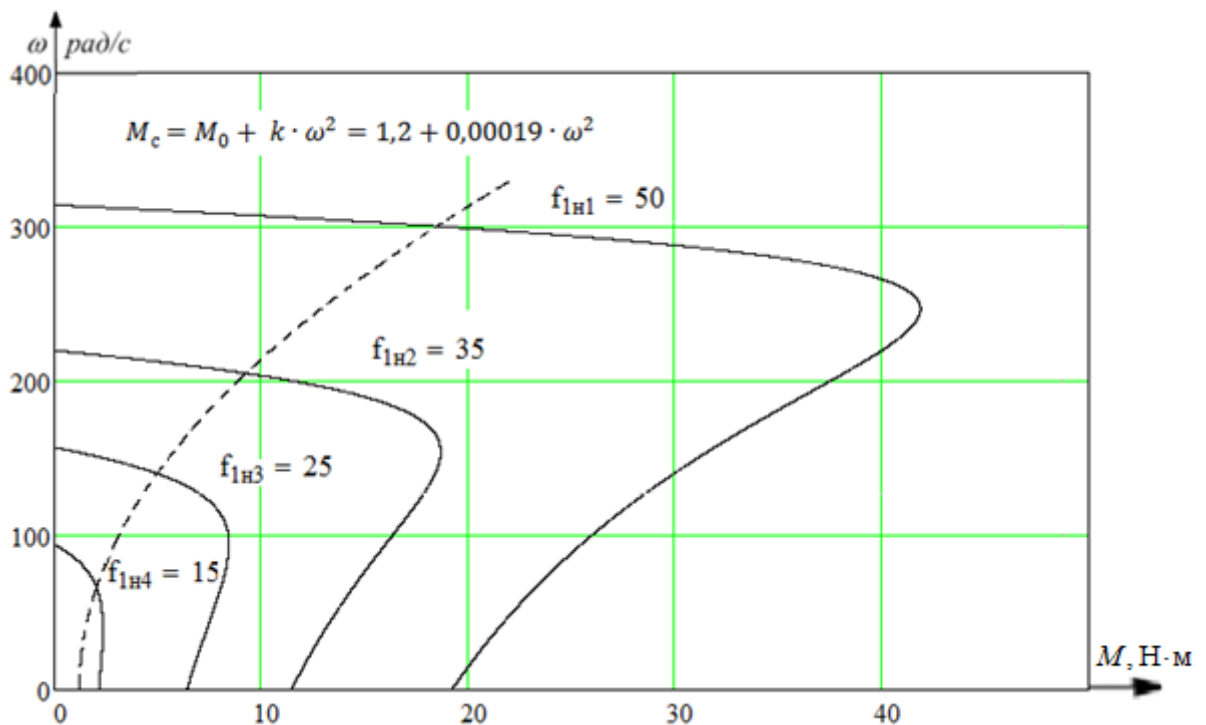


Рисунок 3.3.1 – Искусственные механические характеристики $M(\omega)$ для закона

$$\text{управления } \frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$$

Найдем частоты вращения, при которых происходит пересечение механических характеристик нагрузки и двигателя:

$$f_{1н1}=50 \text{ Гц} \quad \omega_{p1}=299,39 \text{ рад/с};$$

$$f_{1н2}=35 \text{ Гц} \quad \omega_{p2}=204,98 \text{ рад/с};$$

$$f_{1н3}=25 \text{ Гц} \quad \omega_{p3}=139,68 \text{ рад/с};$$

$$f_{1н4}=15 \text{ Гц} \quad \omega_{p4}=65,06 \text{ рад/с};$$

Определим момент нагрузки и скольжение для каждой частоты вращения.

$$1. M_{c1} = M_0 + k \cdot \omega_{p1}^2 = 1,2 + 0,00019 \cdot 299,39^2 = 18,37 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{p1} = \frac{\omega_{01} - \omega_{p1}}{\omega_{01}} = \frac{314,159 - 299,394}{314,159} = 0,047$$

$$2. M_{c2} = M_0 + k \cdot \omega_{p2}^2 = 1,2 + 0,00019 \cdot 204,98^2 = 9,249 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{p2} = \frac{\omega_{02} - \omega_{p2}}{\omega_{02}} = \frac{219,919 - 204,98}{219,919} = 0,0679$$

$$3. M_{c3} = M_0 + k \cdot \omega_{p3}^2 = 1,2 + 0,00019 \cdot 139,68^2 = 4,937 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{p3} = \frac{\omega_{03} - \omega_{p3}}{\omega_{02}} = \frac{157,08 - 139,68}{157,08} = 0,1108$$

$$4. M_{c4} = M_0 + k \cdot \omega_{p4}^2 = 1,2 + 0,00019 \cdot 65,06^2 = 2,011 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{p4} = \frac{\omega_{04} - \omega_{p4}}{\omega_{04}} = \frac{94,248 - 65,06}{94,248} = 0,3098$$

Потери в роторе рассчитаем по выражению

$$\Delta P_2 = \omega_0 \cdot s_p \cdot M_c$$

$$\Delta P_{21} = \omega_{01} \cdot s_{p1} \cdot M_{c1} = 314,159 \cdot 0,047 \cdot 18,37 = 271,249 .$$

$$\Delta P_{22} = \omega_{02} \cdot s_{p2} \cdot M_{c2} = 219,919 \cdot 0,0679 \cdot 9,249 = 138,095 .$$

$$\Delta P_{23} = \omega_{03} \cdot s_{p3} \cdot M_{c3} = 157,08 \cdot 0,1108 \cdot 4,937 = 85,908 .$$

$$\Delta P_{24} = \omega_{04} \cdot s_{p4} \cdot M_{c4} = 94,248 \cdot 0,3098 \cdot 2,011 = 58,691 .$$

Анализируя потери в роторе можно сказать, что уменьшение частоты приводит к их уменьшению. Это можно объяснить тем что момент нагрузки прямо пропорционален частоте вращения.

По 4 расчетным точкам построим кривую отражающую зависимость потерь в роторе от частоты питающего напряжения. Она изображена на рисунке 3.3.2.

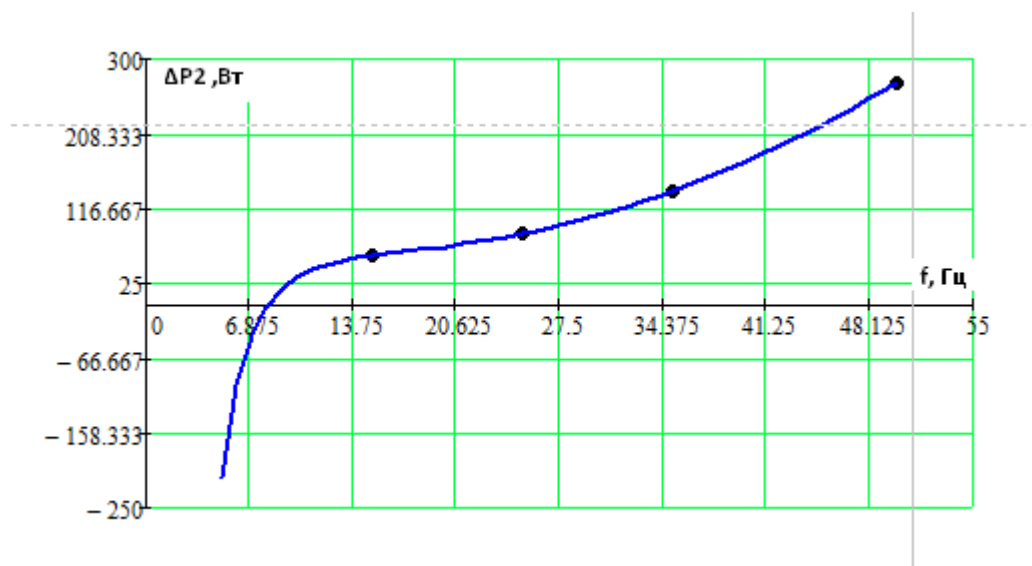


Рисунок 3.3.2 – Зависимость потерь в роторе от частоты питающего напряжения

3.4 Расчет переходных процессов скорости и момента для режима пуска двигателя

Моделирование асинхронного двигателя осуществим с помощью программы MATLAB Simulink. Для создания имитационной модели найдем следующие параметры двигателя.

