

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 Электротехнических комплексов и материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Проектирование энергоэффективного асинхронного двигателя				

УДК 621.313.333.07.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Лукин Михаил Григорьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Усачева Татьяна Владимировна	канд.тех.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Технология производства»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Баранов Павел Рудольфович	канд.тех.наук		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Трофимова Маргарита Николаевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Василевский Михаил Викторович	канд.тех.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	Д-р.тех.наук		

Томск – 2016 г.

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 Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭКМ

(Подпись) _____
(Дата) А.Г. Гарганеев

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Э	Лукину Михаилу Григорьевичу

Тема работы:

Проектирование энергоэффективного асинхронного двигателя

Утверждена приказом

от 25 января 2016 г. № 343/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01 июня 2015 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Номинальная мощность $P_{2н}=11$ кВт; Число фаз статора $m=3$; Номинальное напряжение $U_n=220/380$; Число полюсов $2p=4$; Частота сети равна $= 50$ Гц; Высота оси вращения $h=132$ мм; Степень защиты IP44; Способо монтажа IP1081; Система охлаждения IC0141.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Рассмотрение возможностей проектирования асинхронных двигателей с повышенными энергетическими показателями, для обеспечения максимального энергосбережения.

Перечень графического материала	Сборочный чертеж асинхронного двигателя; Обмотка статора асинхронного двигателя, рабочие и пусковые характеристики; Чертеж статора; Графики зависимостей КПД, $\cos\varphi$, ΔM , G от длины магнитопровода; Диаграмма Ганта; План освещения помещения.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технология производства	Баранов П.Р
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трофимова М.Н.
Социальная ответственность	Василевский М.В.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Усачева Т.В.	канд.тех.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Лукин М.Г.		.

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

Институт Энергетический
Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Уровень образования Бакалавриат
Кафедра «Электротехнические комплексы и материалы»
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2015
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.12.2015	Анализ литературных источников, описание цели и постановка задач исследования	
21.12.2015	Обоснование методов и средств электромагнитного расчета	
14.01.2016	Проведение электромагнитного расчета	
12.02.2016	Модернизация двигателя и его перерасчет	
27.02.2016	Анализ полученных данных	
10.03.2016	Составление специальной части пояснительной записки	
07.04.2016	Чертеж асинхронного двигателя в сборке	
21.04.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
28.04.2016	Технология производства статора асинхронного двигателя	
05.05.2016	Социальная ответственность	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Усачева Татьяна Владимировна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев А.Г.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 170 с., 20 рис., 34 табл., 29 источников, 2 прил.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, энергетические показатели, электрические машины, энергоэффективность, короткозамкнутый ротор, проектирование.

Объектом исследования является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Цель работы – рассмотрение возможностей проектирования асинхронных двигателей с повышенными энергетическими показателями, для обеспечения максимального энергосбережения всего электропривода.

В процессе исследования проводились расчеты статора и ротора, расчет рабочих характеристик АД с КЗ, а также построение этих рабочих характеристик.

В результате исследования был спроектирован асинхронный двигатель с повышенными энергетическими показателями.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: высота оси вращения 132 мм, четырехполюсный, выходная полезная мощность машины 11 кВт, работает от сети 220/380 В, исполнение по способу монтажа - IM1081, степень защиты – IP44, способ охлаждения – IC0141.

Область применения: в электроприводах механизмов в промышленности и сельском хозяйстве.

Экономическая эффективность/значимость работы: обеспечение энергосбережения.

В будущем планируется продолжить исследования в этой области с двигателями различных параметров.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 ВЫБОР ПРОТОТИПА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	14
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АД	18
2.1 Основные методы повышения энергетических показателей.....	18
2.2 Показатели энергоэффективности.....	19
2.3 Проектирование асинхронного двигателя с улучшенным КПД и коэффициентом мощности	20
3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАТОРА.....	29
3.1 Оценка технологичности конструкции	29
3.2 Составление схемы сборки и маршрутной технологии	30
3.3 Специальные технологические расчеты	31
3.4 Выбор оборудования и оснастки	33
3.5 Нормирование работ	36
3.6 Расчет количества требуемого оборудования.....	46
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	53
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции эффективности и сбережения ресурсов	53
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	53
4.1.3 SWOT-анализ.....	57
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	64
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	65
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	65
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	66
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	67
4.3.4 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	70
4.3.5 Основная заработная плата исполнителей темы	70
4.3.6 Дополнительная заработная плата исполнителей	73
4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	73

4.3.8 Накладные расходы	74
4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	75
4.4 Определение ресурсоэффективности проекта	76
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	80
5.1 Производственная безопасность.....	80
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов при разработке проектируемого решения	80
5.1.1.1 Микроклимат	81
5.1.1.2 Производственное освещение.....	81
5.1.1.3 Расчет системы освещения.....	82
5.1.1.4 Шумы и вибрация	85
5.1.1.5 Электромагнитные поля	86
5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов при эксплуатации проектируемого решения	87
5.1.2.1 Вредные факторы, профилактика и средства защиты.....	87
5.1.2.2 Опасные факторы, профилактика и средства защиты	88
5.2 Экологическая безопасность.....	90
5.2.1 Влияние компьютерной техники на организм человека	90
5.2.2 Утилизация электрических отходов	92
5.2.3 Влияние асинхронных двигателей на окружающую среду в процессе их эксплуатации	93
5.2.4 Утилизация асинхронных двигателей	93
5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	94
5.3.1 Чрезвычайные ситуации при разработке и эксплуатации проектируемого решения	94
5.3.2 Противопожарная профилактика и правила поведения	95

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	100
Приложение А.....	103
Приложение Б	149
Графические материалы:	
ФЮРА.525000.013.СБ Сборочный чертеж двигателя.....	163
ФЮРА.525000.013 Обмотка статора, рабочие и пусковые характеристики	165
ФЮРА.684300.013.СБ Чертеж статора	166
ФЮРА.525000.013 Графики зависимостей КПД, $\cos\varphi$, ΔM , G от длины магнитопровода	168
ФЮРА.525000.013 Диаграмма Ганта.....	169
ФЮРА.525000.013 План освещения помещения.....	170

ВВЕДЕНИЕ

В недалеком будущем вопрос об энергосбережении станет одним из основных рассматриваемых проблем, т.к. при быстром развитии экономики, будет дефицит электрической энергии, путями решения данной проблемы являются – введение новых систем генерации электрической энергии и энергосбережение. Первый путь является длительным во времени и достаточно дорогим, а второй сравнительно быстрее и выгоднее с финансовой точки зрения, т.к. при энергосбережении 1 кВт электрической мощности стоит в 4-5 раза дешевле, чем в первом случае. Значительные затраты электроэнергии на единицу всеобщего валового продукта создают огромную возможность энергосбережения в народном хозяйстве. Следовательно, энергосбережение является важнейшим фактором повышения эффективности и экономического роста народного хозяйства.

В структуре потребления энергии в промышленности асинхронный двигатель, ввиду своей простоты и надежности, составляет 50-70% от общего потребления, поэтому в то же время является основным источником потерь электроэнергии - доля энергопотребления асинхронных двигателей в структуре потребления машиностроительного предприятия составляет 50% [1].

Коэффициент полезного действия асинхронного двигателя составляет от 0,8 до 0,9 в номинальном режиме, а при недогрузках на валу значительно снижается и достигает значений от 0,2 до 0,3. Данная ситуация приводит к значительному росту потребления энергии, наведением в электрической сети реактивных токов, поломкам и снижению срока службы электродвигателей. На потребление электроэнергии электродвигателем влияет величина потерь электроэнергии во всей структурной цепочке. Более 90% асинхронных электродвигателей являются нерегулируемыми (не имеют возможность изменять частоту вращения), что дает неэффективное расходование

электроэнергии, объем которой достигает 30% от общего потребления и в 3 раза больше аналогичного показателя в других странах.

С ростом мощности используемого электродвигателя, будут выше и требования к энергетическим характеристикам всего привода.

Основной целью данной работы, является рассмотрение возможностей проектирования асинхронных двигателей с повышенными энергетическими показателями (КПД и коэффициент мощности), со следующими параметрами: с высотой оси вращения 132 мм, мощностью 11 кВт, четырьмя полюсами - для обеспечения максимального энергосбережения всего электропривода.

Для достижения этой цели, должно быть выполнено следующее:

- Подбор прототипа асинхронного двигателя;
- Подбор наиболее подходящего метода для повышения энергетических показателей асинхронного двигателя;
- Проведение исследования на двигателе с высотой оси вращения 132 мм, мощностью 11 кВт и четырьмя полюсами;
- Анализ полученных результатов.

В первой главе данной научно-исследовательской работы рассматривается прототип асинхронного двигателя, на основе которого и будут проходить проектирование, также его служебное назначение и особенности конструкции. Далее идет раздел посвященный повышению энергоэффективности АД: методы, показатели эффективности, регулируемые параметры. Также в этот раздел будет входить электромагнитный расчет, в качестве приложения. В дополнение к основной части, есть разделы: технология производства, финансовый менеджмент и социальная ответственность.

1 ВЫБОР ПРОТОТИПА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Проектирование в данной работе основывается на конкретном асинхронном двигателе с КЗ ротором – АИР132М4У3.

Асинхронные двигатели АИР с короткозамкнутым ротором (раньше подобные двигатели выпускались под серией 4А, 4АМ), благодаря отсутствию подвижных контактов, хорошей ремонтпригодности, невысокой стоимости и простой конструкции по сравнению с другими электрическими двигателями применяются во множестве разных отраслей промышленности, а также и в сельском хозяйстве. Данные электродвигатели находят применение в таких установках как: привод станков, насосов, вентиляционного оборудования, компрессорных установок, эскалаторов и множества других машин.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АИР132М4У3. Климатическое исполнение – У, то есть для макроклиматического района с умеренным климатом. Цифра 3 в конце означает, что данный двигатель предназначен для эксплуатации в помещениях, где колебания температуры, влажности, а также воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе.

Исполнение двигателя по способу монтажа – IM1081. Это означает, что двигатель на лапах, с одним цилиндрическим концом вала и может работать с любым направлением конца вала.

Исполнение по степени защиты от воздействия окружающей среды – IP44. Во-первых, пыль может проникать внутрь оболочки двигателя, но в количествах не достаточных для нарушения его работы, и, во-вторых, на работу двигателя не должно оказывать вредного воздействия разбрызгивание на оболочку воды в любом направлении [2].

Режим работы двигателя – продолжительный S1, режим работы, при которой нагрузка на электродвигатель неизменная длительное время. Способ охлаждения двигателя – IC0141, обдувом с помощью внешнего вентилятора,

расположенного на валу двигателя. Двигатель выполнен на напряжение 380 В и развивает мощность на валу 11 кВт при синхронной частоте вращения 1500 об/мин. Кратность пускового момента двигателя равна 2,2, а пускового тока – 7,5 [2].

Конструкция асинхронного двигателя состоит из двух основных частей, которые разделены воздушным зазором: статора и ротора. На рисунке 1.1. можно рассмотреть основные его основные части.

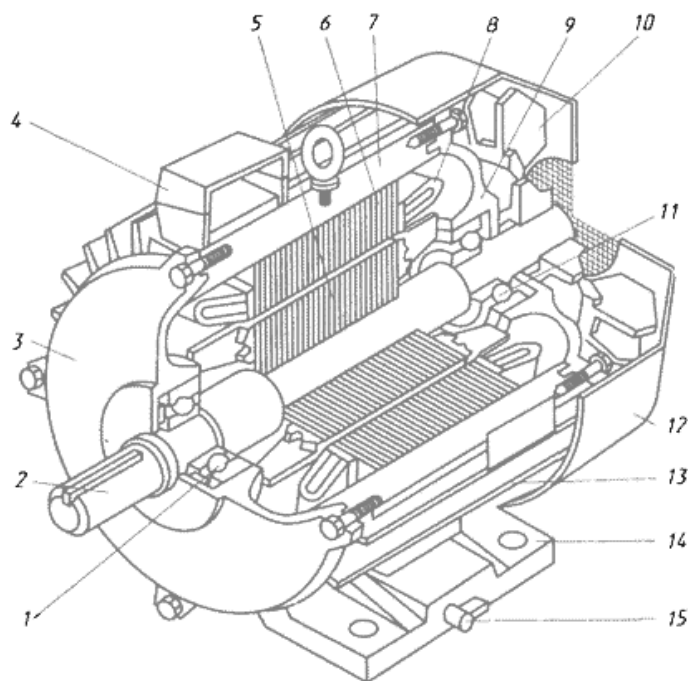


Рисунок 1.1 – Конструкция асинхронного двигателя с КЗ ротором

Неподвижная часть - статор, состоит из станины и магнитопровода с трёхфазной обмоткой. Станина (7) двигателя отлита из чугуна. Двигатель выполнен с закрытым обдувом, поэтому на поверхности станины имеются продольные рёбра (13), которые нужны для увеличения площади охлаждения двигателя.

В станине расположен магнитопровод статора (6). Магнитопровод выполняется шихтованным из листов электротехнической стали, т.к. это способствует ослаблению вихревых токов. Пластины сердечника статора

покрывают слоем лака для изоляции, также их собирают в пакет и скрепляют специальными скобами или продольными швами по наружной поверхности пакета. Такая конструкция сердечника почти не подвержена возникновению вихревых токов.

На внутренней части магнитопровода статора располагаются продольные пазы, в которых заложены пазовые части обмотки, соединенные в определенном порядке лобовыми частями (8).

Вращающаяся часть двигателя - ротор (5), состоит из вала (2) и магнитопровода с короткозамкнутой обмоткой. Обмотка представляет собой алюминиевые стержни, залитые в пазы сердечника ротора, замкнутые с двух сторон короткозамыкающими кольцами. Сердечник ротора также набирается из листов электротехнической стали, но листы ротора не покрывают лаком для изоляции, т.к. на поверхности сердечника имеется тонкая оксидная пленка. Короткозамкнутая обмотка ротора в большинстве двигателей выполняется заливкой сердечника ротора расплавленным алюминиевым сплавом. При этом одновременно со стержнями обмотки отливаются короткозамыкающие кольца и вентиляционные лопасти.

Вал ротора вращается в подшипниках качения (1 и 11), расположенных в подшипниковых щитах (3).

Двигатель охлаждается через наружную поверхность корпуса, то есть охлаждение осуществляется посредством его обдува. Поток воздуха создает центробежный вентилятор (10), который в свою очередь прикрывают кожухом (12). Торцевую поверхность кожуха выполняют с отверстиями, для забора воздуха из внешней среды.

Концы обмоток фаз выводят на зажимы коробки выводов (4). Для предохранения обслуживающего персонала от возможного поражения электрическим током двигатель снабжают болтами заземления (15) (не менее двух).

В качестве прототипа был подобран двигатель АИР 132М4У3. Выбор двигателя серии АИ является не случайностью. Двигатели данной серии являются наилучшим выбором в отношении энергетических показателей и качества в целом. Они находятся на одном уровне с подобными двигателями зарубежных предприятий, даже превосходят их по массогабаритным размерам.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АД

2.1 Основные методы повышения энергетических показателей

На сегодняшний день можно выделить четыре основных направления развития технологий повышения энергетических показателей, применяемых для минимизации потерь в асинхронном электроприводе в производстве [1].

Во-первых, метод эффективных систем управления питанием электроустановок. Данный метод основан на снижении энергопотребления электродвигателями производственного оборудования посредством недопущения снижения коэффициента мощности и минимизации возникновения реактивных составляющих мощности путем регулирования параметров питающего напряжения рассматриваемых устройств.

Во-вторых, это снижение потерь электрической энергии при ее преобразовании в механическую и передачу в зону обработки. Механические потери состоят из потерь на подшипниках и вентиляционных потерь. Потери на трение в общем объеме механических потерь достигают 80 %. Данный метод снижения потерь энергии состоит в рациональном подборе: типа подшипников, видов смазки подшипников, конструкции машины и рода двигателя.

В-третьих, это метод распределения реактивной составляющей потребляемой электрической энергии. Повышение энергетических показателей управления электроприводом, достигается при рациональном распределении реактивной составляющей потребляемой электрической энергии посредством применения автоматических компенсаторов реактивной мощности.

