

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

Институт ЭНИН
Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра ЭКМ

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Энергоэффективный асинхронный двигатель
<u>УДК 621.313.333.2</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Цыбиков Батор Баирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бейерлейн Е.В.	кан.тех.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры	Василевский М.В.	кан.тех.наук		

По разделу «Технология производства»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баранов П.Р.	канд.тех.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев А.Г.	д-р тех. наук		

Запланированные результаты обучения по направлению

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

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

Институт ЭНИН
Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
Гарганеев А.Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Э	Цыбикову Батору Баировичу

Тема работы:

Энергоэффективный асинхронный двигатель

Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.01.2016 №343/С
---	-------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Номинальная мощность $P_{2н}=7,5$ 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 IP54

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>В данном дипломном проекте было целью произвести анализ способов повышения энергоэффективности при проектировании асинхронных двигателей. Разобрать технологический процесс общей сборки асинхронного двигателя.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1. Сборочный чертеж асинхронного двигателя. 2. Электромагнитный расчет 3. Схема сборки и диаграмма загрузки 4. Специальная часть</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Электромагнитный расчет, тепловой и механический расчеты. Специальная часть.</p>	<p>Бейерлейн Е.В.</p>
<p>Технологическая часть</p>	<p>Баранов П.Р.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Василевский М.В.</p>
<p>Экономическая часть</p>	<p>Трофимова М.Н.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бейерлейн Е.В.	кан.тех.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Цыбиков Б.Б.		

Группа	ФИО
5Г2Э	Цыбиков Батор Баирович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электромеханика

Исходные данные к разделу «Технология производства электрических машин»:	
Сборочный чертеж асинхронного двигателя с к.з ротором, спецификация, 7.5 кВт, 2р=4;	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ конструкции электрической машины на технологичность	2. Составить схему сборки электрической машины
3. Выбрать оборудования, приспособления	4. Разработать маршрутную технологию сборки электрической машины
5. Определить нормы времени на операции	6. Построить график загрузки оборудования

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баранов П.Р	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Цыбиков Б.Б.		

Группа	ФИО
5Г2Э	Цыбиков Батор Баирович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электромеханика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых. 2. Используемая система налогообложения, ставки налогов	Стоимость оборудования, расходные материалы, расходы на оплату труда Отчисления по страховым взносам составляет 30 % от ФОТ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности	Анализ конкурентных решений, SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование научно-исследовательских работ
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет бюджета НИ

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Цыбиков Б.Б.		

Группа	ФИО
5Г2Э	Цыбиков Батор Баирович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электромеханика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Рассматривается процесс общей сборки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, его безопасность и экологичность.</p> <p>Рабочая зона представляет собой участок цеха общей сборки, оборудованный специальным оборудованием: кран-балки, установка индукционного нагрева, верстак слесарный, испытательный стенд. В этом помещении существует вероятность поражения электрическим током и возникновением возгорания. Также в таком помещении на людей могут оказывать влияние вредные факторы, такие как некачественное освещение, шум и вибрации, ненадлежащее состояние микроклимата.</p> <p>Основные документы: ГОСТ 11828-86, СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 23887-79, ГОСТ 12.1.030 – 81, ГОСТ 12.1.003. – 83, СП 52.13330.2011.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты; – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия вредных веществ; – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.П.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Цыбиков Б.Б.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 114 с., 10 рис., 31 табл., 9 источников.

Ключевые слова: энергоэффективный двигатель, КПД, короткозамкнутый ротор, число витков, воздушный зазор, асинхронный двигатель, класс энергоэффективности.

Объектом исследования - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Цель работы – анализ способов повышения энергоэффективности при проектировании асинхронных двигателей, освоение методики проектирования энергоэффективных машин.

В процессе исследования проведен электромагнитный расчет включающий: расчет параметров статора и ротора, магнитной цепи, расчет потерь, построение рабочих и пусковых характеристик, тепловой и механический расчеты.

В результате исследования был спроектирован энергоэффективный асинхронный двигатель при изменении числа витков обмотки статора и длины воздушного зазора.

Исходные данные к работе: высота оси вращения 132 мм, количество полюсов - 4, номинальная мощность 7.5 кВт.

Область применения: общепромышленный.

Экономическая эффективность/значимость работы: снижение энергопотребления по сравнению с обычными двигателями, повышение надежности двигателя.