Индуктивность фазы обмотки статора:

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1H}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{1,849}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,005877 \text{ Гн.}$$

Индуктивность фазы обмотки ротора:

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2H}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{2,465}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,007845 \text{ Гн.}$$

Индуктивность цепи намагничивания:

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu H}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{43,372}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,138 \text{ Гн.}$$

Имитационная модель изображена на рисунке 3.4.1.

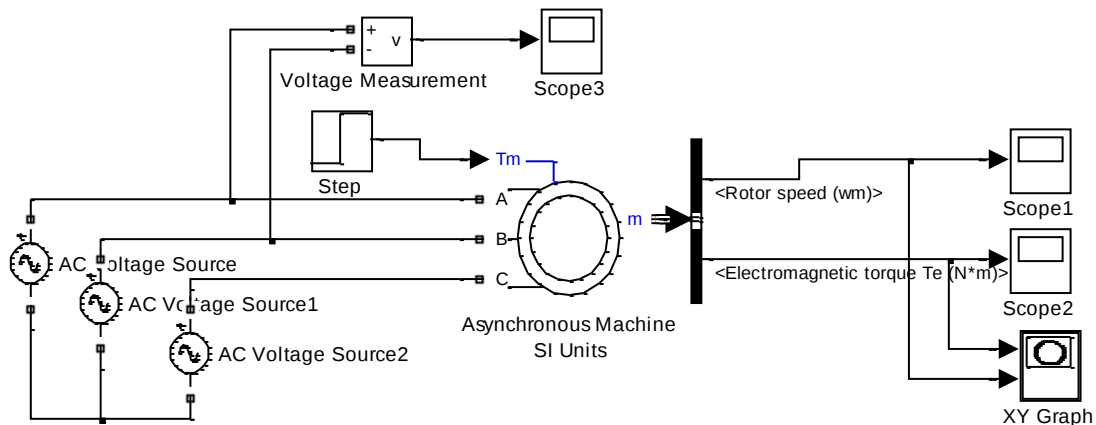


Рисунок 3.4.1 – Имитационная модель прямого пуска асинхронного двигателя

Ниже представлены переходные характеристики скорости и момента, а также динамическая характеристика при прямом пуске АД.

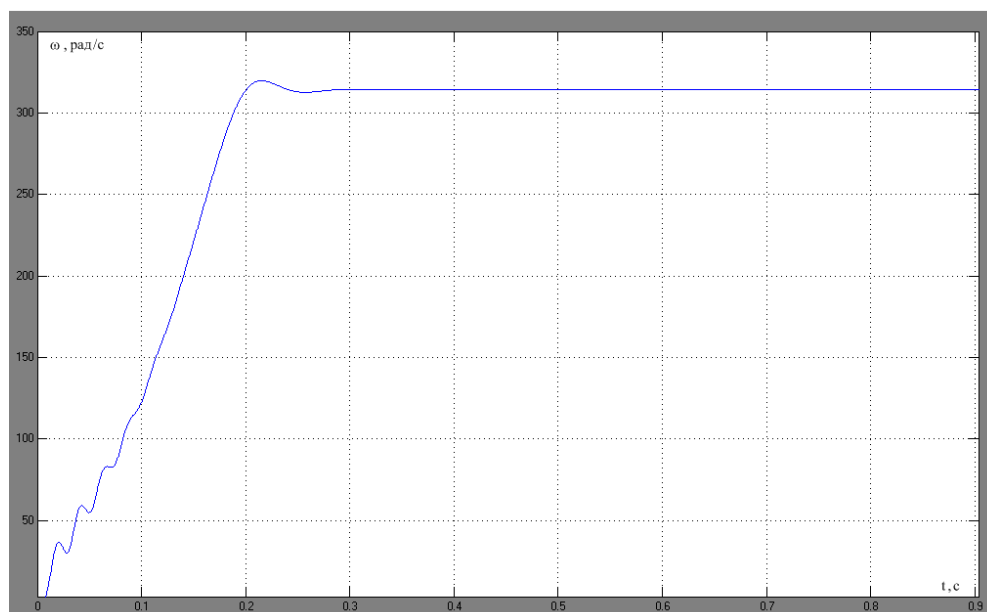


Рисунок 3.4.2 – Переходная характеристика скорости ротора АД при прямом пуске

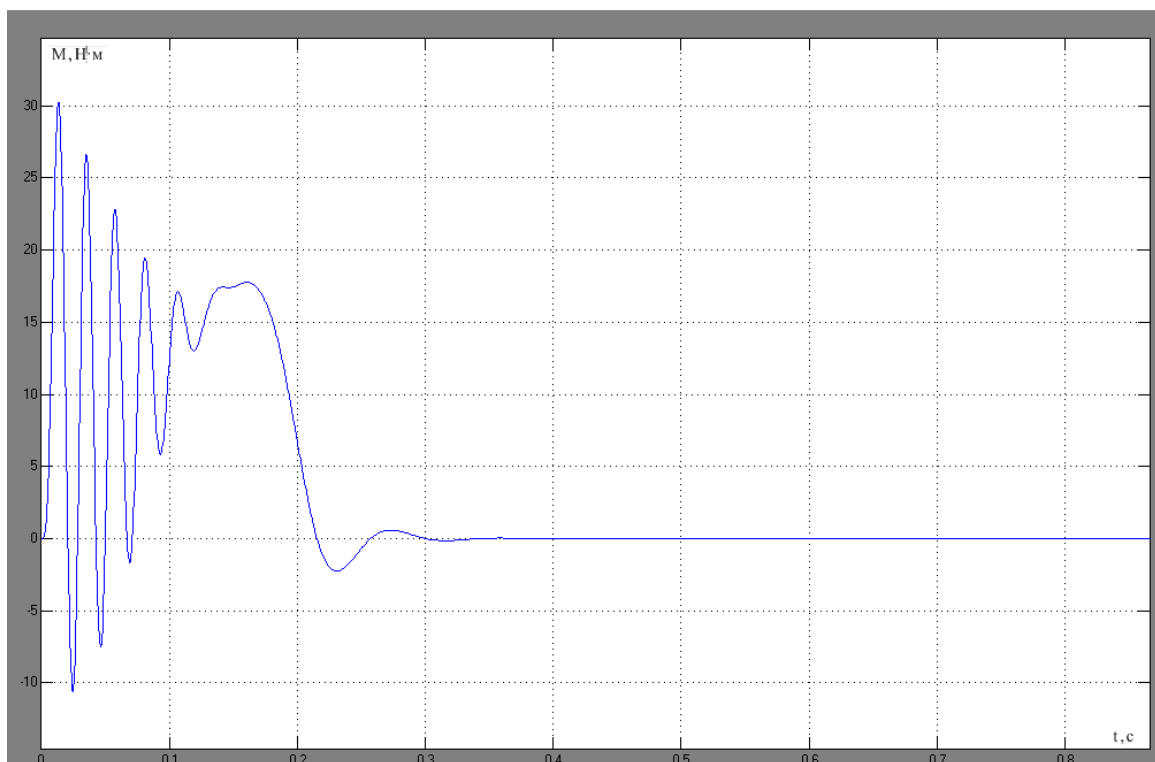


Рисунок 3.4.3 – Переходная характеристика электромагнитного момента АД при прямом пуске