В-четвертых, это метод подбора оборудования с минимальным запасом по мощности, т.е. с номинальной мощностью, соответствующей эквивалентной мощности реализуемых на нем технологических процессов. Выбор двигателя с большим запасом мощности, приведет к снижению его коэффициента полезного действия и коэффициента мощности. Коэффициент запаса мощности учитывает: специфику регулирования скорости электропривода, ухудшение

условий охлаждения при снижении скорости, динамические нагрузки при переходе от одной ступени скорости к другой.

Для данной работы следует отдать предпочтение симбиозу от всех предложенных способов, т.е. снижению потерь АД на этапе проектирования, при модернизации асинхронного двигателя, что даст повышение энергетических показателей.

2.2 Показатели энергоэффективности

Асинхронный электродвигатель как электромеханический преобразователь энергии является основой силовой части электропривода. Энергетическими показателями эффективности той или иной электрической машины являются коэффициент полезного действия и коэффициент мощности.

В Европейском сообществе и Российской Федерации в 2000 году были приняты нормы на КПД АД. Еuronормы CEMEP для двух- и четырехполюсных АД мощностью от 1,1 до 90 кВт предусматривают три уровня КПД: нормальный – EFF3; повышенный – EFF2 и высокий – EFF1. Нормы EFF2 и EFF1 приведены в таблице 2.1. К уровню EFF3 относят значения КПД ниже уровня EFF2 [3].

Таблица 2.1 – Еuronормы CEMEP для АД

Р, кВт		1,1	1,5	2,2	4	5,5	7,5	11	15
КПД,	EFF2	76,2	78,5	81	84,2	85,7	87	88,4	89,4
%	EFF1	82,8	84,1	85,6	87,6	88,6	89,5	90,5	91,3
Р, кВт		18,5	22	30	37	45	65	75	90
КПД,	EFF2	90	90,5	91,4	92	92,5	93	93,6	93,9
%	EFF1	91,8	92,2	92,9	93,3	93,7	94	94,6	95

Нормы ГОСТ Р 51677-2000 охватывают двигатели всех полюсностей в диапазоне мощности от 1,1 до 400 кВт. Они предусматривают два уровня КПД,

которые практически совпадают с уровнями Евронорм CEMEP: нормальный EFF2 и повышенный EFF1.

В зависимости от требований к уровню энергоэффективности двигатели делят на:

- двигатели с нормальным КПД;
- двигатели с повышенным КПД (энергосберегающие).

Двигатели с нормальным КПД мощностью от 1 до 400 кВт включительно должны иметь номинальные значения КПД не ниже уровня EFF2, указанных в таблице 2.1, энергосберегающие двигатели, в свою очередь, должны иметь значения КПД не ниже уровня EFF1.

Экономические требования к проектируемой машине в конечном итоге сводятся к тому, чтобы процесс преобразования энергии с применением новой (проектируемой) электрической машины давал большую экономию, чем это было при применении базовой машины.

2.3 Проектирование асинхронного двигателя с улучшенным КПД и коэффициентом мощности

Выбрать наиболее приемлемый вариант при проектировании электрической машины можно, сопоставив несколько других вариантов расчета, поэтому без использования вычислительной техники невозможно сделать быстрый и надежный расчет двигателя. В настоящее время ЭВМ используют для выполнения полного оптимизационного расчета электрической машины. На ПК при проектировании для выполнения электромагнитного расчета используется программа Mathcad.

Для начала был проведен электромагнитный расчет асинхронного двигателя по стандартной методике [4]. Проведенный расчет принимается базовым, и в дальнейшем опираясь на результаты, полученные в базовом

варианте, будет производиться оптимизация проектируемой электрической машины.

Для улучшения энергетических показателей, увеличиваем следующий параметр машины – длину магнитопровода l_δ . На данном этапе изменению будет подвержен лишь этот параметр, т.к. при изменении нескольких параметров электродвигателя, невозможно будет правильно проследить, из-за какого параметра меняются энергетические показатели в ту или иную сторону. Для увеличения длины магнитопровода можно изменять значения электромагнитных нагрузок: линейная нагрузка и магнитная индукция в воздушном зазоре. Но можно увеличить длину магнитопровода и без регулирования этих параметров. Значение длины магнитопровода будет присваиваться, т.к. электромагнитные нагрузки определяют свойства стали сердечника, а вставка дополнительной пластины в пакет магнитопровода никак не влияет на свойства материала стали.

Формула для определения базового значения длины сердечника:

$$l_\delta = \frac{P'}{k_B \cdot D^2 \cdot \Omega \cdot k_{об} \cdot A \cdot B_\delta}, \quad (1)$$

где: P' – расчетная мощность ЭМ;

k_B – коэффициент формы поля;

D – внутренний диаметр статора;

Ω – синхронная угловая скорость двигателя;

$k_{об}$ – обмоточный коэффициент;

A – линейная нагрузка;

B_δ – магнитная индукция в воздушном зазоре.

Полученные данные сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчетов при изменении длины сердечника

Длина сердечника статора l_1								
ПК	%	100	101	103	105	107	109	110
	м	0,14	0,1425	0,145	0,1475	0,15	0,1525	0,155
η , %		88,93	88,97	88,983	88,987	88,99	88,97	88,96
$\cos\varphi$, о.е.		0,881	0,886	0,89	0,893	0,896	0,898	0,9
M_n^* , о.е.		2,332	2,298	2,253	2,212	2,213	2,127	2,102
I_n^* , о.е.		7,661	7,592	7,556	7,516	7,496	7,421	7,378
s, %		2,32	2,35	2,4	2,44	2,48	2,52	2,55
$P_{эл}$, Вт		98,49	90,26	84,36	79,18	74,97	71,44	68,48
$P_{магн}$, Вт		288,02	282,3	276,96	271,69	266,77	262,62	258,25
θ , °С		75,47	73,87	72,4	71,61	70,6	70,2	69,42
$M_{ст}$, кг		32,15	32,67	33,2	33,75	34,28	34,79	35,32
$M_{медь}$, кг		6,372	6,417	6,462	6,508	6,553	6,599	6,646
$M_{ал}$, кг		1,76	1,783	1,806	1,83	1,852	1,875	1,898

Некоторые параметры, которые оставались неизменными:

Число витков: $w_1=102$. Диаметр элементарного проводника обмотки статора: $d_{из}=1,585$ мм. Воздушный зазор: $\delta=0,4$ мм.

На таблице 2.2 можно наблюдать, как с увеличением длины магнитопровода КПД и коэффициент мощности также увеличиваются, но нужно заметить, что в отличие от коэффициента мощности, при дальнейшем увеличении длины магнитопровода больше 0,15 м, КПД начинает уменьшаться.

Для увеличения объема активной части стали можно было регулировать не только длину магнитопровода, но и диаметр пакета сердечника. Однако изменение геометрии поперечного сечения двигателя повлечет за собой

изменение штампов для изготовления, что потребует колоссальных затрат капитала. Все это неоправданно и очень дорого. Хотя и наличие в производстве нескольких длин магнитопровода для одной высоты оси вращения, также принесет некоторые усложнения (сложность оснастки, отступление от оптимальных параметров машин), именно это позволит получить преимущества в других моментах, поэтому изменение длины является более приемлемым способом улучшения энергетических показателей.

Определение потенциальных возможностей изменения материалоемкости конструкции двигателей производится путем расчета увеличения материалоемкости модернизированного асинхронного двигателя от базового в % – ΔM и удельной материалоемкости модернизированного асинхронного двигателя (количество материалов на единицу мощности) – G по каждому виду материалов – стали, меди, алюминия. То есть дается количественная оценка снижения материалоемкости асинхронного двигателя:

$$\Delta M = \left| \frac{M_{\delta} - M_{\text{м}}}{M_{\delta}} \right| 100\%, \quad (2)$$

$$G = \frac{M_{\text{м}}}{P_{2\text{н}}}, \quad (3)$$

где: M_{δ} – масса базового асинхронного двигателя;

$M_{\text{м}}$ – масса модернизированного асинхронного двигателя.

В таблице 2.3 приведены значения изменения массы активных материалов ($\Delta M, \%$), а в таблице 2.4 – удельной материалоемкости асинхронных двигателей (G).

Таблица 2.3 – Изменение массы активных материалов

Длина сердечника, м	$\Delta M_{ст}, \%$	$\Delta M_{медь}, \%$	$\Delta M_{ал}, \%$
0,1425	1,6	0,7	1,3
0,145	3,2	1,4	2,6
0,1475	4,9	2,1	3,9
0,15	6,6	2,8	5,2
0,1525	8,2	3,5	6,5
0,155	9,8	4,3	7,8

Таблица 2.4 – Изменение удельной материалоемкости

Длина сердечника, м	$G_{ст} \cdot 10^{-3}, \text{кг/Вт}$	$G_{медь} \cdot 10^{-3}, \text{кг/Вт}$	$G_{ал} \cdot 10^{-3}, \text{кг/Вт}$
0,1425	29,7	0,583	0,162
0,145	30,2	0,587	0,164
0,1475	30,6	0,591	0,166
0,15	31,2	0,595	0,168
0,1525	31,6	0,599	0,17
0,155	32,1	0,604	0,172

Для наглядного представления данных приведенных в таблице 2.2 были построены зависимости энергетических показателей (КПД и $\cos\varphi$), скольжения (s), материалоемкости (ΔM) и удельной материалоемкости (G) от значений длины магнитопровода при его увеличении (рисунки 2.1 – 2.6).

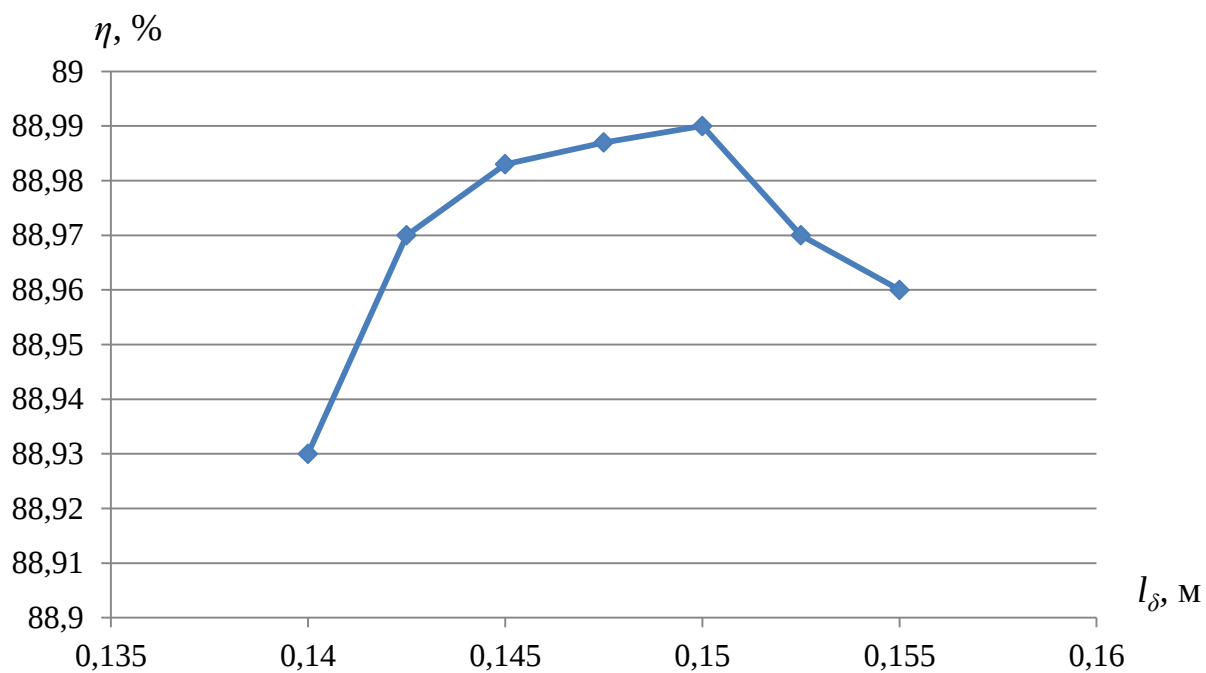


Рисунок 2.1 – Зависимость КПД от длины магнитопровода

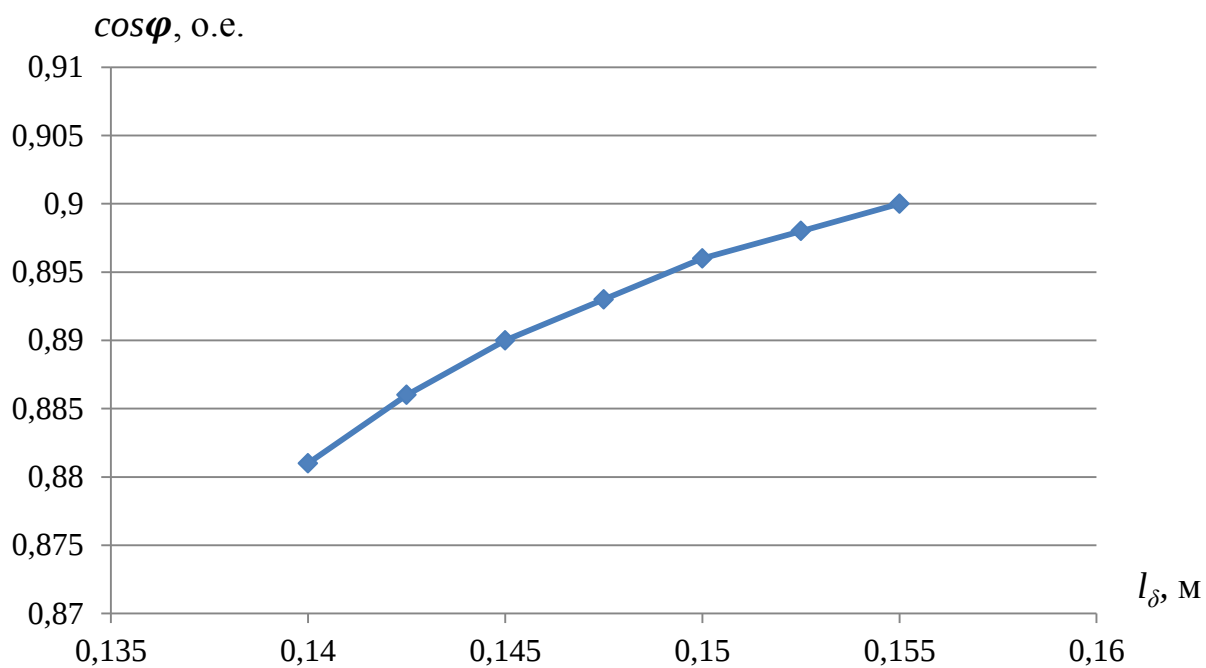


Рисунок 2.2 – Зависимость $\cos\varphi$ от длины магнитопровода

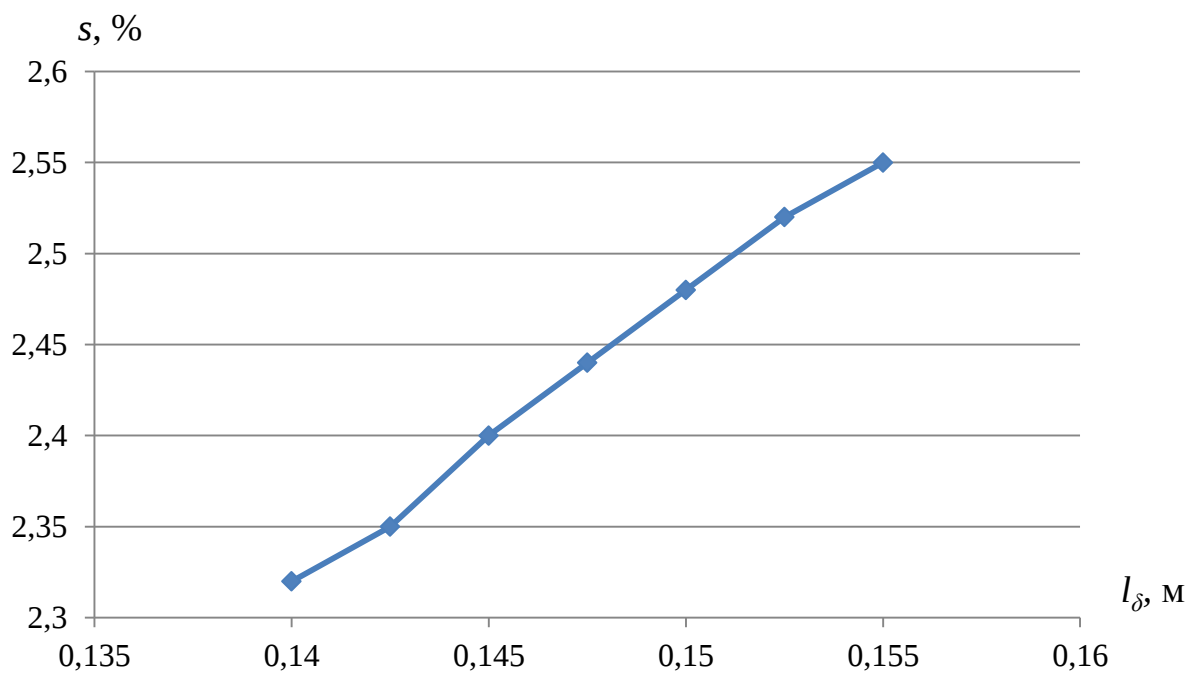


Рисунок 2.3 – Зависимость скольжения (s) от длины магнитопровода

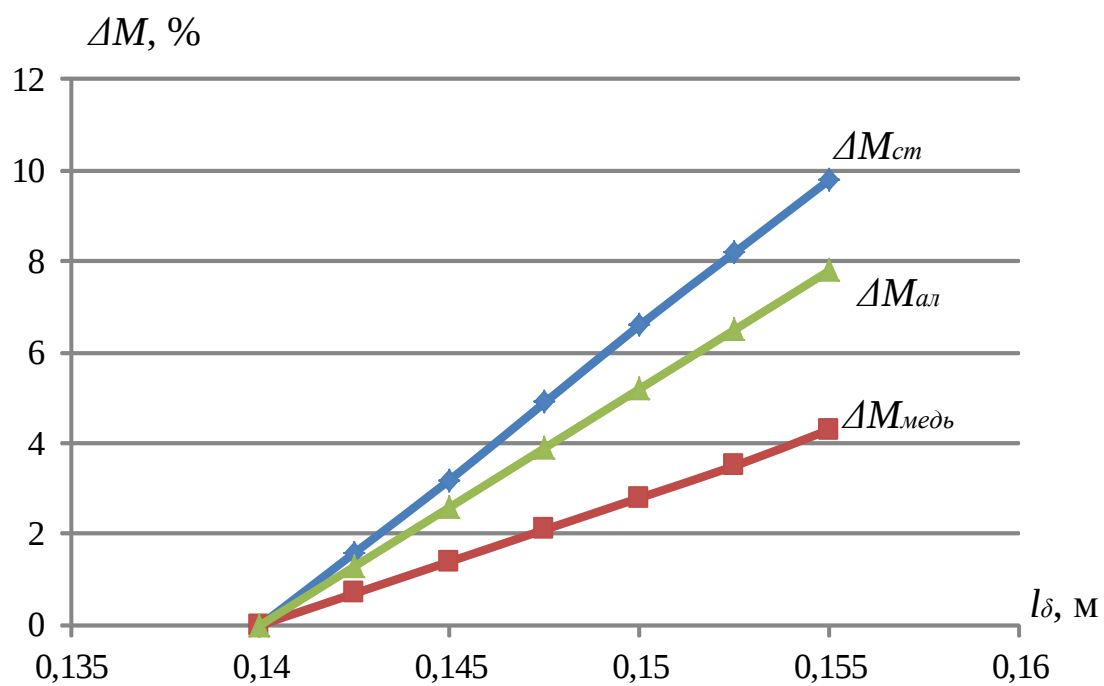


Рисунок 2.4 – Зависимость материалоемкости (ΔM) от длины магнитопровода

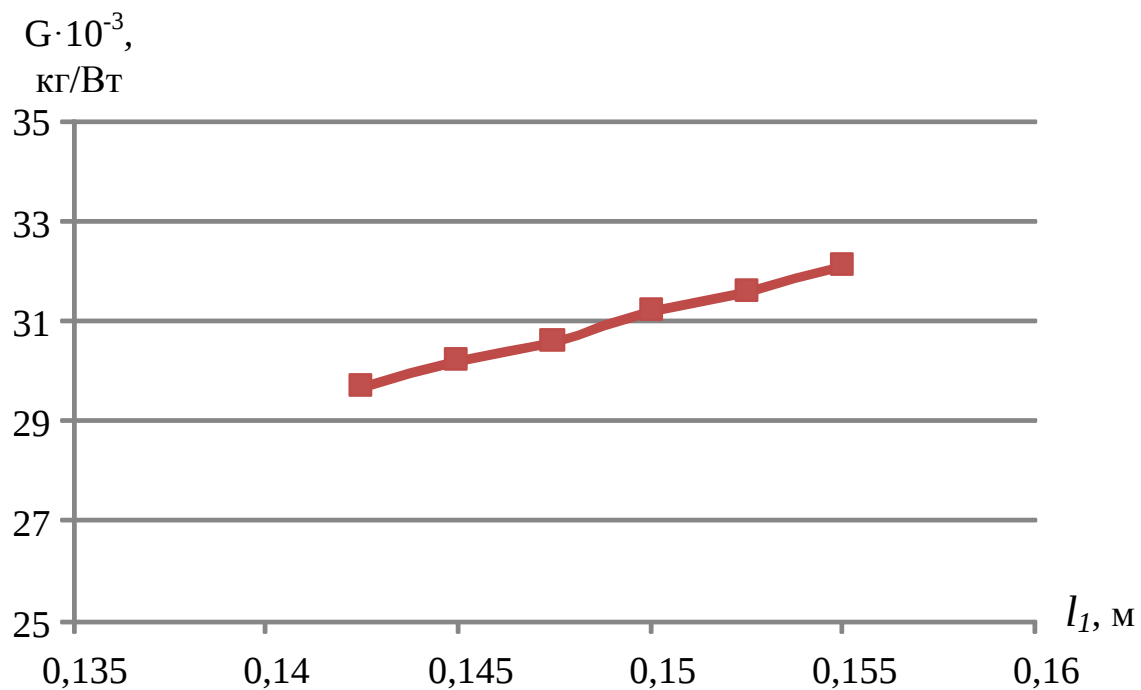


Рисунок 2.5 – Зависимость удельной материалоемкости ($G_{ст}$) стали от длины магнитопровода

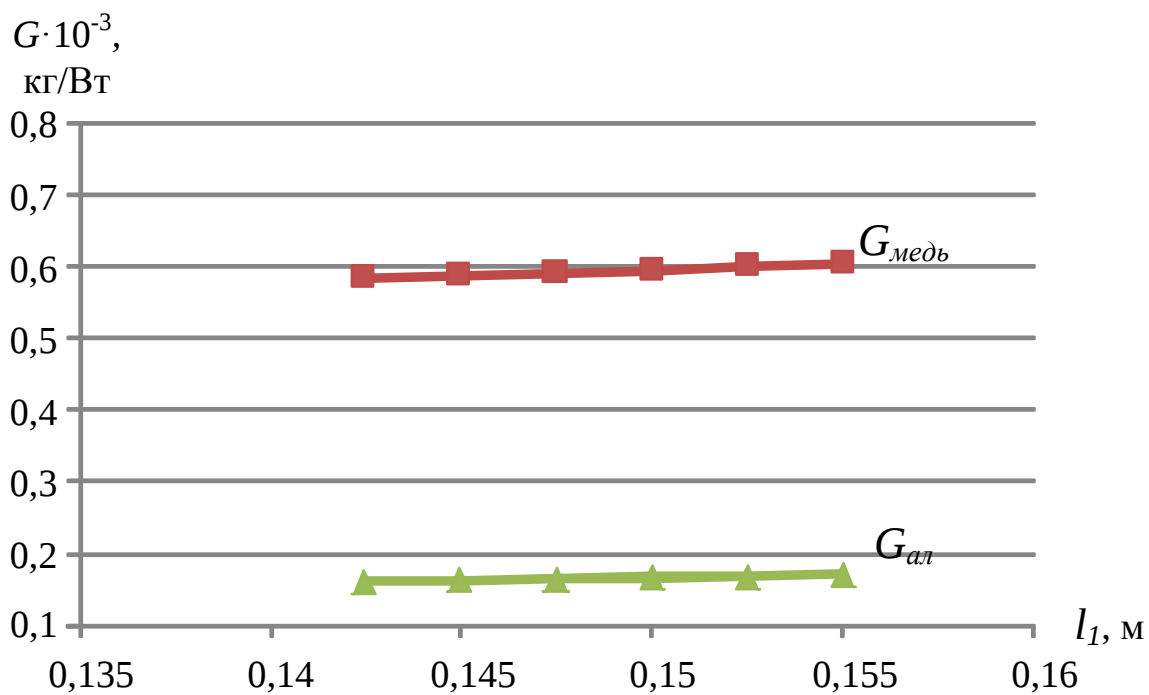


Рисунок 2.6 – Зависимость удельной материалоемкости ($G_{медь}, G_{ал}$) меди и алюминия от длины магнитопровода

Подводя итоги этого этапа моделирования, отметим, что двигатель, спроектированный на базовом этапе, уже отвечал нормам СЕМЕР повышенного уровня КПД - EFF2, что уже является хорошим результатом. При увеличении длины сердечника электродвигателя на 7% от базового значения, удалось увеличить КПД на 0,067 % от базового значения. Электромагнитный расчет улучшенного варианта электродвигателя представлен в приложении А.

Как видно из графиков на рисунке 2.4, материалоемкость при наивысших энергетических показателях увеличилась на 6,6% для стали, на 2,8% для меди и на 5,2% для алюминия. Следовательно, увеличивается и удельная материалоемкость (рисунки 2.5 и 2.6), то есть количество материалов на единицу мощности. Для стали, при наилучших показателях энергоэффективности, удельная материалоемкость увеличилась на $1,5 \cdot 10^{-3}$ кг/Вт от базового, у меди на $0,012 \cdot 10^{-3}$ кг/Вт, у алюминия на $0,006 \cdot 10^{-3}$ кг/Вт. Засчет более высокой энергоэффективности модернизированного двигателя, дополнительные затраты на большее количество используемых активных материалов быстро окупятся.

По полученным результатам исследования, расчет можно будет не только применять для данного двигателя, но и для двигателей других мощностей данной серии.

3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАТОРА

Электрические машины – это электротехнические устройства, производство которых характеризуется большой номенклатурой и весьма значительными различиями в конструкциях машин и аппаратов. Особенностью технологии производства электрических машин, является чрезвычайное разнообразие технологических процессов.

Если технология общего машиностроения изучает, как правило, процессы механической обработки деталей и сборки изделий, то для технологии электромашиностроения и электроаппаратостроения характерно, кроме указанных выше, широкое применение следующих технологических процессов: отливка деталей сложной формы из черных и цветных металлов, все виды сварки от тонких проводов до огромных деталей, штамповка в больших объёмах электротехнических сталей и сборка сердечников магнитопроводов и т.п. Качество выполнения этих технологических процессов во многом определяет работоспособность и надёжность электрических машин и аппаратов.

В данном научно-исследовательском проекте рассматривается технологический процесс изготовления статора трёхфазного асинхронного двигателя мощностью 11 кВт. Разработка технологического процесса изготовления статоров была проведена в соответствии с крупносерийным производством.

3.1 Оценка технологичности конструкции

Статор асинхронного двигателя – сборочная единица, состоящая из небольшого числа составных частей: сборочная единица статор, станина и штифты.

Для сборки статора применены технологичные виды соединений. Неподвижность статора в станине, обеспечивает прессовая посадка с натягом,

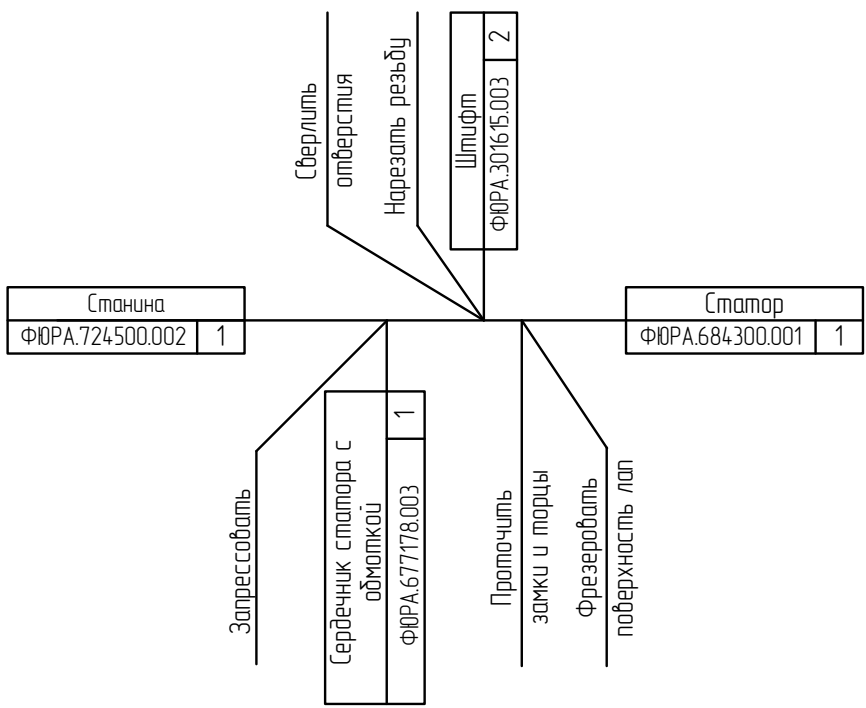
также для фиксации пакета сердечника статора используют штифты, которые вкручиваются через станину в сам сердечник статора.

Конструкция статора обеспечивает свободный доступ рабочих органов оборудования и сборочных инструментов к соответствующим местам соединения деталей.

Станина является базовой деталью, то есть основой для установки остальных составных частей, в частности пакета сердечника статора. Станина не деформируется под действием сборочных усилий, имеет развитые базовые опорные поверхности и позволяет проводить сборку в основном без изменения её положения.

При сборке статора предусмотрена дополнительная механическая обработка, которая заключается в обработке замковых поверхностей и поверхностей лап станины. Всё это снижает технологичность конструкции статора, но позволяет обеспечить равномерность воздушного зазора при сборке всего двигателя.

3.2 Составление схемы сборки и маршрутной технологии



В качестве базовой детали принимаем станину, так как его проще зафиксировать в приспособлении. Статор с обмоткой напрессовать в станину на гидравлическом прессе. Затем просверлить все требуемые отверстия

Рисунок 3.1 - Схема сборки статора

(для коробки выводов, лап, болтов заземления и штиф-тов), два отверстия из которых, пред-назначены для ус-тановки штифтов, которые фикси-руют сердечник статора от прово-рачивания внутри станины. Далее, на сверлильном стан-ке нарезается резь-ба под отверстия для коробки выводов, болтов заземления и лап. После операций на сверлильном станке, выполняется механическая обработка поверхностей замков, торцов станины на токарном станке, также фрезерование поверхностей лап.

Таким образом, составляя схему сборки (рисунок 3.1), определились с последовательностью операций для сборки статора асинхронного двигателя.

На базе схемы сборки разрабатывается маршрутная технология, устанавливающая последовательность и содержание не только сборочных операций, но и операций по механической обработке (Приложение Б).

3.3 Специальные технологические расчеты

Рассчитать усилия напрессовки сердечника статора на станину и выбрать оборудование, и оснастку.

Исходные данные: наружный диаметр сердечника статора по запрессовку $D=\varnothing 229h6\left(^{+0,029}\right)$ мм, внутренний диаметр станины под запрессовку сердечника $\varnothing 229H7\left(^{-0,046}\right)$ мм, осевая длина статора $L=171$ мм.

Сборку подобных соединений (с натягом) осуществляют под действием осевой силы, создаваемой прессом (продольнопрессовое соединение). Критерием выбора способа сборки будет величина мощности, потребляемая оборудованием.