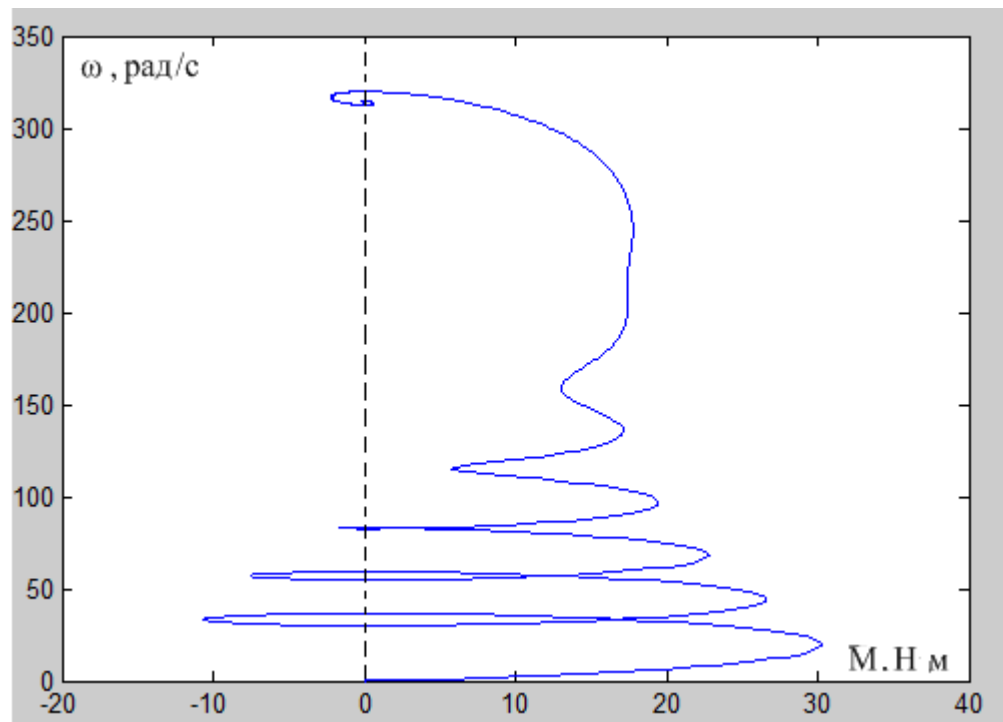


Рисунок 3.4.4 – Динамическая механическая характеристика двигателя

Как видно из графиков модель двигателя работает правильно, двигатель выходит на номинальную скорость при номинальной частоте питающей сети.

3.5. Разработка структурной схемы скалярного частотного управления вентилятором

Теоретически и практически доказано, что в классе законов U_{1j} / f_{1j} неосуществимо синхронно обеспечить удовлетворительные механические и энергетические характеристики в широком диапазоне скоростей и изменения нагрузки. Основная причина этого – возрастания воздействия активного сопротивления обмотки статора при уменьшении частоты питающего напряжения.

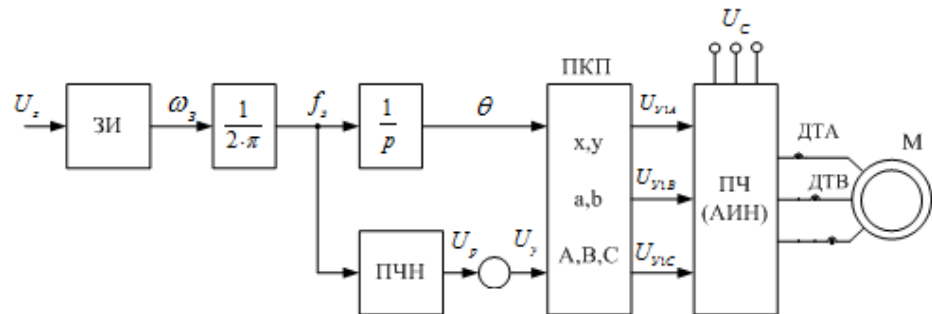


Рисунок 3.5.1 - Структурная схема системы скалярного частотного управления

Задатчик интенсивности формирует кривую и темп разгона двигателя. При дистанционном управлении электроприводом сигналом задания скорости является задающее напряжение U_z . Ему соответствует задающая частота f_z местного управления, в этом случае управление пуском и остановом двигателем производится с панели преобразователя. Блок “преобразователь частота-напряжение” ПЧН формирует требуемую зависимость скалярного управления между частотой и напряжением преобразователя, чем и устанавливается принятый закон частотного регулирования .

Сигнал управления является входным для прямого координатного преобразователя (ПКП), на выходе которого формируется три синусоидальных напряжения управления U_{1yA} , U_{1yB} , U_{1yC} сдвинутые относительно друг друга на угол $\pm 2\pi/3$, с амплитудами пропорциональными напряжению управления. Сигналы U_{1yA} , U_{1yB} , U_{1yC} формируют фазные напряжения на выходе автономного инвертора напряжения (АИН).

3.6. Разработка функциональной схемы регулируемого электропривода вентилятора

Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода вентилятора со скалярным управлением приведена на рисунке 27. В состав электропривода входят: преобразователь частоты *ESMD552L4TXA*, асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР 100L2 и дутьевой вентилятор ВД-3,5. Настраиваемыми параметрами электропривода являются: тип и параметры задатчика интенсивности скорости (ЗИС), значение минимальной частоты преобразователя $f_{\text{мин}}$, закон регулирования U_1/f_1^2 и коррекция вольт-частотной характеристики.

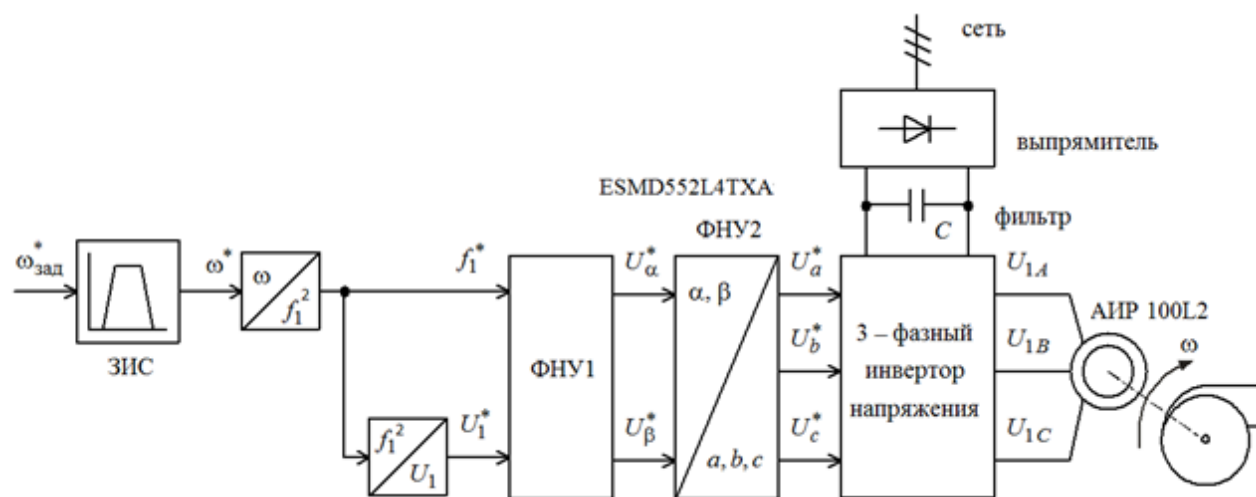


Рисунок 3.6.1 - Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярным управлением

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуются для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения [13].

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию надежности и точности, т.к. как для разных режимов работы, требуется разная величина производительности вентилятора и разный напор (давление), создаваемое вентилятором.

А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 1.

Таблица 4.1.1 Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для нерегулируемых электроприводов и электроприводов с тиристорным регулятором напряжения;
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователем частоты;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователем частоты.

4.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [14].

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Помехоустойчивость	0,1	2	4	3	2	4	3
2. Надежность	0,1	5	3	2	5	3	2
3. Безопасность	0,1	5	3	5	5	3	5
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,25	4	5	3	4	5	3
5. Простота эксплуатации	0,1	3	2	1	3	2	1
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	1	4	4	3	4	4
7. Финансирование научной разработки	0,25	2	1	5	3	1	5
Итого	1				3.1		

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

$$K = 0.1 \times 2 + 0.1 \times 5 + 0.1 \times 5 + 0.25 \times 4 + 0.1 \times 3 + 0.1 \times 1 + 0.25 \times 2 \\ = 0.2 + 0.5 + 0.5 + 1 + 0.3 + 0.1 + 0.5 = 3.1$$

Вывод: конкурентоспособность научной разработки находится на отметке средних показателей, т.к. балл равен 3.1 – средняя позиция.