При продольнопрессовом соединении необходимо определить максимальное значение осевой силы P , создаваемой прессом:

$$P = f_3 \pi d L p = 0,22 \cdot 3,14 \cdot 229 \cdot 171 \cdot 5,3 = 143370 \text{ Н} = 143,3 \text{ кН}, \quad (4)$$

где: $f_3 = 0,22$ – коэффициент трения при запрессовке [35, с. 201];

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta_p \cdot 10^{-3}}{\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}} = \frac{1}{229} \cdot \frac{71,16 \cdot 10^{-3}}{\frac{2,17}{20,6 \cdot 10^4} + \frac{9,83}{20,6 \cdot 10^4}} = 5,3 \quad - \quad \text{давление} \quad \text{на}$$

поверхности контакта, МПа

$\delta_p = \delta_{max} - 1,2(R_{a1} + R_{a2}) = 75 - 1,2 \cdot (1,6 + 1,6) = 71,16$, – расчётный натяг в соединении, мкм;

$\delta_{max} = es_\epsilon - EI_o = 29 + 46 = 75$ – максимальный натяг в соединении, мкм;

$es_\epsilon = 29$ – верхнее предельное отклонение сердечника, мкм;

$EI_o = 46$ – нижнее предельное отклонение отверстия станины, мкм;

$R_{a1} = R_{a2} = 1,6$ – шероховатость сопрягаемых поверхностей, мкм [5, табл. 2.67];

$C_1 = 2,17$ – расчётный коэффициент для сердечника [6, с. 200] ;

$C_2 = 9,83$ – расчётный коэффициент для станины [6, с. 200];

$E_1 = E_2 = 20,6 \cdot 10^{10}$ – модуль Юнга для стали, Н/м²;

$\mu_1 = \mu_2 = 0,28$ – коэффициент Пуассона для стали.

Осевая сила, которую должен развивать пресс, равна 143,3 кН. Выбираем гидравлический одностоечный пресс типа П6324 [7, с. 112], с номинальной силой 250 кН. Основные технические характеристики: наибольший ход штока – 500 мм, наибольшее расстояние между запрессовочным столом и штоком – 710 мм, размер запрессовочного стола – 630 х 480 мм, расстояние от оси штока до станины – 250 мм, скорость рабочего хода штока – 20 мм/с, возвратного хода 300 мм/с, мощность привода – 7,5 кВт, габаритные размеры в плане – 1600 х 1845 мм, высота над уровнем пола – 2235 мм, масса пресса – 1,6 т. Учитывая, что наибольший диаметр статора 229 мм, а суммарная длина ротора и вала не более 350 мм, данный пресс можно применять для сборки.

3.4. Выбор оборудования и оснастки

Содержание операции определяет тип, основные размеры и технологическую характеристику сборочного оборудования, технологической оснастки (приспособлений, рабочего и измерительного инструмента) и подъемно-транспортных средств.

При серийном производстве технологическое оборудование и оснастку применяют универсального, переналаживаемого типа.

Тип, основные размеры и грузоподъемность подъемно-транспортных средств определяют по установленной организационной форме сборки, размерной характеристике изделия и его массе.

На основе составленного маршрутного технологического процесса, для каждой операции подбирается оборудование и оснащение и подъемно-транспортные средства, обеспечивающие функционирование процесса сборки и механической обработки.

Пресс гидравлический П6324 был выбран в предыдущей главе.

Радиально-сверлильный станок 2К522 обеспечивает обработку отверстий в мелких, средних и крупногабаритных деталях. Основные технические характеристики: мощность привода главного движения – 1,5 кВт; максимальная частота вращения шпинделя – 2000 мин⁻¹, габаритные размеры станка – 1480х940х1990 мм; масса станка – 950 кг;

Для сверлильной операции нужна следующая оснастка: кондукторы ТП-6700, 6561, 6716, 6730 – для определения места сверления; сверла 2301-3568, 2301-3551, 2301-3587; щетка-счетка L-420; штифты DIN 6325; молоток 7850-0118 Ц 15.хр.

Для резьбонарезной операции используется тот же, радиально-сверлильный станок 2К522. Требуется набор следующей оснастки: метчики М8х1,25 2621-1221.2, М5х0,8 2621-1341.1, М12х1,75 2664-1684; пробки М8

8221-0036 ПР 6Н, 8221-1036 НЕ 6Н; пробки М5 8121-1021 ПР 6Н, 8121-1042 НЕ 6Н; пробки М12 8789-1041 ПР 6Н, 8789-1061 НЕ 6Н [8].

Токарно-винторезный станок 1М63 предназначен для обработки цилиндрических, конических и сложных поверхностей – как внутренних, так и наружных. Основные технические характеристики: наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной – 700 мм; наибольшая длина детали, устанавливаемой в выемке станины – 900 мм; пределы частот вращения шпинделя – 10-1250 об/мин; мощность электродвигателя главного привода – 15 кВт; габаритные размеры станка - 2950x1780x1550 мм; масса станка – 4200 кг.

Для токарной операции понадобится следующая оснастка: оправка ТО-1341 – для фиксации статора; захват ТВ-10090, индикатор ИЧ-10 кл.1, штатив ШМ-11Н-8 – для измерения биений оправки перед началом операции; резцедержатель ТД-1223; резцы 2112-0054 ВКВ, 2103-0007 ВКВ; скоба ТИ-9881-04 [9].

Станок горизонтально-фрезерный 6М83 предназначен для обрабатывания вертикальных и горизонтальных плоскостей, пазов, углов, рамок, зубчатых колес и т.д. Основные технические характеристики: размеры рабочей поверхности стола – 1600x400 мм; класс точности – Н; пределы частот вращения шпинделя – 40-2000 мин⁻¹; мощность электродвигателя привода шпинделя – 11 кВт; мощность электродвигателя привода стола – 3 кВт; габаритные размеры станка – 2750x2450x1770 мм; масса станка – 3950 кг.

Для выполнения фрезерной операции понадобится следующая технологическая оснастка: оправка ТО-1341; фреза 2214-0313 ВК6; захват ТВ-7208; приспособление ТП-6620; щуп набор №2 ТУ2-034-225-87; плита поверочная 2-2-350x250, шаблон ТИ-10153-02.

Для операции контроля указанных размеров, биений, шероховатости необходимо следующее оборудование: индикатор ИЧ-10 кл.1; штатив ШМ-

11Н-8; шаблон ТИ-10569-02; шаблон ТИ-10234-01; шаблон ТИ-10100-01; образцы шероховатости по стали ГОСТ 9378-93 [10].

Контроль в свою очередь, выполняется на **сборочном верстаке ВЛЗ-31**. Допустимая распределенная нагрузка на поверхность столешницы – 200 кг.

Кран гидравлический складной Т62101 предназначен для механизации работ подъемно-транспортного типа по перемещению и подъему грузов в пределах обслуживаемой зоны. Данный консольно-поворотный кран может поворачиваться в диапазоне от 0 до 360 градусов. Этот кран нашел широкое применение и успешно используется для грузоподъемных работ в цехах, на складах и строительных площадках при температуре окружающего воздуха от –20 до +40°С. Скорость подъема груза и перемещения талей соответствуют скоростям применённых талей.

Техническая характеристика: грузоподъемность – 1 т, высота подъема груза – 2250 мм, длина стрелы 1000-1520 мм, скорость подъема груза 2 м/мин, поворот крана – вручную, привод изменения вылета стрелы – ручной, общая масса крана – 78 кг, габариты крана – 1490х1000х180.



Рисунок 3.2 – Общий вид крана поворотного передвижного

Отличительной особенностью этого крана является ручная подъёмная лебёдка, так как её наличие значительно удешевляет стоимость данного оборудования, по сравнению с аналогичными кранами с электролебёдкой.

В течение всего технологического процесса работники используют оснастку для обеспечения безопасности выполнения операций: костюм х/б Ми

ГОСТ 27575-87, ботинки кожаные Мун ГОСТ 12.4.032-77, перчатки х/б Ми ТУ 17 РСФСР 06-7745-84, берет, очки-защит.открытые откидные ОО2-76-У ГОСТ Р 12.4.013-97, рукавицы х/б с накл. из парус Ми ГОСТ 12.4.010-75.

3.5 Нормирование работ

Техническое нормирование в широком смысле этого понятия представляет собой установление технически обоснованных норм производственных ресурсов (энергии, сырья, материалов, инструмента, рабочего времени и т.д.). Одной из важных задач при проектировании технологического процесса является задача технического нормирования рабочего времени, т.е. нормирование труда.

Технически обоснованной нормой времени называют регламентированное время выполнения технологической операции в определенных организационно-технических условиях, наиболее благоприятных для данного производства.

Рассчитывается норма штучного времени. Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования.

Норма штучного времени $T_{шт}$ рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{отд}, \quad (5)$$

где: T_o – норма основного (машинного) времени. При сборке основное время учитывает изменение состояния продукта производства в процессе сборки.

T_v – норма вспомогательного времени. Вспомогательное время учитывает действия, которые сопровождают и обеспечивают выполнение основной работы.

$T_{оп} = T_o + T_v$ – оперативное время (сумма основного и вспомогательного);

$T_{\text{обсл}}$ – время обслуживания рабочего места – время, затрачиваемое рабочим на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ним и рабочим местом.

$T_{\text{отд}}$ – время на личные надобности – это часть штучного времени, затрачиваемая на личные потребности и при тяжелых условиях труда на дополнительный отдых, определяемое в процентах к оперативному времени (в среднем 2,5%).

В условиях серийного производства, когда изделия изготавливаются партиями, рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени $T_{\text{шт-к}}$, равная

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (6)$$

где: $T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время – это время на подготовку рабочих и средств производства к выполнению технологической операции и приведение их в первоначальное состояние после ее окончания. Подготовительно-заключительное время затрачивается один раз на всю партию обрабатываемых изделий и не зависит от числа изделий в партии;

n – количество изделий в партии.

Необходимо каждую операцию разбить по технологическим переходам и все расчёты занести в таблицу.

1. Определяется норма времени на запрессовку сердечника с катушками в станину на гидравлическом прессе П6324.

Таблица 3.1 – Норма времени на прессовочную операцию

№ перехо- да	Содержание работы	Факторы, влияющие на время сборки	№ карты и поз.	Время в мин.
1	Застропить станину поз.1.	Масса станины без сердечника 20 кг (до 20 кг).	Карта 76, поз.8	0,07
2	Установить станину на стол прессы и расстропить.	Диаметр оправки 229 мм, масса оправки 15 кг (до 20 кг), посадка Н11/н11 (скольжения)	Карта 76, поз.8	0,12
3	Установить на станину кольцо.	-	Карта 38, поз.5	0,063
4	Застропить сердечник статора с обмоткой поз.2.	Масса сердечника статора с обмоткой 38 кг.	Карта 76, поз.8	0,07
5	Установить сердечник с обмоткой поз.2. на отверстие станины поз.1. выводными концами вверх.	Установочный диаметр сердечника 229 мм.	Карта 38, поз.5	0,063
6	Включить пресс, запрессовать сердечник с обмоткой в станину до упора кольца, выключить пресс.	Масса сердечника статора 38 кг, длина запрессовки 172,9 мм, посадка Н7/н6 (с натягом)	Карта 76, поз.8	0,8
7	Снять кольцо.	-	Карта 57, поз.9	0,02

Продолжение таблицы 3.1.

8	Вывести выводные концы через прокладку поз.3.	-		0,03
9	Снять со стола гидропресса статор в сборке.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 38, поз.5	0,063
Итого				1,3

Штучное время получилось равным 1,3 минуты (таблица 3.1), в справочниках [12, 13, 14] для каждого перехода приведены значения штучного времени, т.е. в этих значениях учтено не только операционное время, но и время на обслуживание рабочего места и время на личные потребности и отдых.

2. Норма времени на радиально-сверлильную операцию.

Таблица 3.2 – Норма времени на радиально-сверлильную операцию

№ перехода	Содержание работы	Факторы, влияющие на время сборки	№ карты и поз.	Время в мин.
1	Установить статор в сборке на стол радиально-сверлильного станка 2К522.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 38, поз.5	0,063
2	Сверлить отверстие 1, используя кондуктор, переход повторить 4 раза.	Диаметр отверстия М8-6Н, количество отверстий – 4, глубина сверления 15+0,4 мм.	Карта 46	1,6
3	Сверлить отверстие 2, используя кондуктор, переход повторить 2 раза	Диаметр отверстия М5-6Н, количество отверстий – 2, глубина сверления 10+0,4 мм.	Карта 46	0,56

Продолжение таблицы 3.2.

4	Повернуть статор на 90°.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 15, поз.13.	0,06
5	Сверлить отверстие 3, используя кондуктор, переход повторить 2 раза.	Диаметр отверстия М5-6Н, количество отверстий – 2, глубина сверления 11+0,3 мм.	Карта 46	0,6
6	Повернуть статор на 90°.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 15, поз.13.	0,06
7	Сверлить отверстие 4, насквозь, используя кондуктор, переход повторить 4 раза.	Диаметр отверстия М8-6Н, количество отверстий – 4, сквозное сверление на толщину 13,45 мм.	Карта 46	2,4
8	Сверлить отверстие 5, переход повторить 2 раза.	Диаметр отверстия Ø5Н6, количество отверстий – 2, глубина сверления 19+1 мм.	Карта 46	0,6
9	Забить с помощью молотка штифты в отв.5.	Количество забиваемых штифтов – 2.	Карта 78, поз. 2	0,31
Итого				6,3

Штучное время на радиально-сверлильную операцию получилось равным 6,3 минуты (таблица 3.2), нормированное время было взято в справочнике по нормам времени [14].

3. Норма времени на резьбонарезную операцию.

Таблица 3.3 – Норма времени на резьбонарезную операцию

№ перехо- да	Содержание работы	Факторы, влияющие на время сборки	№ карты и поз.	Время в мин.
1	Нарезать резьбу в отверстии 4, переход повторить 4 раза.	Диаметр отверстия М8-6Н, количество отверстий – 4.	Карта 84	1,28
2	Повернуть статор на 90°.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 15, поз.13.	0,06
3	Нарезать резьбу в отверстии 3, переход повторить 2 раза.	Диаметр отверстия М5-6Н, количество отверстий – 2.	Карта 84	0,12
4	Повернуть статор на 90°.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 15, поз.13.	0,06
5	Нарезать резьбу в отверстии 2, переход повторить 2 раза.	Диаметр отверстия М5-6Н, количество отверстий – 2.	Карта 84	0,12
6	Нарезать резьбу в отверстии 1, переход повторить 4 раза.	Диаметр отверстия М8-6Н, количество отверстий – 4.	Карта 84	0,44
7	Снять со стола станка статор в сборке.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 38, поз.5	0,063
Итого				2,143

Штучное время на резьбонарезную операцию получилось равным 2,143 минуты (таблица 3.3), нормированное время было взято в справочнике по нормам времени [12].

4. Норма времени на токарную операцию.

Рассчитывается штучно-калькуляционное время для точения при обработке на токарном станке поверхности Б (также и В) (Приложение Г).

При механической обработке основное (машинное время) T_o определяется расчётом после установления режимов резания по формуле:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_M} . \quad (7)$$

Определяем составляющие к формуле 7.

$L_o = 740$ мм – из чертежа.

$l_1 = 3$ мм для глубины резания 3,08 мм и резца с углом в плане 90 из [18, табл. 2, с. 621].

$l_2 = 0$, так как обработка выполняется отогнутым резцом в упор. Следовательно, $L_p = 740 + 3 + 0 = 743$ мм.

Минутная подача инструмента $S_M = s \cdot n_p = 0,624 \cdot 1000 = 624$ м/мин.

Число проходов $i = 1$.

Основное время точения равно:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_M} = \frac{743 \cdot 1}{624} = 1,19 \text{ мин.}$$

Определим вспомогательное время. Для этого определим составляющие.

$T_{yc} = 0,55$ мин [5, табл. 5.5, с. 197] (деталь массой менее 30 кг, крепление на гладкой оправке с креплением гайкой с быстросъемной шайбой).

$T_{30} = 0,024$ мин [5, табл. 5.7, с. 201] (масса детали свыше 20 кг, крепление рукояткой пневматического зажима).

$T_{уп} = 0,01$ мин [5, табл. 5.8, с. 202] (включить и выключить станок кнопкой).

$T_{из} = 0,13$ мин [5, табл. 5.12, с. 207] (измерение скобой односторонней предельной, при точности 8 квалитет и длине поверхности менее 250 мм).

Эти данные получены для массового производства. Для серийного производства учтём коэффициент 1,85. Тогда вспомогательное время будет равно:

$$T_{в} = 1,85(T_{ус} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из}) = 1,85(0,55 + 0,024 + 0,01 + 0,13) = 1,321 \text{ мин.}$$

$$\text{Оперативное время } T_{оп} = T_o + T_{в} = 1,19 + 1,321 = 2,511 \text{ мин.}$$

Процент времени на обслуживание и отдых оперативного $П_{об.от} = 7\%$ для токарного станка при высоте центров до 300 мм [5, табл. 6.1, с. 214].

Время на обслуживание оборудования и отдых:

$$T_{об.от} = T_{оп} \cdot П_{об.от} / 100 = 2,511 \cdot 7 / 100 = 0,176 \text{ мин.}$$

Время подготовительно-заключительное $T_{пз} = 14$ мин для токарного станка с высотой центров до 300 мм при закреплении заготовки в самоцентрирующем пневматическом патроне [5, табл. 6.3, с. 215].

При серийном производстве изделия, как правило, выпускаются месячными партиями. При заданной годовой программе:

$$N = 10000 \text{ шт., количество изделий в партии } n = 834.$$

По формуле 6 с учётом формулы 5 определим штучно-калькуляционное время:

$$\begin{aligned} T_{шт-к} &= T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = T_{оп} + T_{об.от} + \frac{T_{пз}}{n} = \\ &= 2,511 + 0,176 + \frac{14}{834} = 2,704 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Штучно-калькуляционное время на токарную обработку радиальной поверхности Б получилось равным 2,704 минуты (таблица 3.2), так как поверхность Б и В одинаковые, и все операции для поверхности В выполняются такие же, штучно-калькуляционное время для поверхности В будет равным 2,704 мин. Что касается торцевых поверхностей Г и Д, штучно-калькуляционное время для них будет равным 2,9 мин.

В сумме для токарной операции штучно-калькуляционное время будет равно:

$$T_{шт-к} = T_{штБ} + T_{штВ} + T_{штГ} + T_{штД} = 2,704 + 2,704 + 2,9 + 2,9 = 13,1 \text{ мин.}$$

5. Норма времени на фрезерную операцию.

Таблица 3.4 – Норма времени на фрезерную операцию

№ перехо- да	Содержание работы	Факторы, влияющие на время сборки	№ карты и поз.	Время в мин.
1	Установить статор в сборке на стол фрезерного станка.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 10-ФР- УСТ	1,8
2	Фрезерование опорной плоскости лап, поверхность Е.	Длина обработки 233 мм (до 300 мм).	Карта 13-ФР	6
3	Снять статор в сборке со стола.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 10-ФР- УСТ	1,8
Итого				9,6

Штучное время на фрезерную операцию получилось равным 9,6 минуты (таблица 3.4), нормированное время было взято в справочнике по нормам времени [14].

6. Норма времени на контрольную операцию.

Таблица 3.5 – Норма времени на контрольную операцию

№ перехо- да	Содержание работы	Факторы, влияющие на время сборки	№ карты и поз.	Время в мин.
1	Установить статор на верстак.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 38, поз.5	0,063
2	Проверить торцевое биение поверхностей Г, Д относительно поверхности А, не более 0,05 мм.	Длина проверяемой поверхности 741 мм.	Карта 25, поз.28	0,32
3	Проверить радиальное биение поверхностей Б, В относительно поверхности А, не более 0,04 мм.	Длина проверяемой поверхности 763 мм.	Карта 25, поз.28	0,3
4	Снять статор с оправки.	Масса статора в сборке 58 кг.	Карта 38, поз.5	0,063
5	Контроль расстояний между отверстиями 1, 80-0,5 мм.	-	Карта 25, поз. 5	0,09
6	Контроль расстояний между отверстиями 4 на лапах, 178±1 мм, 216±0,7 мм.	-	Карта 25, поз. 5	0,17
7	Контроль высоты оси вращения, 132-0,35 мм.	-	Карта 25, поз. 6	0,11
8	Контроль шероховатости поверхностей Б, В, Г, Д, Е.	-	Карта 25, поз.9	0,8
Итого				1,916

Штучное время на радиально-сверлильную операцию получилось равным 1,916 минуты (таблица 3.5), нормированное время было взято в справочнике по нормам времени [12].

3.6 Расчет количества требуемого оборудования

Количество оборудования, необходимое для организации производства, и его загрузка являются исходными данными для проектирования участка цеха. Для определения количества оборудования необходимо знать объем выпуска изделий, суммарные нормы времени по каждому виду оборудования и эффективный годовой фонд производственного времени оборудования. Объем выпуска изделий в задании на курсовую работу, нормы времени рассчитываются в предыдущем разделе, а эффективный годовой фонд времени работы одного вида оборудования при 40-часовой рабочей неделе с двумя выходными можно рассчитать по формуле:

$$F_d = [(365 - B_d - P_d) \cdot 8 - P_{nd}] \cdot z \cdot K_p, \quad (8)$$

где: B_d – количество выходных дней в году;

P_d – количество праздничных дней в году;

P_{nd} – количество предпраздничных дней в году;

z – число смен работы оборудования;

K_p – коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте.

B_d , P_d , P_{nd} – определяются в соответствии с календарем года. Число смен работы оборудования z , с точки зрения повышения эффективности использования оборудования, целесообразно принимать равным двум.

Коэффициент, учитывающий время пребывания станка в ремонте, можно принять:

- для крупных станков (массой до 30 т) $K_p = 0,9–0,94$;
- для средних (массой до 10 т) $K_p = 0,95–0,97$;
- для мелких (массой до 1 т) $K_p = 0,96–0,98$;
- для автоматических линий $K_p = 0,88–0,9$.

Расчетное число станков равно:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_{\partial}}, \quad (9)$$

где: $T_{шт-к}$ – сумма штучно-калькуляционного времени по всем операциям для одного станка;

N – годовая программа выпуска изделий.

Определить принятое число станков C_n , округлив расчетное число станков в большую сторону, и рассчитать коэффициент загрузки оборудования по формуле:

$$K_z = \frac{C_p}{C_n} \cdot 100 \%. \quad (10)$$

1. Определить количество гидравлических прессов типа П6324 для запрессовки сердечника статора в станину при годовой программе выпуска 10000 штук.

Определяем составляющие к формуле 5 на 2016 год, число дней в котором 365.

$B_{\partial} = 105$ – количество выходных дней;

$П_{\partial} = 14$ – количество праздничных дней;

$П_{нд} = 6$ – количество предпраздничных дней;

$z = 1$ – число смен работы оборудования;

$K_p = 0,97$, т.к. масса пресса равна 1,6 т.

Эффективный годовой фонд времени работы пресса П6324 при запрессовке сердечника статора в станину равен:

$$F_d = [(365 - B_d - \Pi_d) \cdot 8 - \Pi_{нд}] \cdot z \cdot K_p =$$

$$= [(365 - 105 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 0,97 = 1903,1 \text{ часов.}$$

Расчетное число прессов для запрессовки равно:

$$C_p = \frac{T_{\text{ит-к}} \cdot N}{60F_d} = \frac{1,3 \cdot 10000}{60 \cdot 1903,1} = 0,114.$$

Принимаем число прессов равным $C_n=1$ и определяем коэффициент загрузки пресса $K_z = C_p / C_n \cdot 100 = 0,114 / 1 \cdot 100 = 11,4 \%$.

2. Определить количество радиально-сверлильных станков 2К522 для сверления и резьбонарезания необходимых отверстий при годовой программе выпуска 10000 штук.

Определяем только коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, так как в пункте 8.1. остальное было определено.

$K_p = 0,98$, т.к. масса станка равна 0,95 т.

Эффективный годовой фонд времени работы:

$$F_d = [(365 - B_d - \Pi_d) \cdot 8 - \Pi_{нд}] \cdot z \cdot K_p =$$

$$= [(365 - 105 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 0,98 = 1922,8 \text{ часов.}$$

Расчетное число станков равно:

$$C_p = \frac{(T_{\text{итсвер}} + T_{\text{итрез}}) \cdot N}{60F_d} = \frac{(6,3 + 2,143) \cdot 10000}{60 \cdot 1922,8} = 0,732.$$

Примечание: для сверлильной и резьбонарезной операции используется один и тот же станок, поэтому штучное время берем в сумме.

Принимаем число станков равным $C_n=1$ и определяем коэффициент загрузки сверлильного станка $K_z = C_p / C_n \cdot 100 = 0,732 / 1 \cdot 100 = 73,2 \%$.

3. Определить количество токарно-винторезных станков 1М63 для точения поверхностей при годовой программе выпуска 10000 штук.

Определяем только коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, так как в пункте 8.1. остальное было определено.

$K_p = 0,97$, т.к. масса станка равна 4,2 т.

Эффективный годовой фонд времени работы:

$$F_d = [(365 - B_d - \Pi_d) \cdot 8 - \Pi_{nd}] \cdot z \cdot K_p = \\ = [(365 - 105 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 0,97 = 1903,1 \text{ часов.}$$

Расчетное число станков равно:

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60F_d} = \frac{13,1 \cdot 10000}{60 \cdot 1903,1} = 1,14.$$

Принимаем число станков равным $C_n=2$ и определяем коэффициент загрузки сверлильного станка $K_z = C_p / C_n \cdot 100 = 1,14 / 2 \cdot 100 = 57 \%$.

4. Определить количество горизонтально-фрезерных станков 6М83 для фрезерования поверхностей лап при годовой программе выпуска 10000 штук.

Определяем только коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, так как в пункте 8.1. остальное было определено.

$K_p = 0,97$, т.к. масса прессы равна 3,95 т.

Эффективный годовой фонд времени работы:

$$F_d = [(365 - B_d - \Pi_d) \cdot 8 - \Pi_{nd}] \cdot z \cdot K_p = \\ = [(365 - 105 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 0,97 = 1903,1 \text{ часов.}$$

Расчетное число станков равно:

$$C_p = \frac{T_{ум} \cdot N}{60F_{д}} = \frac{9,6 \cdot 10000}{60 \cdot 1903,1} = 0,84.$$

Принимаем число станков равным $C_n=1$ и определяем коэффициент загрузки сверлильного станка $K_z = C_p / C_n \cdot 100 = 0,84 / 1 \cdot 100 = 84 \%$.

5. Определить количество сборочных верстаков ВЛЗ-31 для проведения на них контрольных операций при годовой программе выпуска 10000 штук.

Определяем только коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, так как в пункте 8.1. остальное было определено.

$K_p = 0,99$, т.к. масса верстака равна 0,10 т.

Эффективный годовой фонд времени работы:

$$\begin{aligned} F_{д} &= [(365 - B_{д} - \Pi_{д}) \cdot 8 - \Pi_{нд}] \cdot z \cdot K_p = \\ &= [(365 - 105 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 0,99 = 1942,4 \text{ часов.} \end{aligned}$$

Расчетное число станков равно:

$$C_p = \frac{T_{ум} \cdot N}{60F_{д}} = \frac{1,916 \cdot 10000}{60 \cdot 1942,4} = 0,164.$$

Принимаем число станков равным $C_n=1$ и определяем коэффициент загрузки сверлильного станка $K_z = C_p / C_n \cdot 100 = 0,164 / 1 \cdot 100 = 16,4 \%$.

6. Определить количество кранов гидравлических складных Т62101 для перемещения деталей, сборочных единиц при годовой программе выпуска 10000 штук.

Определяем только коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, так как в пункте 8.1. остальное было определено.

$K_p = 0,98$, т.к. масса крана равна 78 кг.

Эффективный годовой фонд времени работы:

$$F_d = [(365 - B_d - \Pi_d) \cdot 8 - \Pi_{nd}] \cdot z \cdot K_p =$$

$$= [(365 - 105 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 0,98 = 1922,8 \text{ часов.}$$

Расчетное число станков равно:

$$C_p = \frac{T_{um} \cdot N}{60 F_d} = \frac{4,88 \cdot 10000}{60 \cdot 1922,8} = 0,423.$$

Принимаем число станков равным $C_n=1$ и определяем коэффициент загрузки сверлильного станка $K_z = C_p / C_n \cdot 100 = 0,423 / 1 \cdot 100 = 42,3 \%$.

7. По результатам расчета количества всех видов оборудования строится график его загрузки (рисунок 3.3).

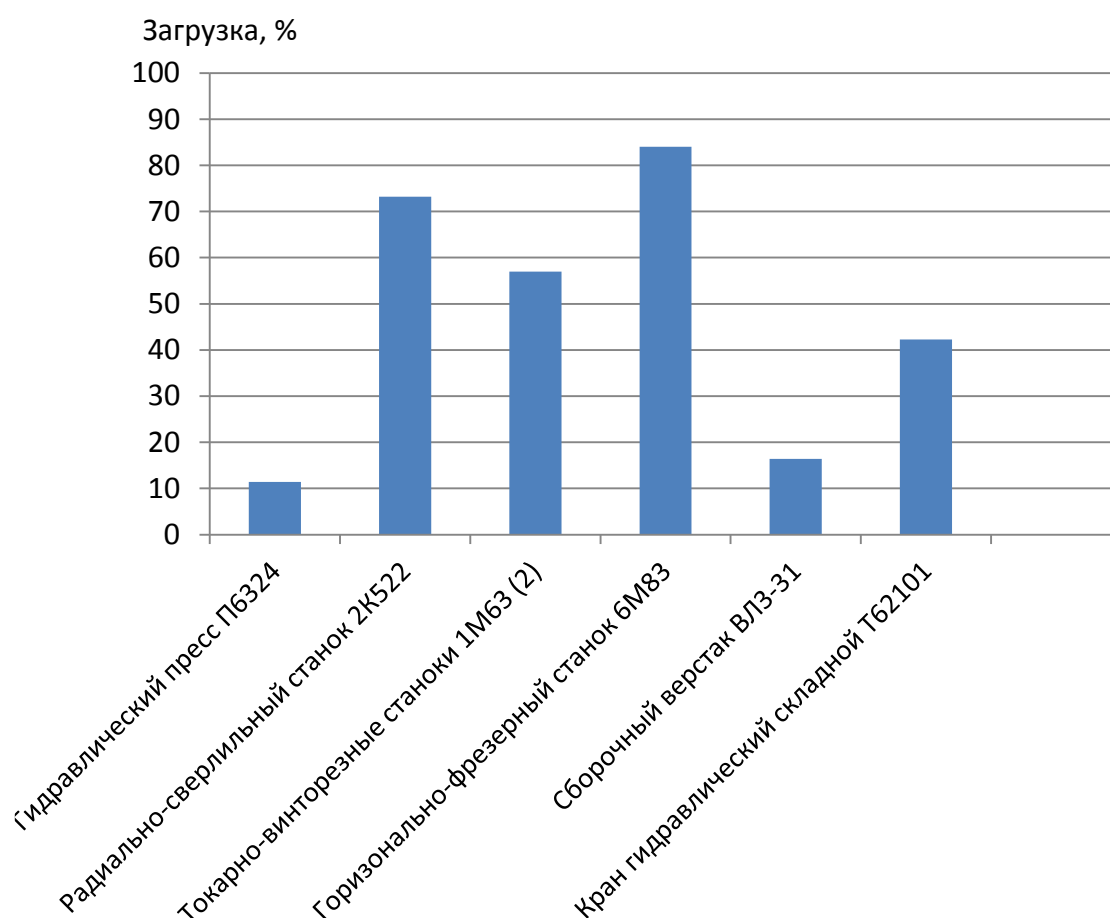


Рисунок 3.3 – График загруженности всех оборудования

Разработка технологического процесса изготовления машины не должна сводиться к формальному установлению последовательности обработки поверхностей деталей, выбору оборудования и режимов. Она требует творческого подхода для обеспечения согласованности всех этапов построения машины и достижения требуемого качества с наименьшими затратами.

В данной главе разработана последовательность технологических операций, которая может быть использована на любом заводе или предприятии по изготовлению статора, потому она содержит все основные положения по его производству из типовой технологической последовательности.

Была проведена оценка технологичности конструкции двигателя и статора, составлена схема сборки и маршрутная карта сборки и механической обработки статора. В маршрутную карту была внесена важная информация по технологическим процессам для работников цеха, на максимально понятном языке.

Используемое оборудование, приспособления и инструменты по возможности были выбраны наиболее современные, надежные в использовании и высокоточные.

Было проведено техническое нормирование, то есть установление технически обоснованных норм производственных ресурсов (энергии, сырья, материалов, инструмента, рабочего времени и т.д.). Одной из важных задач при проектировании технологического процесса является задача технического нормирования рабочего времени, т.е. нормирование труда.