4.3. Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность;
- правовая защищенность.

2. Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности проведения научного исследования выбраны виды запланированных работ и установлены соответствующие должности исполнителей работ. Показатели для оценки конкурентоспособности проведения работ, показаны в таблице 1.

Таблица 4.3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Помехоустойчивость	0,1	75	100	0,75	0,075
2. Надежность	0,1	90	100	0,9	0,09
3. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,25	100	100	1	0.1
4. Безопасность	0,1	95	100	0,95	0,095
5. Простота эксплуатации	0,1	70	100	0,7	0,07
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Цена	0,1	40	100	0,4	0,04
7. Финансовая эффективность научной разработки	0,25	70	100	0,7	0,07
Итого	1				0.79

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 0,1 \cdot 75 + 0,1 \cdot 90 + 0,25 \cdot 100 + 0,1 \cdot 95 + 0,1 \cdot 70 + 0,1 \cdot 40 + 0,25 \cdot 70 \\ = 7.5 + 9 + 25 + 9.5 + 7 + 4 + 17.5 = 79.5$$

Показатель P_{cp} равный 79.5% говорит о том, что перспективность разработки считается выше средней и поэтому ее следует развивать.

4.4. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [15].

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которая препятствует достижению целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?

- Чего следует избегать?

3. Возможности. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца.
- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?
- Какие интересные тенденции отмечены?
- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?
- Что делают конкуренты?
- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.).

Рекомендуется результаты первого этапа SWOT-анализа представлять в табличной форме.

Таблица 4.4.1 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Наличие бюджетного финансирования. С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки. Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.	Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры газотранспортного предприятия. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Частое изменение нормативных документов. У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.		

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз произведено на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах настоящей бакалаврской работы.

После того как сформулированы четыре области SWOT, переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT []. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.4.2.

Таблица 4.4.2 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны)

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	+	+
	B2	-	+	+	-	+
	B3	+	+	0	0	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, следующего вида: B1C1C2C4C5; B2C2C3C5; B3C1C2. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: B1B3C1C2.

Таблица 4.4.3 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны)

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	-	-
	В2	-	+
	В3	0	0

Таблица 4.4.4 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны)

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	+	-	-	-	+
	У3	-	+	0	-	+

Таблица 4.4.5 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны)

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	-	-
	У3	+	0

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе.

Таблица 4.4.6 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Наличие бюджетного финансирования. С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки. Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры газотранспортного предприятия. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.	B1C1C2C4C5; B2C2C3C5; B3C1C2.	B2Сл2
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Частое изменение нормативных документов. У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.	У1С3; У2С1С5; У3С2С5	У1Сл1Сл2; У3Сл1

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.5. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей приведен в таблице 4.5.1.

Таблица 4.5.1 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Выдача задания по тематике проекта	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, инженер
	5	Подбор литературы по тематике работы	Инженер
	6	Сбор материалов	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Проведение теоретических обоснований	Инженер
	8	Проведение теоретических расчетов	Инженер
	9	Анализ полученных результатов	Инженер
	10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Инженер, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	12	Работа над выводами по проекту	Инженер
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки к работе	Инженер

4.6. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [16].

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – 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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.7. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным 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.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} ,$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} ,$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2016 год, количество календарных дней составляет 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 105 дней, а количество праздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,48$$

Все рассчитанные значения заносим в таблицу 4.7.1.

Таблица 4.7.1 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			t_{oji} , чел-дни									
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение темы проекта	2	2	2	5	5	5	4	4	4	Руководитель	3	3	3	5	5	5
Выдача задания по тематике проекта	1	1	1	2	2	2	2	2	2	Рук. – инженер	2	2	2	3	3	3
Постановка задачи	1	1	1	2	2	2	2	2	2	Инженер	2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	3	1	2	5	2	4	4	2	3	Рук. – инженер	2	1	1,5	3	1	2
Подбор литературы по тематике работы	7	6	7	10	8	10	9	7	9	Инженер	8	7	8	12	10	12
Сбор материалов	14	14	14	17	17	17	15	15	15	Инженер	15	15	15	23	23	23
Проведение теоретических обоснований	7	7	7	9	9	9	8	8	8	Инженер	8	8	8	12	12	12
Проведение теоретических расчетов	5	5	5	7	7	7	6	6	6	Инженер	6	6	6	9	9	9
Анализ полученных результатов	3	2	3	5	4	3	4	3	3	Рук. – инженер	3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	1	2	5	3	4	4	2	3	Рук. – инженер	1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	3	3	3	Инженер	2,5	3	4	4	4	4
Работа над выводами по проекту	1	1	1	2	2	2	2	2	2	Инженер	2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки к работе	4	4	4	6	6	6	5	5	5	Инженер	5	5	5	7	7	7

Таблица 4.7.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, декады								
				март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5									
2	Выдача задания по тематике проекта	Инженер	3									
3	Постановка задачи	Инженер	3									
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, Инженер	3			 						
5	Подбор литературы по тематике работы	Инженер	12									
6	Сбор материалов	Инженер	23									
7	Проведение теоретических обоснований	Инженер	12									
8	Проведение теоретических расчетов	Инженер	9									
9	Анализ полученных результатов	Руководитель, Инженер	4								 	
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Инженер	2								 	
11	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	4									
12	Работа над выводами	Инженер	3									
13	Составление пояснительной записки к работе	Инженер	7									

 - Руководитель  - Инженер

4.8. Бюджет научно-технического исследования НТИ

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.9. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемые на другие производственные и хозяйственные нужды, а также запасные части;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов исследований.

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расх}i} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Заносим материальные затраты в таблицу 4.

Таблица 4.9.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z_m), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Ноутбук с установленным программным пакетом	шт.	1	1	1	48999	48999	48999	48999	48999	48999
Дополнительная литература	шт.	1	1	2	215	350	400	215	350	800
Итого								49214	49349	49790

4.10. Основная заработная плата исполнителей темы

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки.

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i},$$

где t_i - затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, в рабочих днях, $C_{зн_i}$ - среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F},$$

где D - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы), K - районный коэффициент (для Томска – 30%), F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Затраты на оплату труда студента-дипломника могут определяться как оклад инженера кафедры (учебно-вспомогательный персоналу) в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы, либо по тарифной сетке, принятой на предприятии, где студент-дипломник проходил практику.

Расходы на основную заработную плату определяются как произведение трудоемкости работ каждого исполнителя на среднедневную заработную плату. Оклад руководителя определен в соответствии с таблицей окладов ППС и НС от 01.10.2013. Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице:

Таблица 4.10.1 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	23264,86	1375,04	7	5,5	9,5	9625,2	7562,7	13063
Инженер	6976,22	412	53	50,5	59,5	21836	20806	24514
ИТОГО						31461,2	28368,7	37577

Таблица 4.10.2 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент до- полнительной зара- ботной платы	Дополнительная зара- ботная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	9625,2	7562,7	13063	0,15	1443,78	1134,4	1959,45
Инженер	21836	20806	24514		3275,4	3120,9	3677,1
Итого					4719,18	4255,3	5636,55

4.11. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже.

Таблица 4.11.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	9625,2	7562,7	13063	1443,78	1134,4	1959,45
Инженер	21836	20806	24514	3275,4	3120,9	3677,1
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	9804,8 руб.					
Исполнение 2	8841,1 руб.					
Исполнение 3	11710,8 руб.					

4.12. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

при первом исполнении $З_{\text{накл}} = 47445,18 \cdot 0,16 = 7591,2$ руб.

при втором исполнении $З_{\text{накл}} = 42755,1 \cdot 0,16 = 6840,8$ руб.

при третьем исполнении $З_{\text{накл}} = 56254,3 \cdot 0,16 = 9000,6$ руб.

4.13. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 16.

Таблица 4.13.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	49214	49349	49790	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей те-	31461,2	28368,7	37577	
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	4719,18	4255,3	5636,55	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	9804,8	8841,1	11710,8	
5. Накладные расходы	7591,2	6840,8	9000,6	16 % от суммы
6. Бюджет затрат НТИ	102791	97655	113714	Сумма ст. 1- 5

Вывод: Таким образом, в ходе расчетов и рассмотрения полученных результатов, можно сделать вывод о том, что исполнение №2 является более выгодным вариантом формирования бюджета затрат НТИ.

4.14. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех или более вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{102791}{113714} = 0,90; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{97655}{113714} = 0,85;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{113714}{113714} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 17.

Таблица 4.14.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Помехоустойчивость	0,1	2	4	3
2. Надежность	0,1	5	3	2
3. Безопасность	0,1	5	3	5
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,25	4	5	3
5. Простота эксплуатации	0,1	3	2	1
6. Цена	0,1	1	4	4
7. Финансовая эффективность научной разработки	0,25	2	1	5
ИТОГО	1			

$$I_{p-ucn1} = 2*0.1+5*0.1+5*0.1+4*0.25+3*0.1+1*0.1+2*0.25 = 3.1$$

$$I_{p-ucn2} = 4*0.1+3*0.1+3*0.1+5*0.25+2*0.1+4*0.1+1*0.25 = 3.1$$

$$I_{p-ucn3} = 3*0.1+2*0.1+5*0.1+3*0.25+1*0.1+4*0.1+5*0.25 = 3.5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{ucni.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{ucn.1} = \frac{I_{p-ucn1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{ucn.2} = \frac{I_{p-ucn2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} = \frac{3.1}{0.90} = 3.4; \quad I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} = \frac{3.1}{0.85} = 3.64;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр.3}} = \frac{3.5}{1} = 3.5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucn.1}}{I_{ucn.2}}$$

Таблица 4.14.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,85	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,1	3,1	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	3,4	3,64	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,1	0,94

Проведя расчет энерго – ресурсоэффективности и сравнив различные исполнения, приходим к выводу, что исполнение № 2 является наилучшим вариантом, но, тем не менее, исполнение №1 и №3 также имеют место быть, т.к. полученные значения эффективности вариантов исполнения получились, приближенно, одинаковы.

5. Социальная ответственность

Под социальной ответственностью понимается необходимость каждого работника соблюдать, и отвечать за нарушение требований и правил, установленных для повышения безопасности. Она выражает характер взаимоотношений личности со всеми окружающими его субъектами предприятия [17].

Целями данного раздела являются выявление и анализ вредных и опасных факторов, возникновение которых возможно в виду исполнения прямых и косвенных функций предприятия, а также выработка мер по ограничению их воздействия на персонал.

В данном разделе объектом рассмотрения является электрооборудование блочно-модульной котельной установки.

Размещение, проектирование, строительство и эксплуатация объектов энергетики осуществляются в соответствии с требованиями статей 34 - 39 Федерального закона "Об охране окружающей среды".

При строительстве энергообъектов необходимо обеспечить безопасность зданий и сооружений при ЧС. Для этого заблаговременно организуется и приводится большой объем работ, направленный на повышение устойчивости работы объекта в чрезвычайных условиях. К ним относятся инженерно-технические и организационные мероприятия [18].

- Инженерно-техническими мероприятиями обеспечиваются повышение устойчивости промышленных зданий, сооружений, оборудования и коммуникаций предприятия к воздействию поражающих факторов ядерного оружия, стихийного бедствия.

- Организационные мероприятия обеспечивают безопасность работников при их непосредственном участии в производственном процессе, а так же в своевременном оповещении о возникновении экстренных ситуаций.

5.1. Анализ опасных и вредных факторов

В бакалаврской работе рассматривается электрооборудование блочно-модульной котельной, топливом является природный газ. За работой и обслуживанием котельных агрегатов, насосным оборудованием, трубопроводами пара и горячей воды смотрят операторы котельной.

На оператора котельной в процессе работы действуют опасные и вредные факторы ГОСТ [19].

Опасный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапно резкого ухудшения здоровья, смерти.

Вредный производственный фактор – фактор среды трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях может вызвать профессиональное заболевание, снижение работоспособности.

В помещении, где установлены котельные агрегаты и вспомогательное оборудование, вредными производственными факторами для оператора котельной установки, являются:

а) физические факторы:

- тепловое излучение (нагретые поверхности котельных агрегатов, трубопроводов пара и горячей воды);
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- пониженная влажность воздуха (менее 40 %);
- повышенный уровень шума (резкие перепады давления в трубопроводе, работа предохранительных клапанов, пробивание прокладок фланцевых соединений, движение газов в трубах с большой скоростью – аэродинамические шумы);
- общая вибрация (при работе котельных агрегатов, при движении газов в трубах с большой скоростью);

- недостаточное освещение (естественное – вследствие затененности оборудования, конструкций, искусственное – вследствие плохой работы осветительных приборов).

б) биологические факторы отсутствуют.

в) химические факторы:

- окислы азотов;

- окись углерода.

г) психофизиологические:

- тяжесть трудового процесса (физическая динамическая нагрузка, статическая нагрузка);

- напряженность трудового процесса (эмоциональные нагрузки, интеллектуальные нагрузки, монотонность нагрузок, сменность работы).

д) травмоопасные:

- оборудование, работающее под давлением (котельные агрегаты, трубопроводы пара);

- высокая температура оборудования (трубопроводы пара и горячей воды).

5.2. Микроклимат

Работы ведутся в производственном помещении с выделением тепла. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплого облучения. Если сочетание этих параметров не является оптимальными для организма человека, может быть нарушено функциональное и тепловое состояние человека, причем это будет сопровождаться напряжением реакции терморегуляции, ухудшением самочувствия СанПин [20], ГОСТ [21].

Работа оператора котельной установки попадает под характеристики, изложенные в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Расчетные параметры котельной установки

Период года	Категория работ	Оптимальная температура °С	Допустимая температура °С	Оптимальная влажность %	Допустимая влажность %	Скорость движения воздуха оптимальная м/с	Скорость движения воздуха допустимая м/с
Холодный	Легкая 1Б	21–23	20–24	40–60	15–75	0,1	≤ 0,2
Теплый	Легкая 1Б	22–24	21–28	40–60	15–75	0,2	0,1 – 0,3

5.3. Освещение

Правильно спроектированное и выполненное освещение в котельной, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Поэтому блочно-модульные котельные обеспечиваются естественным и искусственным освещением. Электрическое (искусственное) освещение применяется для создания нормальных условий в помещениях с недостаточным естественным освещением, а также в темное время суток. Освещение подразделяется на основное, аварийное, переносное, прожекторное. Основное освещение получает питание от главного электрораспределительного щита и должно обеспечивать необходимую освещенность всего помещения. В качестве источников искусственного освещения применяются лампы накаливания, люминесцентные и газосветные.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$F = \frac{E_n \cdot K \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере помещения дыма), пыли (табл. 4.1.1);

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение E_{cp}/E_{min} . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока, %.

Таблица 5.3.1. Коэффициент запаса светильников люминесцентными лампами

Характеристика объекта	Коэффициент запаса
Помещения с большим выделением пыли	2,0
Помещения со средним выделением пыли	1,8
Помещения с малым выделением пыли	1,5

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно (табл. 5.3.2).

Таблица 5.3.2. Значение коэффициентов отражения потолка и стен

Состояние потолка	$\rho_n, \%$	Состояние стен	$\rho_{ст}, \%$
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми шторами	70
Побеленный, в сырых помещениях	50	Свежепобеленные с окнами без штор	50
Чистый бетонный	50	Бетонные с окнами	30
Светлый деревянный (окрашенный)	50	Оклеенные светлыми обоями	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Деревянный неокрашенный	30	Кирпичные неоштукатуренные	10
Грязный (кузницы, склады)	10	С темными обоями	10

Значения коэффициента использования светового потока η светильников с люминесцентными лампами для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблице 5.3.3. Приведён фрагмент таблицы для нужных значений коэффициентов.