Определено количество оборудования, необходимое для организации производства, и его загрузка. Все виды оборудования, по результатам расчетов, взяты по одной единице, кроме токарно-винторезного станка, который взят в количестве 2 шт. В графике загрузки оборудования (рисунок 3.3), наименьшую загрузку имеет гидравлический пресс (11,4 %), что является очень низким показателем, можно было выбрать пресс менее мощный, чем П6324. Загрузка остального оборудования лежит в пределах нормы.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции эффективности и сбережения ресурсов

Понятие коммерческого потенциала простыми словами можно описать как «способность приносить какую-либо прибыль». В рамках данной проектной работы, коммерческий потенциал определяется не только прибыльностью от продаж, но также и экономией электрической энергии, что дает экономию денежных средств. Приносимая польза охватывает экономику всей страны в целом.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы провести анализ потенциальных потребителей, необходимо проанализировать целевой рынок и произвести сегментирование данного рынка [19].

Сегментирование лучше всего провести по критерию мощности электродвигателей, так как для различных областей применения двигателей, используются двигатели малой, средней и большой мощности. Так от 0,5 – 20 кВт – электродвигатели малой мощности, 20 – 250 кВт электродвигатели средней мощности и более 250 кВт — электродвигатели большой мощности. Эти границы между группами в определенной степени условны.

Также определяем сегменты рынка:

- в сфере промышленности;
- в сельском хозяйстве;
- в бытовой электротехнике.

Сегментирование представлено на рисунке 4.1.

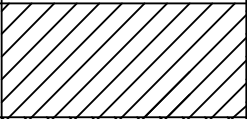
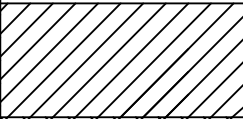
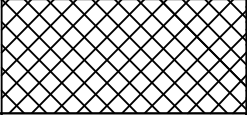
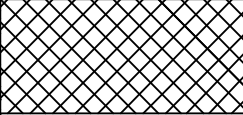
		Асинхронные электродвигатели		
		Малой мощности	Средней мощности	Большой мощности
Область применения	Промышленность			
	Сельское хозяйство			
	Бытовая электротехника			
		Фирма А 	Фирма Б 	Фирма В 

Рисунок 4.1 – Карта сегментирования

Фирма А – предприятие по производству промышленных двигателей.

Фирма Б – предприятие по производству двигателей для сельского хозяйства.

Фирма В – предприятие по производству двигателей применяемых в бытовой электротехнике.

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются области применения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором;
- Спроектированный двигатель должен быть ориентирован на сегменты связанные с машинами средней и большой мощностью, в сфере промышленности и сельского хозяйства;
- Наиболее привлекательным сегментом для данной проектной работы является разработка электродвигателей со средней мощностью в сфере промышленности.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ технических решений конкурентов с позиции эффективности и сбережения ресурсов позволяет проделать сравнительную оценку эффективности данной научной разработки и выявить пути ее дальнейшего повышения.

Данный сравнительный анализ стоит проводить с помощью оценочной карты (табл. 4.1.1). Для этого отбираем два конкурентных разработок для повышения энергоэффективности асинхронного двигателя .

Таблица 4.1.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

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							
Повышение производительности труда пользователя	0.05	1	1	1	0.05	0.05	0.05
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.1	5	4	4	0.5	0.4	0.4
Уровень шума	0.075	4	3	3	0.3	0.225	0.225
Надежность	0.05	4	3	3	0.2	0.15	0.15
Безопасность	0.1	5	3	3	0.5	0.3	0.3
Энергоэкономичность	0.125	4	1	1	0.5	0.125	0.125
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0.1	5	4	4	0.5	0.4	0.4
Уровень проникновения на рынок	0.05	5	5	5	0.25	0.25	0.25
Цена	0.075	5	3	3	$\frac{0.37}{5}$	0.225	0.225
Предполагаемый срок эксплуатации	0.1	3	3	3	0.3	0.3	0.3
Послепродажное обслуживание	0.075	4	4	4	0.3	0.3	0.3
Финансирование научной разработки	0.05	4	2	2	0.2	0.1	0.1
Наличие сертификации разработки	0.05	2	1	1	0.1	0.05	0.05
Итого	1	51	37	37	4.07	2.87	2.87

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4.1, подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (11)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Итог анализа:

Причина слабости позиций конкурентов в том, что их методы улучшения энергетических показателей воздействуют только на один-два параметра электрического двигателя, в то время как данный проект охватывает почти все параметры электродвигателя.

Достоинство данного проекта в том, что работа над повышением энергоэффективности происходит на стадии проектирования двигателя с самого начала расчета.

Проведенный анализ показывает, что данная работа конкурентоспособна, и может заинтересовать инвесторов, т.к. экономия энергии и ресурсов является одним из главных критериев успешности и рациональности в современном мире.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта.

SWOT-анализ состоит из нескольких 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, то есть составление предварительной SWOT-матрицы.

Таблица 4.1.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	C1. Универсальность разработки в применении	Сл1. Сложная система.
	C2. Возможность проделать всю работу на ЭВМ	Сл2. Необходимость попадания в нужный диапазон значений множества параметров
	C3. Отсутствие необходимости более чем двух участников проекта	Сл3. Не достаточная мощность используемого ЭВМ
	C4. Нет надобности в реальных опытных образцах	Сл4. Незначительное повышение материалоемкости
	C5. Знание участников проекта в данной области	

Возможности: В1. Разработка позволит сэкономить электроэнергию В2. Внедрение данной разработки в производство. В3. Повышение спроса на асинхронные двигатели В4. Дальнейшее улучшение показателей асинхронных машин В5. Возможность использования полученных знаний в дальнейших исследованиях		
Угрозы: У1. Возможное появление у конкурентов более эффективных разработок У2. Ухудшение пусковых характеристик проектируемого двигателя		

Продолжение таблицы 4.1.2

У3.Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Отсутствие интереса в данном проекте предприятий		
---	--	--

Второй этап это выявление соответствия слабых и сильных сторон данного проекта внешним условиям окружающей среды. Это даст возможность узнать, есть ли необходимость в проведении изменений в стратегии.

Необходимо построить интерактивную матрицу научно-исследовательского проекта. Ее использование помогает лучше понять разные комбинации взаимосвязей областей SWOT-матрицы (таблица 4.1.3). 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 «-».

Таблица 4.1.3 – Интерактивная матрица проекта С-В

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

Продолжение таблицы 4.1.3

	B4	+	+	–	+	+
	B5	+	+	–	+	+

Таблица 4.1.4 – Интерактивная матрица проекта С-У

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	–	+	–	+	–
	У2	–	–	–	–	+
	У3	–	–	–	–	–
	У4	0	–	–	–	–

Таблица 4.1.5 – Интерактивная матрица проекта Сл-В

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	–	–	–	–
	B2	–	–	+	+
	B3	–	–	–	+
	B4	0	0	–	+
	B5	0	0	–	+

Таблица 4.1.6 – Интерактивная матрица проекта Сл-У

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	–	+	+
	У2	+	+	–	–
	У3	–	0	–	+
	У4	+	–	0	+

В третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, Матрица сведена в таблицу 4.1.7.

Таблица 4.1.7 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Универсальность разработки в применении С2. Возможность проделать всю работу на ЭВМ С3. Отсутствие необходимости более чем двух участников проекта С4. Нет надобности в реальных опытных образцах С5. Привлечение квалифицированных специалистов	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Сложная система. Сл2. Необходимость попадания в нужный диапазон значений множества параметров Сл3. Не достаточная мощность используемого ЭВМ Сл4. Незначительное повышение материалоемкости
Возможности: В1. Разработка позволит сэкономить электроэнергию В2. Внедрение данной разработки в производство. В3. Повышение спроса на АД	В1С2 В2В4В5С1С2С4С5 В3С1	В2Сл3Сл4 В3В4В5Сл4

В3. Повышение спроса на асинхронные двигатели В4. Дальнейшее улучшение показателей асинхронных машин В5. Возможность использования полученных знаний в дальнейших исследованиях	В1С2 В2В4В5С1С2С4С5 В3С1	В2Сл3Сл4 В3В4В5Сл4
Угрозы: У1.Возможное появление у конкурентов более эффективных разработок У2. Ухудшение пусковых характеристик проектируемого двигателя У3.Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Отсутствие возможности инвестирования данного проекта предприятиями	У1С2С4 У2С5	У1Сл1Сл3Сл4 У2Сл1Сл2 У3Сл4 У4Сл1Сл4

В результате SWOT-анализ приводит к выводу, что данная система имеет перспективы для роста и реализации, так как не требует много рабочей силы и оборудования, а также является полезной для дальнейшего исследования в этой области. Основными недостатками являются возможность увеличения материалоемкости электродвигателей и сложность системы.

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В данном научно-исследовательском проекте разработка находится на стадии создания модели системы, поэтому предлагаются три основных варианта совершенствования разработки и основных направлений научного исследования:

- Использование методов электромагнитного расчета проектируемого двигателя, которыми пользуются в промышленных предприятиях по производству асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором;
- Применение более современного программного обеспечения для выполнения многочисленных расчетов;
- Использование асинхронных двигателей для проведения испытаний на них, чтобы полученные данные были наиболее точными и приближенными к реальным условиям.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.3.1).

Таблица 4.3.1 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель; Инженер
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель; Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель; Инженер
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Публикация полученных результатов	Инженер

В этом разделе были рассмотрены основные этапы научно-исследовательского проекта и исполнители, задействованные в нём. Основными исполнителями являются научный руководитель и инженер. Первыми двумя этапами занимается непосредственно научный руководитель, а остальной работой инженер.

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки образуется из трудовых затрат, поэтому необходимо определить трудоемкость работы каждого исполнителя данного научного исследования.

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

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (12)$$

где: $t_{ож\ i}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (13)$$

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

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

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

В таблице 5.3.2 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работы.

4.3.3 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (14)$$

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

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

**Таблица 4.3.2 – Временные показатели
проведения научного исследования**

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожг}$, 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	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	1	2	1	2	3	2	1,4	2,4	1,4	1	1	1	1	2	1	2	3	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	3	1	3	5	2	2,4	3,8	1,4	2	1	1	1	4	1	1	5	2
Выбор направления исследований	1	2	1	3	3	2	1,8	2,4	1,4	2	1	1	1	2	1	1	3	2
Календарное планирование работ по теме	1	2	1	2	3	2	1,4	2,4	1,4	1	1	1	1	2	1	2	3	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	6	10	8	8	15	10	6,8	12	8,8	1	1	1	7	12	9	8	15	11
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	25	28	30	32	40	35	27,8	32,8	32	1	2	1	28	16	32	34	20	39
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	3	10	6	7	15	9	4,6	12	7,2	1	2	2	5	6	4	6	7	4
Оценка эффективности полученных результатов	1	8	2	2	10	9	1,4	8,8	4,8	2	2	1	1	4	5	1	5	6
Составление пояснительной записки	10	7	9	14	11	15	11,6	8,6	11,4	1	1	1	12	9	11	14	11	14
Публикация полученных результатов	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1	1	2	1	1	1	2	2	1

Итого длительность работ в календарных днях при использовании

- Первого варианта- 71 календарных дней.
- Второго варианта- 74 календарных дней.
- Третьего варианта- 83 календарных дней.

Ниже построен календарный план-график для минимального по длительности первого варианта исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта (таблица 4.3.3).

Таблица 4.3.3 – Календарный план-график проведения НИР

№	Содержание работ	Исп-ли	Т _к , кален. дн.	Продолжительность выполнения работ, дн.											
				март				апрель				май			
				1	10	20	30	1	10	20	30	1	10	20	30
1	Составление и утверждение технического задания	Научный рук.	2												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный рук.; Инженер	1												
3	Выбор направления исследований	Научный рук.; Инженер	1												
4	Календарное планирование работ по теме	Научный рук.	2												
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	8												
6	Проведение экспериментов	Инженер	34												
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер	6												
8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный рук.; Инженер	1												
9	Составление пояснительной записки	Инженер	14												
10	Публикация полученных результатов	Инженер	2												

Наиболее быстрым методом оказался метод, который проводится в 1 случае, то есть использование методов электромагнитного расчета проектируемого двигателя, которыми пользуются в промышленных предприятиях, так как данный метод основан уже на исследованиях и оборудовании реально работавших в прошлом, что позволило сэкономить ресурсы.

4.3.4 Расчет затрат на специальное оборудование НИР

При выполнении НИР потребуется только монитор, клавиатура, мышь, персональный компьютер. Для всех трех исполнений общая стоимость данных устройств составит 40 тыс. руб.

4.3.5 Основная заработная плата исполнителей

В данном разделе рассчитывается основная заработная плата исполнителей научно-исследовательской работы, то есть научного руководителя и инженера. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.3.4.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{он}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}, \quad (15)$$

где: $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.3.4 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов			Исполнители категориям			Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.- дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб		
	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
1	Составление и утверждение технического задания			Науч. рук.	Науч. рук.	Науч. рук.	1,4	2,4	1,4	2310	2310	2310	3234	5544	3234
2	Подбор и изучение материалов по теме			Науч. рук.	Науч. рук.	Науч. рук.	2,4	3,8	1,4	2310	2310	2310	5544	8778	3234
				Инже нер						1850			4440		
3	Выбор направления исследований			Науч. рук.	Науч. рук.	Науч. рук.	1,8	2,4	1,4	2310	2310	2310	4158	5544	3234
				Инже нер						1850			3330		
4	Календарное планирование работ по теме			Науч. рук.	Науч. рук.	Науч. рук.	1,4	2,4	1,4	2310	2310	2310	3234	5544	3234
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований			Инже нер	Инже нер	Инже нер	6,8	12	8,8	1850	1850	1850	12580	22200	16280
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов			Инже нер	Науч. рук.	Инже нер	27,8	32,8	32	1850	2310	1850	51430	75768	59200
					Инже нер						1850			60680	
7	Сопоставление результатов экспериментов с теор.данными			Инже нер	Науч. рук.	Науч. рук.	4,6	12	7,2	1850	2310	2310	8510	27720	16632
					Инже нер	Инже нер					1850	1850		22200	13320
8	Оценка эффективности полученных результатов			Науч. рук.	Науч. рук.	Инже нер	1,4	8,8	4,8	2310	2310	1850	3234	20328	8880
				Инже нер	Инже нер					1850	1850		2590	16280	
9	Составление пояснительной записки			Инже нер	Инже нер	Инже нер	11,6	8,6	11,4	1850	1850	1850	21460	15910	21090
10	Публикация полученных результатов			Инже нер	Инже нер	Науч. рук.	1,4	1,4	1,4	1850	1850	2310	2590	2590	3234
						Инже нер						1850			2590
Итого:													126334	289086	154162

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 4.3.5.

Таблица 4.3.5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
- отпуск	56	56
- невыходы по болезни	14	17
Действительный годовой фонд рабочего времени	229	226

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p, \quad (16)$$

где: Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{tc});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата Z_{mc} находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.3.6.

Таблица 4.3.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{он}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	27500	0,3	0,15	1,3	51838	2308,92	229	528742,5
Инженер	17500	0,3	0,5	1,3	40950	1848,18	226	417690
Итого								946432,5

4.3.6 Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (17)$$

где: $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.3.8.

4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (18)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.3.7.

Таблица 4.3.7 – 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
Научный руководитель	19404	149226	32802	2716,56	20891,64	4592,28
Инженер	106930	139860	121360	14970,2	19580,4	16990,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого, руб						
Исполнение 1	39029,63					
Исполнение 2	89310,23					
Исполнение 3	47626,81					

4.3.8 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:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр}, \quad (19)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 4.3.8.

Таблица 4.3.8 – Величины накладных расходов

	$z_{\text{накл}}$, руб.
Исполнение 1	32858,2
Исполнение 2	66943,4
Исполнение 3	38686,2

4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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 табл. 4.3.9.

Таблица 4.3.9 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40000	40000	40000
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	126334	289086	154162
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17687	40472	21583
Отчисления во внебюджетные фонды	39029	89310	47626
Накладные расходы	32858	66943	38686
Бюджет затрат НТИ	255908	525811	302057

4.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 4.3.9). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи **интегрального финансового показателя**:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (20)$$

где: $I_{фин}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 4.4.1 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Исполнения	Φ_{max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{фин}^{исп.i}$, о.е.
1	525811	255908	0,486
2		525811	1
3		302057	0,574

Исполнение 1 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант схемы является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью **интегрального показателя ресурсоэффективности**:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы.