Таблица 5.3.3. – Коэффициенты использования светового потока светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ОД и ОДЛ			ОДР			Л71Б03 ОЛ1Б68		
$\rho_n, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_c, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i									
0,5	23	26	31	21	24	28	14	16	19
0,6	30	33	37	27	30	34	18	20	22
0,7	35	38	42	32	35	38	21	23	25
0,8	39	41	45	35	37	41	23	25	27
0,9	42	44	48	38	40	43	25	27	29
1,0	44	46	49	40	42	45	26	28	30
1,1	46	48	51	41	43	46	27	29	31
1,25	48	50	53	43	45	48	29	30	32
1,5	50	52	56	45	48	51	30	31	34
1,75	52	55	58	47	50	53	31	33	35
2,0	55	57	60	50	52	54	33	34	36
2,25	57	59	62	52	54	56	34	35	37
2,5	59	61	64	53	55	58	35	36	39
3,0	60	62	66	54	56	60	36	37	40
3,5	61	64	67	56	57	61	37	38	40
4,0	63	65	68	57	58	62	38	39	41
5,0	64	66	70	58	60	63	38	40	42

Рассчитав световой поток F , зная тип лампы, по таблице 4 выбирается ближайшая стандартная лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы. Если необходимый поток светильника выходит за пределы диапазона $(-10 \div +20\%)$, то корректируется число светильников n либо высота подвеса светильников.

Таблица 5.3.4 Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм				
				ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
15	127	54	0,33	600	700	800	835	820
20	127	57	0,37	850	1000	1020	1200	1100
30	220	104	0,36	1500	1800	1940	2180	2020
40	220	109	0,43	2200	2600	3100	3200	3150
80	220	102	0,67	3800	4300	5200	5400	5200
125	220	120	1,25	-	-	-	6500	-

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами, м:

H – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса;

h_p – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

Исходные данные

$H = 4$ м, $h_p = 0,8$ м, $h_c = 0,2$ м, $A = 9$ м, $B = 5$ м, $p_c = 30\%$; $p_n = 50\%$;

$K_3 = 1,5$; $Z = 1,1$, $E_n = 300$ лк.

Расчёт

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 0,8 - 0,2 = 3 \text{ м};$$

где h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

$$S = A \cdot B = 9 \cdot 5 = 45 \text{ м}^2,$$

где S – площадь освещаемого помещения, м^2 .

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{30}{3 \cdot (14)} = 1,07.$$

По значению i выбирается коэффициент использования освещенности по таблице 3, $\eta = 0,48$.

Разрабатывается план помещения и размещение светильников.

L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (A) и ширине (B) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B),

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$.

Выбирается светильник ПВЛ с габаритными размерами 933x204x156 мм.

Таблица 5.3.5 Наивыгоднейшее расположение светильников

Наименование светильников	
Люминесцентные с защитной решёткой ОДР, ОДОР, ШЛД, ШОД	1,1 – 1,3
Люминесцентные без защитной решётки типов ОД, ОДО	1,4
Светильники ПВЛ	1,5

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h$$

$$L = \lambda \cdot h = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м.}$$

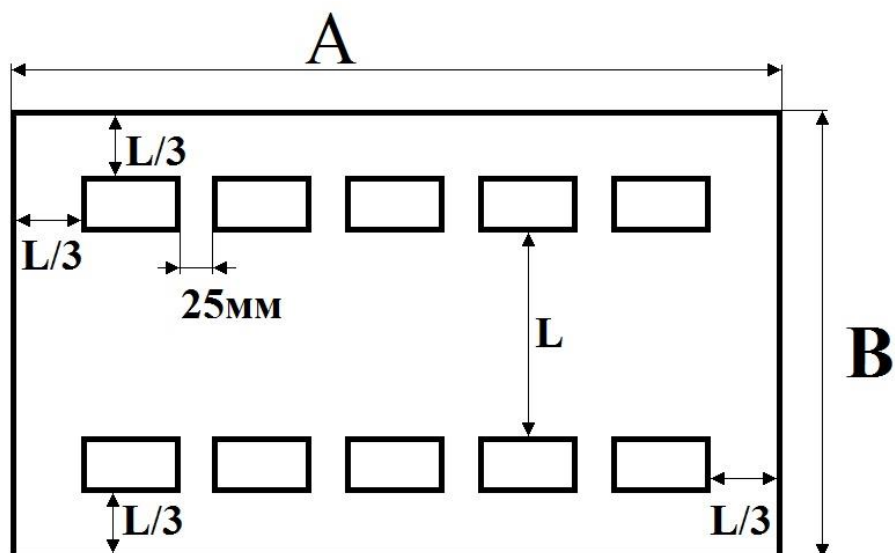


Рисунок 5.3.1 - План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Исходя из плана помещения и размещения светильников получается количество светильников равным $n = 10$ (2 ряда светильников по 5 светильников в длину).

$$F = \frac{E_n \cdot K \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 45 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,48} = 4640 \text{ лм},$$

По световому потоку из таблицы 4.4.4 выбираем люминесцентную лампу ЛХБ-80. Мощность всей осветительной системы $P = 80$ Вт.

Неблагоприятное освещение возникает вследствие плохой работы осветительных приборов и затененностью оборудования, конструкций.

В бакалаврской работе предусматривается обеспечить достаточным дневным светом помещения котельной, а в ночное время искусственным освещением. Места, которые по технологическим причинам не обеспечиваются дневным светом, предусмотрено обеспечить электрическим светом.

Помимо рабочего освещения в котельной предусматривается аварийное освещение от источников питания, независимых от общей освещенности котельной. Подлежат обязательному оборудованию аварийным освещением следующие места:

- фронт котлов, а также проходы между котлами, сзади котлов и над котлами;

- тепловые щиты и пульты управления;
- водоуказательные и измерительные приборы;
- вентиляционная площадка;
- помещения для баков и деаэраторов;
- площадки и лестницы котлов;
- насосные помещения.

Недостаточное освещение в помещении котельной может привести к повышению травматизма ремонтного и эксплуатационного персонала, а в помещении щитовой – к ухудшению остроты зрения, нервному напряжению СНиП [22].

5.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Для теплоэнергетического оборудования характерны механические, аэродинамические и гидродинамические шумы – неупорядоченное распространение звуков разной интенсивности и чистоты, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека. В котельной значительный шум вызывает аэродинамические причины, к ним относятся:

- резкие перепады давления в трубопроводе;
- работа предохранительных клапанов;
- пробивание прокладок фланцевых соединений;
- движение газов в трубах с большой скоростью.

Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте оказывает вредное воздействие на организм человека: снижается острота слуха, зрения, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы.

Сильный производственный шум может быть причиной функциональных изменений нервной, кровеносной, а также пищеварительной систем организма человека ГОСТ [23],[24].

Уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБА.

В котельной, с целью снижения уровня шума, проводят следующие мероприятия:

- улучшение режима эксплуатации оборудования;
- центровка и балансировка механизмов;
- наложение шумовой изоляции (шумозащитные кожухи).

Помимо мер технологического и технического характера, широко применяются средства индивидуальной защиты – антифоны, выполненные в виде наушников, заглушек – вкладышей и шлемов.

5.5. Вибрация

Представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое колебание.

Длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека и, в конечном счете, к "вибрационной болезни". Общая вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему, наступают изменения в сердечнососудистой системе, вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ.

Величина вибраций на рабочем месте оператора соответствует гигиеническим нормам вибраций, воздействующим на организм человека [25].

Нормативные значения технологической вибрации на постоянных рабочих местах производственных помещений указаны в таблице 5.5.1.

Таблица 5.5.1 – Нормативные значения технологической вибрации

Среднегеометрическая частота (корректированный уровень)	Весовой коэффициент	Нормативные значения уровня виброскорости, дБ
$z - 2$	- 16	108
$z - 4$	- 7	99
$z - 8$	- 1	93
$z - 16$	0	92
$z - 31,5$	0	92
$z - 63$	0	92
Корректированный уровень		92

Для устранения вибрации котлы смонтированы на самостоятельных фундаментах, виброизолированных от пола. Все трубопроводы проходят на достаточном расстоянии от стен и соседних трубопроводов.

В качестве индивидуальных средств защиты от вибрации применяются гасящие вибрацию рукавицы и специальная обувь.