Таблица 4.4.2 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэф-т	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1. Безопасность	0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,10	4	5	3
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	5	4	2
5. Надёжность	0,25	5	5	5
6. Материалоёмкость	0,15	5	5	2
Итого:	1,00	4,65	4,6	3,3

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

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

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}}. \quad (22)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.4.4.3) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucni}}{I_{ucn(i+1)}} . \quad (23)$$

Таблица 4.4.3 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,486	1	0,574
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,6	3,3
3	Интегральный показатель эффективности	9,56	4,6	5,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,07	0,8	0,6

Наиболее эффективным исполнением оказалось исполнение 1. Исполнение 1 лучше двух остальных и в финансовом плане, и в плане ресурсоэффективности разработки.

В ходе выполнения данной работы, было выявлено, что данная разработка является весьма актуальной. Так как ресурсоэффективность в настоящем является одной из основных целей многих предприятий.

Среди основных достоинств, стоит отметить универсальность разработки в применении, так как данную разработку можно применить не только к двигателю данной мощности и высоты оси вращения, а также к другим двигателям данной серии. К тому же возможность проделать всю работу на ЭВМ и отсутствие необходимости более чем в двух исполнителях является значимыми сильными сторонами.

Из недостатков следует подчеркнуть повышение материалоемкости, что является большим «минусом». Но в процессе эксплуатации, повышенная энергоэффективность двигателя компенсирует данный недостаток.

Из трех вариантов исполнения, наиболее лучшим оказался первый способ в плане затрат и длительности работ, который основан на том, что проект будет разработан с использованием методов электромагнитного расчета проектируемого двигателя, которыми пользуются в промышленных предприятиях.

Наиболее затратным оказалось второе исполнение. Наибольшее количество времени, затрачиваемое на данную работу, имеет третий способ.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – ответственность научного исследователя перед обществом, то есть обеспечение безопасности применения различных технологий, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, так и для остального населения и для окружающей среды.

В данной главе приведен анализ и подбор средств защиты и профилактики вредных и опасных факторов, рассмотрена экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях [20].

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов при разработке проектируемого решения

Данный раздел включает в себя описание опасных и вредных факторов, оказывающих воздействие на проектировщика при работе с ПК в отделе проектирования.

При выполнении работ, по средствам персональных компьютеров (ПК), проектировщики сталкиваются с воздействием следующих групп опасных и вредных факторов. К первой группе относятся вредные факторы: повышенный уровень шума, повышенная температура, недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны. Вторая группа, это опасные факторы. Они включают в себя случаи, связанные с воздействием электрического тока и статического электричества.

Также работа с ПК сопровождается ограниченной двигательной активностью и монотонностью [21].

Условия труда пользователя, работающего с ПК, определяют:

- особенности основных элементов рабочего места (параметры рабочего места и его элементов)
- условия окружающей среды;
- характеристики взаимодействия человека и ЭВМ.

5.1.1.1 Микроклимат

Микроклиматические параметры производственной среды – это сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Работа на ПК в соответствующем отделе относится к классу легких работ с энергозатратами 150 ккал/час. В помещениях где расположены ПЭВМ, должно обеспечиваться нормальные условия микроклимата [22].

Для поддержания микроклиматических параметров, соответствующих нормам, в помещении есть система отопления и вентиляции.

Система отопления обеспечивает достаточное постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещении в холодный период года, а также пожаро- и взрывобезопасность. В помещении проектирования используется водяная система отопления, которая является гигиеничной, надежной в эксплуатации, и дает возможность регулирования температуры.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха в помещении применяют систему естественной вентиляции, но для обеспечения наиболее комфортных условий работы в весенне-летнее время года этого недостаточно. Поэтому предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования.

Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной температуры, влажности и очистки воздуха от загрязнения вредными веществами (углекислый газ).

5.1.1.2 Производственное освещение

Производственное освещение является одной из важных составляющих комфортных условий работы. На рабочем месте проектировщика должны быть соблюдены все нормы освещенности и качественные показатели освещения.

К системам производственного освещения предъявляются следующие требования: соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы; достаточно равномерное распределение

яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве; отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости, вызывающей ослепленность; постоянство освещенности во времени; оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока; долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота эксплуатации. Рабочее помещение должно иметь естественное и искусственное освещение.

В отделе проектирования одностороннее боковое, естественное освещение через световые проемы в наружных стенах. В условиях недостаточной видимости, в утренние и вечерние часы, а также при пасмурной погоде, применяется искусственное освещение. Для искусственного освещения помещения следует использовать главным образом люминесцентные лампы, у которых высокая световая отдача (до 75 лм/Вт и более), продолжительный срок службы (до 10 тыс. ч.), малая яркость светящейся поверхности.

Также не маловажную роль играет цветовая отделка помещения необходимая для обеспечения оптимальных условий работы пользователей дисплейных устройств.

5.1.1.3 Расчет системы освещения

Для определения обеспечения уровня освещенности произведем расчет искусственного освещения для помещения. Порядок расчета:

1. Выбор системы освещения (общая, местная, комбинированная);
2. Выбор типа светильников;
3. Определение количества светильников;
4. Определение мощности источников света.

Размеры помещения (рис.6.1): $H=4$ м – высота помещения; $A=8$ м – длина помещения; $B=7$ м – ширина помещения. Высота рабочей поверхности над полом составляет $h = 0,9$ м. Требуется создать освещенность $E= 300$ Лк.

Коэффициенты отражения стен и потолка принимаем $\rho_{ст} = 70\%$; $\rho_{п} = 70\%$. Коэффициент запаса светильников с люминесцентными лампами, учитывающий загрязнение светильника, $K_3 = 1,5$. Коэффициент

неравномерности освещения, отношение E_{cp} / E_{min} , для люминесцентных ламп при расчетах берется равным $Z=1,1$.

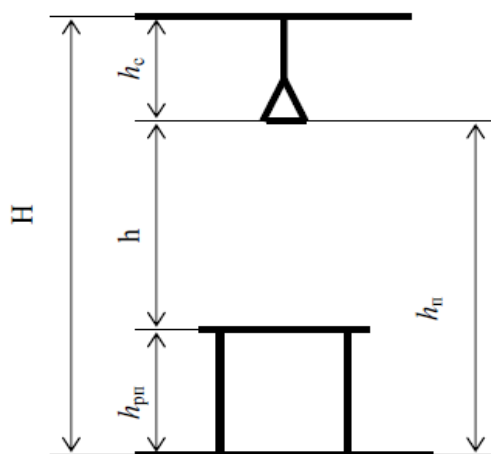


Рисунок 5.1 – Схема подвеса светильников над рабочей поверхностью

Где H - высота помещения, h - высота подвеса над рабочей поверхностью, h_c - свес светильника, h_n - высота подвеса над полом; h_p - высота рабочей поверхности.

Далее выбираем люминесцентные светильники типа ЩОД-2-80 мощностью $P = 2 \cdot 80$ Вт. Люминесцентные лампы имеют большую светоотдачу и обладают большим сроком службы.

1. Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_c - h_n = 4 - 0,9 - 0 = 3,1(\text{м}).$$

2. Расстояние между светильниками (максимальное).

$$L = 1,4 \cdot 3,1 = 4,34 (\text{м}).$$

3. Максимальное расстояние между стеной и светильником:

$$L / 3 = 1,5(\text{м}).$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 8 светильников типа ЩОД-2-80 мощностью 80 Вт (с длиной 1,53 м). Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис.5.2). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 16$ шт .

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{56}{3,1 \cdot (7 + 8)} = 1,2,$$

где: S – площадь помещения, м^2 ; A и B – длина и ширина помещения, м .

По таблице 6.11 [26] определяем величину использования светового потока лампы, $\eta = 48\%$. Вычислим световой поток лампы:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 56 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,48} = 3609 \text{ Лм.}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов, световой поток каждой лампы составляет 3840 Лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:

$$-10\% \leq 6,4\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 16 \cdot 80 = 1280 \text{ Вт.}$$

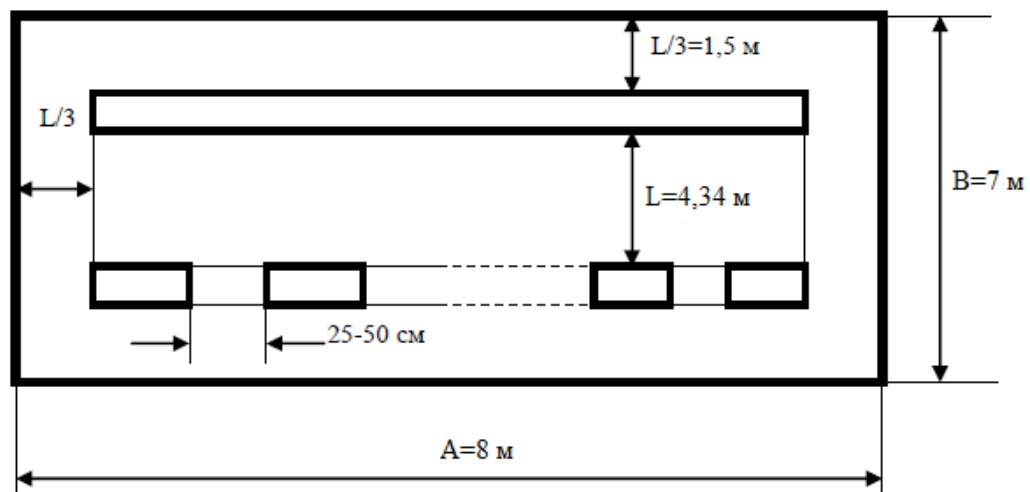


Рисунок 5.2 – План размещения светильников

5.1.1.4 Шумы и вибрация

Источниками шума на рабочих местах с ВДТ и ПЭВМ являются шумные агрегаты вычислительных машин (АЦПУ, принтеры и т.п.), установки кондиционирования воздуха, преобразователи напряжения и другое оборудование. Уровень шума на основных рабочих местах (диспетчерские, операторские, расчетные кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) не должен превышать 50 дБА. На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин (принтеры и т.п.) уровень шума не должен превышать 75 дБА.

Снижение шума, создаваемого на рабочих местах внутренними источниками, а также шума, проникающего извне, осуществляется следующими методами:

- уменьшением шума в источнике;
- рациональной планировкой помещения;
- уменьшением шума на пути его распространения (звукоизоляция, звукопоглощение).

Наиболее рациональной мерой является уменьшение шума в источнике. Однако можно порекомендовать такое мероприятие, как применение менее шумного оборудования. Например, замена струйного принтера на лазерный. Кроме того, шумящее оборудование следует устанавливать на виброизолирующие поверхности автономно от рабочего места пользователя.

5.1.1.5 Электромагнитные поля

ПЭВМ являются источниками разнообразных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового излучений, радиочастотного диапазона, электростатических полей.

Основным источником электромагнитных излучений от мониторов ПЭВМ (ПК) является высокочастотный трансформатор строчной развертки, который размещается в задней или боковой части терминала.

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: мероприятия по сертификации ПЭВМ (ПК) и аттестации рабочих мест; применение экранов и фильтров; организационно-технические мероприятия.

При установке на рабочем месте ПК должен быть правильно подключен к электропитанию и надежно заземлен. Экран дисплея должен находиться от пользователя ПК на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров цифровых знаков и символов, которые должны соблюдаться в процессе работы.

При эксплуатации защитный фильтр должен быть плотно установлен на экране дисплея и надежно заземлен. Заземление подключается к общему контуру заземления. Сопротивление контура заземления не должно превышать 4 Ом.

Во всех случаях превышения предельно-допустимых уровней напряженности статических электрических полей, должны применяться в первую очередь средства коллективной защиты. В качестве этого применяют защитное заземление оборудования. Для устранения воздействия на работающих электростатического разряда целесообразно применять нейтрализаторы и увлажнители.

5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов при эксплуатации проектируемого решения

5.1.2.1 Вредные факторы, профилактика и средства защиты

При эксплуатации асинхронных двигателей, вредными факторами являются: высокий уровень шума машин, вибрация корпуса двигателей, слабое освещение и высокая температура внутри помещения, где работает электродвигатель.

Шум необходимо снижать в самом его источнике, то есть непосредственно в конструкции оборудования. Необходимо также соблюдать правила технической эксплуатации. Использовать звукоизоляционные ограждающие конструкции и экраны для поглощения звука. Применяются также средства индивидуальной защиты от шума, такие как: наушники, беруши и противошумные каски.

Для того чтобы уменьшить вибрацию корпуса двигателя, ограждений и других объектов, на вибрирующую поверхность наносится слой упруго-вязких материалов, которые обладают большим внутренним трением, такие материалы как: фольга, рубероид, мастика, пластические материалы и др. Данный метод имеет название вибродемпфирование.

Применяется естественное и искусственное освещение. Для улучшения освещения, нужно установить необходимое количество светильников, чтобы обеспечить требуемый световой поток от ламп. В помещении, где работает асинхронный двигатель, во избежание стробоскопического эффекта, следует применять лампы накаливания, а не газоразрядные лампы. Аварийное освещение запитать от независимых источников питания. Все работники, взаимодействующие с электродвигателем, должны иметь при себе фонарики.

Для защиты людей от повышенной температуры воздуха внутри помещения, где работает двигатель, нужно обеспечить вентиляцию и кондиционирование воздуха. Дополнительно можно применить отражающие и поглощающие экраны, также обеспечить спецодеждой всех работников. Спецодежда должна быть теплой, чтобы предупредить охлаждение организма

человека. Защита головы от всевозможных осадков осуществляется касками. Также назначаются перерывы.

5.1.2.2 Опасные факторы, профилактика и средства защиты

При эксплуатации электродвигателей существует множество опасных факторов, такие как: возможность поражения электрическим током и электродугой, наличие у электрических машин вращающихся частей.

Таблица 5.1 – Различные случаи прикосновения к токоведущим частям и величина поражающего тока

Тип	Величина тока, А
Однофазное прикосновение в нормальном режиме	0,11
Однофазное прикосновение в аварийном режиме сети	0,14
Одновременное прикосновение к фазному и нулевому проводу	0,22
Двухфазное прикосновение в нормальном режиме	0,38
Прикосновение человека к не токоведущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением в аварийном режиме	157,1

Для защиты человека от поражения электрическим током принимаются следующие меры:

- контроль целостности изоляции двигателей;
- использование плакатов безопасности;
- защитное зануление двигателей;
- применение индивидуальных средств защиты.

Контроль целостности изоляции двигателей, включает в себя следующие мероприятия:

- испытание повышенным напряжением;
- измерение изоляционного сопротивления.

Проведение испытания повышенным напряжением не должно длиться более 1 минуты, напряжение должно составить 1-2 кВ.

Замер сопротивления изоляций проводят с помощью мегаомметра, при напряжении 0,5 кВ, сопротивление изоляции должно составлять не менее 3 МОм.

Использование плакатов безопасности является неотъемлемой частью работ с электроустановками. На рычаге (кнопке) пуска или ключе управления при проведении каких-либо работ на электродвигателе вешается плакат с надписью: «Не включать! Работают люди». На электроустановках, которые расположены рядом, также вешаются плакаты с надписью: «Стой! Напряжение».

Все двигатели с напряжением до 0,4 кВ, подлежат защитному занулению. Схема зануления представлена ниже (рисунок 5.3).

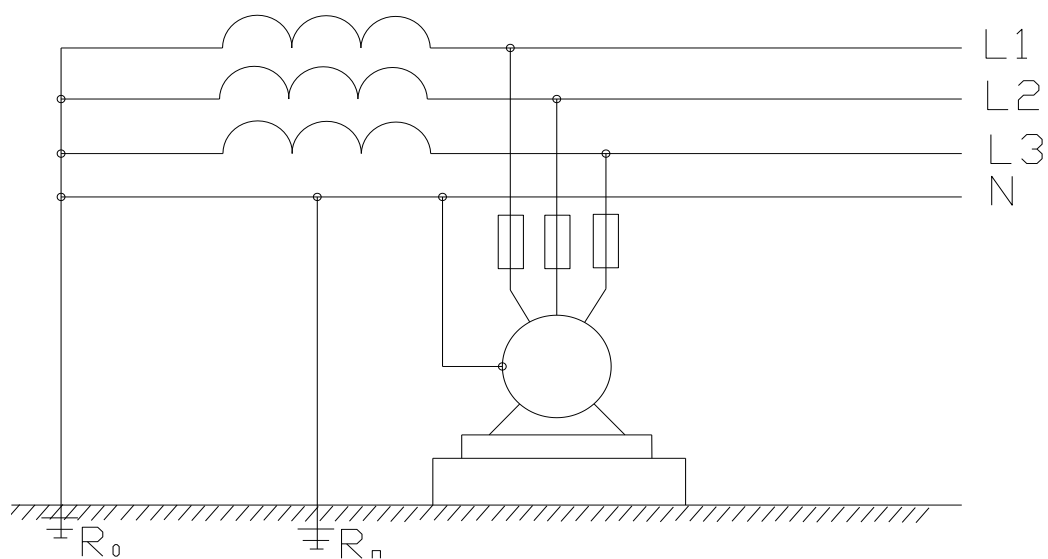


Рисунок 5.3 – Схема зануления электродвигателя

Электрозащитные средства, которые необходимы при эксплуатации асинхронных двигателей:

- штанга измерительная универсальная ШИУ - 110 - 2 шт.;
- диэлектрические боты - 4 пары;
- диэлектрические перчатки - 4 пары;
- защитные очки - 4 шт.;
- переносные заземления - 4шт.;
- переносные ограждения (щиты) - 4 шт.;
- плакаты безопасности - 4 комплекта;
- предохранительные монтёрские пояса - 2 комплекта.