5.6. Тепловое излучение

Котельные агрегаты, трубопроводы пара и горячей воды являются источником избыточного теплового излучения ГОСТ [26], СанПиП [27].

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения, должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.6.1.

Таблица 5.6.1 – Интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25...50	70
Не более 25	100

К коллективным средствам защиты относится:

- теплоизоляция горячих поверхностей;
- экранирование источников излучения или рабочих мест;
- общеобменная вентиляция или кондиционирование.

Средства индивидуальной защиты применяют в целях исключения или снижения воздействия лучистой энергии на организм человека. К ним относятся: изолирующие костюмы, специальная одежда и обувь, средства защиты для головы, лица, глаз и рук.

5.7. Химический фактор

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать травмы, профессиональные заболевания или другие отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения.

Наиболее распространенные заболевания, связанные с воздействием вредных веществ на организм: гиперсенситивная пневмония, влажная лихорадка, астма, риниты, дермиты, а также инфекции: обычная простуда, грипп, болезни химического или физического происхождения.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), ГОСТ [28].

Значения ПДК вредных веществ приведены в таблице 5.7.1.

Таблица 5.7.1 – Значения ПДК вредных веществ

Наименование вещества	ПДК (ГОСТ 12.1.005-88*), мг/м ³	Класс опасности по ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
Окислы азоты (в пересчете на NO ₂)	5	3
Оксид углерода	20	4

5.8. Травмоопасность

При работе машиниста котла напряженность труда вызвана монотонностью нагрузок [29].

Механическая прочность оборудования обеспечивается предварительными испытаниями на прочность, путем проверки качества сварных швов, гидравлических испытаний.

При работе котла возможно коррозионное разрушение элементов котла. Коррозионная стойкость оборудования обеспечивается увеличением коррозионной стойкости конструктивного материала, путем нанесения соответствующего покрытия и удаления кислорода из воды. Для этого ее подвергают деаэрации. Надежность работы поверхностей нагрева котельных агрегатов зависит от качества питательной воды. Основной задачей водоподготовки является борьба с коррозией и накипью. Для этого применяют следующие меры:

- деаэрация рабочей воды с целью снижения кислородной коррозии;
- подогрев теплоносителя для снижения низкотемпературной коррозии.

Все трубопроводы имеют в верхних точках воздушники, а в нижних точках и застойных зонах – дренажные устройства, соединенные непосредственно с атмосферой.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала котельной предусмотрены следующие защитные устройства:

- манометр, показывающий давление горячей воды;
- воздушно - указательные приборы для наблюдения за уровнем воды;
- водозапорный вентиль для регулирования расхода воды на котел;
- спускные и продувочные вентили;
- воздушные клапана для удаления воздуха из котла;
- манометр, показывающий давление перегретого пара;
- предохранительные клапана для автоматического выпуска избыточной воды из котлов.

Трубопроводы пара и горячей воды являются опасными вследствие высокой температуры на поверхности трубопроводов и могут послужить источни-

ками ожогов на теле работников. Для предотвращения ожогов рабочие должны работать в выданной спецодежде (куртка, брюки) и обуви (рабочие ботинки) и пользоваться установленными средствами индивидуальной защиты (рукавицы комбинированные). Обслуживающему персоналу необходимо избегать длительного нахождения в местах стыков фланцевых соединений трубопроводов, находящихся под давлением, около гляделок, в местах, где возможно присутствие газов, около предохранительных клапанов, водоуказательных стёкол и т. д.

Трубопроводы окрашены в соответствии с ГОСТ [30].

1. Воздух – синий

2. Вода – зеленый

Отключающие, аварийные, открытые токоведущие части оборудования обозначены красным цветом.

Кроме рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение зон работ от самостоятельного источника питания электроэнергии, независимое от общей электроосветительной сети котельной, которое должно обеспечить работу котельной в случаях перебоев с электроэнергией.

В котельной предусмотрена защита оборудования, сигнализация, автоматическое регулирование и контроль параметров при эксплуатации.

Котёл должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом вручную при отказе в работе защитных средств в следующих случаях:

- повышение давление в барабане котла;
- прекращения действия всех питательных насосов;
- обнаружения неисправности предохранительного клапана;
- отклонение уровня воды в барабане выше допустимого уровня или понижения его ниже нижнего допустимого уровня;
- если в основных элементах котла будут обнаружены трещины, выпучены, пропуски в их сварных швах, обрыв анкерного болта или связи.

5.9. Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных, технических мероприятий, а также средств защиты от поражений человека электрическим током.

Организационные мероприятия включают в себя выбор рациональных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрического тока.

Опасное и вредное воздействие на людей *электрического тока* проявляется в виде электротравм и профзаболеваний.

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели дымососов, вентиляторов.

Действующими нормативными документами являются СНиП [31], ГОСТ [32].

Напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать значения, указанные в таблицах.

Напряжение прикосновения и токи при нормальных режимах работы электроустановок ГОСТ [33].

Таблица 5.9.1 – Напряжение прикосновения и токи

Род тока	Напряжение	Сила тока
50 Гц переменный	Не более 2В	Не более 0,3 мА

Напряжение прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц.

Таблица 5.9.2 – Напряжение прикосновения и токи

Продолжительность воздействия, сек	Нормируемая величина	
	Напряжение, В	Сила тока, мА
0,01–0,08	220	220
0,1	200	200
0,2	100	100
0,3	70	70
0,4	55	55
0,5	50	50
0,6	40	40
0,7	35	35
0,8	30	30
0,9	27	27

Для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, следует использовать защитное заземление.

В качестве индивидуальных средств защиты от электрического тока применяются экранирующие комплекты (костюмы, перчатки, обувь), коврики, подставки, контактные выводы и перемычки, проводники с зажимами и т.д.

К коллективным методам защиты относятся плакаты, ограждения и знаки безопасности.

Производственно – отопительная котельная относится к третьему классу помещения по электроопасности, т.е. это помещение без повышенной опасности.

5.10. Пожаровзрывоопасность

Так как технологический процесс связан со сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива из газопровода и образование взрывоопасной газовой смеси.

Действующим нормативным документом является:

Согласно ГОСТ [34] проектируемая котельная по пожарной безопасности относится к категории "Г", по огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания котельной II, класса В – 1А.

Категория "Г" означает негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы и жидкости, которые сжигаются в качестве топлива. Класс В – 1А – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуются, а образование таких смесей возможно только в результате аварий и неисправностей. Источниками пожара могут быть утечка и скопление газа в котельной; неисправности электрооборудования, осветительных приборов; выход из строя приборов автоматики. При нарушении целостности газопроводов уходящих газов, или при разрушении обшивки и обмуровки котла, уходящие газы, имеющие высокую температуру, могут послужить причиной пожара

Для предупреждения образования взрывоопасных газовой смеси большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения. Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. При включении предупредительной сигнализации и аварийной вентиляции предусматривается автоматическое или ручное отключение всего или части технологического оборудования.

Для борьбы с пожаром котельная оборудована противопожарным инвентарем по существующим нормам противопожарной охраны.

В состав этого инвентаря входят:

- пенные химические огнетушители;
- порошковые огнетушители;
- гидранты;
- ящики с песком;
- лопаты;
- ведра.

Весь инвентарь расположен в доступном месте на входе в котельную.

Для быстрого вызова пожарной службы в котельной установленные извещатели и телефон.

5.11. Охрана окружающей среды

Под охраной окружающей среды понимают совокупность международных, государственных и региональных правовых актов, инструкций и стандартов, доводящих общие юридические требования до каждого конкретного загрязнителя и обеспечивающих его заинтересованность в выполнении этих требований, конкретных природоохранных мероприятий по претворению в жизнь этих требований.

Только если все эти составные части соответствуют друг другу по содержанию и темпам развития, т.е. складываются в единую систему охраны окружающей природной среды, можно рассчитывать на успех.