Защита от электрической дуги осуществляется с помощью средств максимальной токовой защиты, то есть применение различных токовых реле и реле времени.

Вращающиеся части электродвигателя могут захватить одежду работников и нанести серьезные травмы, поэтому для предотвращения этого применяются кожухи, которые закрывают вращающиеся части. Во время работы двигателя кожух должен быть на месте, запрещается их снимать. Персонал должен периодически проверять обеспечивать недоступность вращающихся частей.

5.2 Экологическая безопасность

5.2.1 Влияние компьютерной техники на организм человека

При разработке данной научно-исследовательской работы, антропогенным экологическим фактором, который оказывает воздействие на окружающую среду, является влияние компьютерной техники. ПЭВМ являются источниками широкополосных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, радиочастотного диапазона, электростатических полей.

Электромагнитные поля (ЭМП) обладают способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Биологическое воздействие определяется продолжительностью, интенсивностью, длиной волны и режимами воздействия, также размерами подвергающегося воздействию органа.

Специфическое воздействие ЭМП влияет на клетки и ткани в организме человека.

Наиболее подверженными данному влиянию являются – центральная нервная система, также ткани сердца. Для данного воздействия характерны: головная боль, быстрая утомляемость, нарушение работы мышц сердца, слабость, гипертония.

Тепловое воздействие ЭМП обусловлено повышением температуры тела человека, нагревом органов, тканей, клеток.

Для защиты от излучения применяют защитные экраны и ограничивают время работы с ПЭВМ:

- рекомендуемая полная продолжительность рабочего времени за экраном монитора взрослого пользователя, использующего обычный монитор с защитным фильтром - 4 часа за 8 -ми часовой рабочий день.
- в конце каждого часа работы необходимо делать 5 - минутный перерыв, а через каждые 2 часа - 15 минутный, выключить монитор и покидать рабочее место.

Таблица 5.3 – Средства защиты от излучений оптического диапазона и электромагнитных полей ПЭВМ

Средство профилактики неблагоприятного влияния ПЭВМ	Оказываемое профилактическое действие
Приэкранные защитные фильтры для видеомониторов	Снижают уровень напряженности электрического и электростатического поля, повышают контрастность изображения,
Нейтрализаторы электрических полей промышленной частоты	Снижают уровень электрического поля промышленной частоты (50 Гц)
Очки защитные со спектральными фильтрами ЛС и НСФ, разрешенные Минздравом России для работы с ПЭВМ	Профилактика компьютерного зрительного синдрома, улучшение визуальных показателей видеомониторов, снижение зрительного утомления

5.2.2 Утилизация электрических отходов

Как отмечалось ранее, основным инструментом данного научно-исследовательского проекта является персональный компьютер и его комплектующие. В производстве всех этих электронных устройств используются множество различных токсичных материалов и химических веществ. После истечения срока службы эти устройства и аппараты часто попадают на свалки. Всё то место, которое занимает электроника и потенциальная опасность того, что отходы будут просачиваться и распространяться в близлежащие жилые территории по грунту, заставляют прибегнуть к утилизации.

В электронике содержатся практически все виды токсичных материалов, такие как: свинец, кадмий, серебро, литий и др. К примеру, кадмий может нанести серьезный вред органам дыхания, хватит одного вдоха необходимого количества вещества. Свинец губительно влияет на нервную систему человека. О вреде всех этих веществ можно продолжать и продолжать.

С каждым годом объем электронных отходов неустанно растет, из-за роста популярности различных электронных устройств, телевизоров, смартфонов и т.д.

Поэтому все электронные устройства, в данном случае ПК и комплектующие, по истечению срока службы должны быть подвергнуты утилизации.

Переработка электронных отходов задерживает их попадание в свалки. Также есть выгода для пользователей, которые готовы купить переработанную технику, т.к. цена заметно снижается.

Если электроника не может быть переработана или отремонтирована, токсичные вещества, содержащиеся в нём, удаляются, чтобы в свалке они не несли вред окружающей среде.

5.2.3 Влияние асинхронных двигателей на окружающую среду в процессе их эксплуатации

Для использования электрического двигателя нужен лишь источник электрического питания и всё – можно приступать к работе. В процессе эксплуатации асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, нет никаких выбросов в атмосферу, сбросов в воду и отходов в литосферу. В этом и состоит достоинство данных двигателей в экологическом отношении, в отличие от двигателей других видов, которые работают на топливе.

5.2.4 Утилизация асинхронных двигателей

Электродвигатели, которые отработали весь свой ресурс, не представляют опасности для здоровья человека и окружающей среды. После истечения срока службы подлежат утилизации.

При производстве асинхронных двигателей в основном используются следующие материалы: медь, алюминий, сталь и чугун. Сталь и чугун не являются токсичными материалами, поэтому они не воздействуют на атмосферу и гидросферу. Вышеприведенные материалы перерабатываются для вторичного использования. Органические, изоляционные и пластмассовые материалы в двигателе: резина, пластмасса, лак и т.д. – подлежат утилизации.

Так сведения о цветных металлах содержащихся в двигателе представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Содержание в электродвигателе цветных металлов

Наименование двигателя	Среднее значение по габариту, кг		
	Вес двигателя	Медь	Алюминий
АИР132	75	5,6	2,2

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1 Чрезвычайные ситуации при разработке и эксплуатации проектируемого решения

В современных персональных компьютерах все элементы схемы расположены очень плотно, также соединительные провода и различные кабели. Электрический ток, протекающий по ним, может их существенно нагреть, и выделяемое тепло может привести к повышению температуры до 90°C. При такой температуре, изоляции проводов оплавляются и провод оголяется. И как следствие, может возникнуть короткое замыкание, которое сильно перегружает элементы электронных схем. Схемы же, в свою очередь, сгорают и могут разбрызгивать искры, которые при попадании на какую либо поверхность вызовут возгорание.

При эксплуатации асинхронных двигателей, причиной пожара могут послужить горючие изоляционные материалы, смазочные материалы подшипников.

Причины возникновения пожаров:

- электрического характера:
 - искрение в магнитном пускателе;
 - токовые перегрузки;
 - электродуга;
 - слабые контакты.
- неэлектрического характера:
 - несоблюдение работниками правил техники безопасности;
 - перегрев оборудования.

При возгорании электрического двигателя его необходимо быстро отключить; разобрать схему; включить заземляющий нож и приступить к тушению пожара при помощи порошкового или углекислого огнетушителей. Место проведения тушения возгорания нужно обеспечить асбесполотном и огнетушителем. Также для тушения используются пожарные гидранты и краны.

5.3.2 Противопожарная профилактика и правила поведения

Учитывая высокую стоимость электронного оборудования вычислительного зала, помещения, в котором оно находится, должно быть 1 или 2 степени огнестойкости. Для строительства конструкций необходимо использовать кирпич, железобетон, стекло и другие не горючие материалы.

Помещение отдела проектирования по взрывопожарной безопасности относится к категории В (в соответствии со СНиП 11-2-80). Класс пожароопасности по ПУЭ-П-2а: степень защиты электрооборудования - стационарные IP44, передвижной IP54, светильник IPO [23].

Мероприятия противопожарной профилактики

1. Хранить информацию желательно в обособленных помещениях, оборудованных несгораемыми шкафами и стеллажами.
2. В помещениях, смежных с залами для ПЭВМ, не желательно размещение производств категории "А" и "В".
3. Система вентиляции должна быть оборудована устройством, обеспечивающим автоматическое отключение при пожаре.
4. Подачу воздуха к ПЭВМ, для охлаждения, необходимо предусматривать по самостоятельному воздуховоду.
5. Система электропитания ПЭВМ должна иметь блокировку, обеспечивающую отключение в случае охлаждения.
6. Работы по ремонту узлов ПЭВМ должны производиться в отдельных помещениях.
7. Необходимо производить очистку от пыли всех аппаратов и узлов ПЭВМ (желательно раз в месяц).

Для того чтобы огонь во время пожара не распространялся с одной части здания на другую, ставят преграды в виде стен, перегородок, дверей, окон.

В коридорах, на лестничных площадках и у входов, должны быть установлены пожарные краны. В помещении должны быть первичные средства огнетушения: ящик с сухим песком, огнетушители.

Для нашего вычислительного зала наиболее целесообразно применение ручных углекислотных огнетушителей типа ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8.

При возгорании или возникновении пожара следует немедленно начать эвакуацию людей, отключить подачу воздуха по системе вентиляции, обеспечить помещение и вызвать пожарную охрану.

При эвакуации, следует не создавать паники и двигаться в соответствии с планом эвакуации.

В соответствии с нормами СНиП 2.01.02-85 для тушения пожаров в начальной стадии применяются первичные средства пожаротушения: пожарные краны; химические пенные огнетушители типа (ОХП-10), (ОХВП-10); порошковые огнетушители типа ОП-5-01; передвижные (ОУ-25, ОУ-80); углекислотные огнетушители (ручные ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8).

.

В главе социальная ответственность были рассмотрены всевозможные вредные и опасные факторы при разработке проекта, также при эксплуатации асинхронных двигателей.

Вопрос об энергосбережении в скором времени станет одной из основных проблем в нашей жизни, т.к. при быстром развитии экономики, будет дефицит электрической энергии. Энергосбережение является важнейшим фактором повышения эффективности и экономического роста народного хозяйства, промышленности. Асинхронные двигатели ввиду своей простоты и надежности, являются наиболее применяемыми электрическими машинами. Поэтому асинхронный двигатель с повышенными энергетическими показателями, в этой научно-исследовательской работе, позволит сэкономить не малое количество электрической энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был спроектирован трехфазный асинхронный двигатель с повышенными энергетическими показателями. В качестве базовой модели выбрана конструкция асинхронных двигателей серии АИР, которые предназначены для наиболее широкого применения в различных отраслях народного хозяйства.

В результате усовершенствования электродвигателя, удалось увеличить КПД на 0,067 % от базового значения, при увеличении длины сердечника электродвигателя на 7% от базового значения длины.

При модернизации двигателя были получены значения электромагнитных нагрузок A и B_δ , входящие в рекомендуемые пределы, основанные на исследовании работающих двигателей серии АИР. От электромагнитных нагрузок зависят не только размеры машины, а также и ее характеристики.

При расчете рабочих характеристик получили уточненные значения номинального тока обмотки статора и мощности, потребляемой двигателем, которые меньше, чем принятые вначале работы предварительно. Полученные энергетические показатели машины КПД и $\cos\varphi$ получились соответственно на 1,6 % и 2,4 % больше предварительно принятых данных в начале расчета.

В расчете пусковых характеристик кратность пускового тока получилась в допустимых пределах - 7,5, установленных стандартом (ГОСТ 19523 - 74), а пусковой момент достаточным, его кратность превысила заданного значения – 2,2.

Модернизированный асинхронный двигатель также удовлетворяет всем техническим требованиям по тепловому, вентиляционному и механическому расчету.

Материалоемкость при наивысших энергетических показателях увеличилась на 6,6% для стали, на 2,8% для меди и на 5,2% для алюминия.

Засчет более высокой энергоэффективности модернизированного двигателя, дополнительные затраты на большее количество используемых активных материалов быстро окупятся.

В технологической части работы, была разработана последовательность технологических операций, которая может быть использована на любом заводе или предприятии по изготовлению статора, потому она содержит все основные положения по его производству из типовой технологической последовательности. Была проведена оценка технологичности конструкции двигателя и статора, составлена схема сборки и маршрутная карта сборки и механической обработки статора. В маршрутную карту была внесена важная информация по технологическим процессам для работников цеха, на максимально понятном языке.

В экономической части проекта было выявлено, что данная разработка является весьма актуальной. Так как ресурсоэффективность в настоящее время является одной из основных целей многих предприятий. Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и также произведено распределение исполнителей по видам работ. По принятым данным построили ленточный график – диаграмму Ганта. Также были рассмотрены достоинства и недостатки данного проекта, также был проведен расчет бюджета затрат, куда входили затраты на заработную плату, оборудование, накладные расходы, страховые отчисления, в сумме которые составили 256 тыс.руб.

В главе социальная ответственность были рассмотрены всевозможные вредные и опасные факторы и методы борьбы с ними при разработке проекта, и при эксплуатации асинхронных двигателей. Также были рассмотрены вопросы, затрагивающие темы экологической безопасности: влияние компьютерной техники на окружающих, влияние асинхронных двигателей на окружающую среду и т.д. Безопасность в чрезвычайных ситуациях – при пожаре в рабочем помещении и правила поведения.

Спроектированный асинхронный двигатель с улучшенными энергетическими показателями на базе АИР132М4У3 отвечает поставленным в техническом задании требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Змиева К.А. Методика повышения энергоэффективности асинхронного электродвигателя посредством организации амплитудно-частотного управления электропитания. 2009. – 6 с.
2. ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (КОД IP). – Минск.: Изд-во стандартов, 1996. -37 с.
3. Муравлева О.О. Совершенствование асинхронных двигателей для регулируемого электропривода // Известия Томского политехнического университета. – 2007.-№2, том 310. – 5 с.
4. Копылов И.П. Проектирование электрических машин: учебник для бакалавров. – М. : Издательство Юрайт, 2014. -767 с.
5. Допуски и посадки. Ч. 1: Справочник. В 2-х частях / В.Д. Мягков [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1982. – 543 с.
6. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник в 2-х т. Т.1/ Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина. – М.: Машиностроение, 1983. – 480 с.
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1982. – 736 с.
8. Станок радиально-сверлильный мод. 2К522: руководство по эксплуатации. – Гомель.: Гомельский завод станочных узлов, 2002. - 27с.
9. Станок токарно-винторезный 1М63: руководство по эксплуатации. – М.: Станкоимпорт, 1968. – 52 с.
10. Консольно-фрезерные станки моделей 6М83 и 6М83Г: руководство по уходу и обслуживанию. – М. Цинтимаш, 1961. - 82 с.
11. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник в 2-х т. Т.1/ Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина. –М.: Машиностроение, 1983. – 480с.

12. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – М.:Машиностроение, 1974
13. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и среднесерийного типов производства.– М.: Машиностроение, 1991.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
15. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
16. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – М.: ООО ИД «Аль-янс», 2007. – 256 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
18. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 54 с.
19. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
20. Романенко С.В. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. -11 с.

21. Безопасность труда при работе на персональных компьютерах: метод. указ. к выполнению дипломного проекта / Сост. Л.А. Моссоулина, Е.В. Алекина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. 28 с.: ил.
22. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – М.: Минздрав России, 1997.
23. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
24. Баклин В.С., Големгрейн В.В., Игнатович В.М., Попов В.И. Расчет асинхронного короткозамкнутого двигателя с вращающейся обмоткой статора: учебно-методическое пособие. – Томск. Изд-во Томского политехнического университета, 2011. -59 с.
25. Кацман М.М. Расчет и конструирование электрических машин: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. -360 с., ил.
26. Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин: Учебник. – М.: Высш. Шк., 2006. – 430 с.: ил.
27. ГОСТ 26615-85. Проводы обмоточные с эмалированной изоляцией. Общие технические условия. –М.: Изд-во стандартов, 1985. -28 с.
28. ГОСТ 2479-79. Машины электрические вращающиеся. Условные обозначения конструктивных исполнений по способу монтажа. –М.: Изд-во стандартов, 1991. -25 с.
29. ГОСТ 520-2011. Подшипники качения. Общие технические условия. –М.: Стандартинформ, 2012. – 70 с.