Природоохранной является любая деятельность, направленная на сохранение качества окружающей среды на уровне, обеспечивающем устойчивость биосферы. К ней относится как крупномасштабная, осуществляемая на общегосударственном уровне деятельность по сохранению эталонных образцов нетронутой природы и сохранению разнообразия видов на Земле, организации научных исследований, подготовке специалистов-экологов и воспитанию населения, так и деятельность отдельных предприятий по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов, снижению норм использования природных ресурсов и т.д. Такая деятельность осуществляется в основном инженерными методами.

5.12. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Использование системного подхода для анализа факторов безопасности эксплуатации оборудования котельных цехов, в частности отказов в работе технологического оборудования, трубопроводов, систем управления, противоаварийной защиты позволяет снизить возможные последствия аварий в котельных цехах, ущерб и число пострадавших людей, оставшихся без теплоснабжения.

Осуществление превентивных мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования котельных, надёжности эксплуатируемого оборудования предполагает инвестирование средств. При этом общество всегда ограничено в своих возможностях, поэтому встаёт вопрос о том, какие мероприятия по повышению безотказности оборудования, по снижению негативного воздействия на окружающую среду в результате эксплуатации котельных цехов целесообразно осуществлять в первую очередь, а какими можно пренебречь. Принятия подобного рода решений возможно с использованием системного анализа.

При рассмотрении вопроса безопасности котельных цехов все мероприятия можно разделить на две категории:

- мероприятия инженерно-технического характера;
- мероприятия организационно-правового характера.

Инженерно-технические мероприятия, касающиеся топлива, технологии, оборудования и повышения устойчивости функционирования котельных, являются мерами по снижению опасности источника, а мероприятия, касающиеся размещения котельных – это меры, обеспечивающие снижение промышленной и экологической безопасности котельных для элементов окружающей среды.

Наиболее перспективной и актуальной, для снижения количества отказов оборудования и обеспечению безопасности функционирования котельных цехов, является группа мер, которые можно скомпоновать по направлениям:

- ориентация на эксплуатацию трубопроводов из стойких к коррозии материалов;

- приоритетность внедрения полимерных материалов и теплоизоляции из невлагоёмких высокоэффективных утеплителей;

- внедрение полностью автоматизированных устройств, что поможет решить проблему повышения эффективности работы инженерной инфраструктуры путём регулирования и оптимизации работы агрегатов;

- из технологической цепи следует исключить ненадёжные устройства вращательного действия, заменить бойлеры установками нового поколения, например, на трансзвуковые струйно-форсуночные аппараты, не содержащие трущихся деталей;

- использование новых технологий подготовки воды и очистки от отложений на внутренних поверхностях теплообменников и котлов, применение новых методов прочистки подземных сетей тепло- и водоснабжения, в том числе бестраншейным способом;

- приоритетность применения более надёжной расходно-запорной арматуры.

Организационно-правовые мероприятия обеспечения безопасности функционирования котельных цехов можно разделить на три группы:

- организационные, такие как разработка планов работы котельных в зависимости от характеристик отапливаемых объектов, времени года и метеорологических условий, контроль над соблюдением правил техники безопасности, своевременная утилизация отходов;

- экономические: проведение аудита и страхования, установление лимитов на выбросы в атмосферу и размещение отходов, взимание платы за загрязнение окружающей среды;

- разработка прогнозов воздействия на окружающую среду в районе функционирования котельных: расчет влияния котельных на атмосферу, расчет риска возникновения токсических эффектов в результате загрязнения атмосферы у населения.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Электрооборудование блочно-модульной газовой котельной мощностью 220 кВт» были решены все поставленные задачи.

Целью данной работы является разработка регулируемого электропривода газовой горелки по системе ПЧ-АД.

Применение системы ПЧ-АД обеспечивает заданный диапазон регулирования 1:10, также применения ПЧ позволяет сократить потребление мощность на низких частотах. Системы скалярного управления имеют множество преимуществ перед другими системами: простота, надёжность, требуется минимум информации о двигателе, и нет необходимости в использовании датчиков скорости и положения ротора.

Рассчитаны естественная механическая и электромеханическая характеристики системы регулируемого электропривода. Также получены искусственные механические и электромеханические характеристики для заданного диапазона регулирования скорости.

Смоделирована в среде MATLAB система ПЧ-АД и получены переходные процессы, удовлетворяющие технологическому процессу. Составлена структурная и функциональная схемы системы ПЧ-АД.

Произведен анализ технического проекта в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», а именно проработаны следующие темы: SWOT-анализ работы и эксплуатации системы электрооборудования котельной, планово-временные и материальные показатели процесса проектирования. Далее был разработан план-график выполнения технического проекта, а также с помощью интегрального показателя определена ресурсоэффективность проекта.

В разделе «Социальная ответственность» представлены оценка условий труда, приведен анализ вредных и опасных факторов, рассмотрены меры защиты от опасных факторов, пожарная безопасность и охрана окружающей среды.

Список литературы

1. Котельные установки. СНиП II-35-76. — официальное изд. — Утверждены постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства от 31 декабря 1976 г. № 229; Взамен СНиП II-Г.9-65, СН 350-66. — Москва: Госстрой России, 2000. — 48 с. — Строительные нормы и правила. — ISBN 5-88111-238-5.
2. Правила технической эксплуатации коммунальных отопительных котельных : Утверждены Минстроем России. — Москва: НПО ОБТ, 1992. — 87 с. — ISBN 58103000193.
3. Киселев, Николай Александрович. Котельные установки : учебное пособие / Н. А. Киселев. — Москва: Высшая школа, 1975. — 277 с.: ил. — Профтехобразование. Теплотехника. — Библиогр.: с. 272.
4. Бобровский, Григорий Степанович. Котельные установки малой мощности : промышленные, коммунальные и сельскохозяйственные / Г. С. Бобровский. — Москва: Машгиз, 1961. — 311 с.: ил. — Литература: с. 307-308.
5. Гусев, Юрий Львович. Основы проектирования котельных установок : учебное пособие / Ю. Л. Гусев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Стройиздат, 1973. — 248 с.: ил. — Библиогр.: с. 246.
6. Информационно-справочный каталог Weishaupt /— М., «Энергия прогресса» , 2007. — 337 с.
7. Соколов, Борис Александрович. Вспомогательное оборудование котлов. Водоподготовка : учебное пособие / Б. А. Соколов. — Москва: Академия, 2009. — 64 с.: ил. — Непрерывное профессиональное образование. — ISBN 978-5-7695-4971-7.
8. Семидуберский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. Для студентов вузов. М.:Энергоатомиздат, 1984. — 406.
9. Информационно-справочный каталог Weishaupt /— М., «Энергия прогресса» , 2007. — 337 с.

10. Промышленные вентиляторы // «Компания ТНД». 2012. URL: <http://www.ventstroy.ru/> (дата обращения: 10.04.2016).
11. Чебовский О.Г. , Л.Г. Моисеев, Ю.В.Сахаров. Силовые полупроводниковые приборы (справочник).М., ”Энергия”,1975.
12. М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В. М. Терехов, А.В. Шинянский Основы автоматизированного электропривода. Учеб.пособие для вузов. М., «Энергия», 1974. – 568 с.
13. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
14. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. «Методы менеджмента качества» №7 2002 г.
15. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
16. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
17. Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения /Сост. М.Э. Гусельников, В.Н. Извеков, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.
18. Долин А.П. Справочник по технике безопасности. -М.: Энергоатомиздат, 1979. - 427 с.
19. ГОСТ 12.0.002 – 80. «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы».
20. СанПин 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
21. ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
22. СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

23. ГОСТ 12.1.003 – 83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
24. СН 3223 – 85 «Санитарные нормы уровней шума на рабочих местах».
25. ГОСТ 12.1.012 – 96 «Вибрационная безопасность. Общие требования».
26. ГОСТ 12.1.005 – 88 «ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
27. СанНиП 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
28. ГОСТ 12.1.007 – 76* «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».
29. ПБ 10 – 577 – 03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».
30. ГОСТ 12.4.026 – 2001. «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности».
31. СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение
32. ГОСТ 12.1.019 – 79 «Электробезопасность. Общие требования».
33. ГОСТ 12.1.038 – 82 «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновений и токов».
34. ГОСТ 12.1.004. 91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».