Содержание

Введение.....	8
1. Электромагнитный расчет.....	9
1.1.1 Обоснование и выбор главных размеров.....	9
1.1.2 Определение числа пазов статора, количества витков и площади поперечного сечения провода обмотки статора.....	11
1.1.3 Расчет зубцовой зоны статора и воздушного зазора.....	13
1.1.4 Расчет ротора.....	15
1.1.5 Расчет магнитной цепи.....	18
1.1.6 Параметры рабочего режима.....	22
1.1.7 Расчет потерь.....	27
1.1.8 Расчет рабочих характеристик.....	30
1.1.9 Расчет пусковых характеристик.....	33
1.2 Тепловой и вентиляционный расчет.....	41
1.3 Механический расчет.....	45
1.3.1 Расчет вала на жесткость.....	45
1.3.2 Расчет вала на прочность.....	47
1.3.3 Выбор подшипников.....	49
1.4 Специальная часть.....	50
2. Технологическая часть.....	59
2.1 Анализ конструкции на технологичность.....	59
2.2 Составление схемы сборки.....	61
2.3 Выбор оборудования, приспособления для сборки и испытаний.....	61

2.4 Разработка маршрутной технологии сборки.....	63
2.5 Нормы времени на операции и оборудование.....	64
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	71
4. Социальная ответственность.....	95
5. Заключение.....	112
6. Список использованной литературы.....	114

Графический материал

Маршрутная карта

ФЮРА.525622.011.СБ – Сборочный чертеж

ФЮРА.525000.002 – Схема сборки, диаграмма загрузки

ФЮРА.525000.003 – Специальная часть

ФЮРА. 525622.011 – Электромагнитный расчет

Введение

Энергоэффективный двигатель представляет собой двигатель общепромышленного исполнения, который проектируется с применением специальных подходов, например, с увеличенным значением массы активных материалов, их качества, более надежной изоляцией, замены составных частей двигателя на новые модификации с улучшенными характеристиками энергосбережения. В результате можно получить снижение до 20% суммарных потерь мощности двигателя. В итоге, можно получить увеличение КПД двигателя на 2-5%, меньший перегрев обмоток статора, меньший шум и вибрацию, увеличенный срок службы и повышенную надежность. Разумеется, стоимость энергоэффективного двигателя соответственно выше, но эти затраты окупятся за счет меньшего электропотребления в будущем.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Поскольку, такой двигатель, наиболее распространенный – около 60% потребляемой энергии приходится именно на него, а также приводы на базе асинхронных двигателей охватывают практически все технологические процессы.

На сегодняшний момент, приняты четыре класса энергоэффективности двигателей – IE1, IE2, IE3 и IE4, согласно Международной Электротехнической Комиссии (IE1 - стандартный класс, IE2 - высокий класс, IE3 - сверхвысокий класс, IE4 - максимально высокий класс).

На данный момент используется класс IE2. Уже начиная с 1 января 2017 года все европейские производители двигателей будут производить электродвигатели класса энергоэффективности не ниже IE3.

В данной выпускной квалификационной работе произведен расчет энергоэффективного двигателя, при котором за счет увеличения длины магнитопровода статора и уменьшении числа витков обмотки статора происходит увеличение значения КПД двигателя.

1.4 Специальная часть

Существуют различные способы увеличения КПД двигателя;

1. Изменение обмоточных данных, (при сохранении поперечной геометрии машины).
2. Изменение длины воздушного зазора (статора, ротора); при сохранении поперечной геометрии машины).
3. Комплексное изменение длины сердечника и обмоточных данных; при сохранении поперечной геометрии машины).
4. Изменение пазовой зоны (количество, форма и глубина пазов);
5. Изменение материала для изготовления обмотки ротора;
6. Использование двигателя с большим габаритом;

Способ с изменением пазовой зоны является наиболее сложным и дорогостоящим, поскольку в данном случае требуется подкорректировать технологию изготовления и непосредственно оборудование. К основному оборудованию относится прессовый комплекс вырубаящий статорные листы из электротехнической стали методом штамповки[3].

В методе изменения материала для изготовления обмотки ротора рассмотрим на примере замены литой алюминиевой обмотки ротора на литую медную. При использовании медной обмотки уменьшаются потери в двигателе и позволяют сделать его более компактным - уменьшение длины сердечника статора и ротора за счет увеличения КПД. Сокращение длины двигателя при этом позволит уменьшить потребление меди, электротехнической стали, изоляционных материалов. Но, так как медь имеет

меньшее удельное сопротивление, нужно найти решение для обеспечения необходимых пусковых характеристик. Для этого достаточно углубить паз ротора примерно на 15% которое приведет к усилению влияния эффекта вытеснения тока. При использовании данного метода возможно увеличение КПД на 3-5% [4].

В процессе проектирования первые три способа являются наиболее простыми и доступными, а также не требуют больших затрат. В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен комплексный метод изменения длины сердечника и обмоточных данных, так как он позволяет широко оценить влияние параметров на изменение КПД. К обмоточным данным относятся число витков в обмотке фазы статора и поперечное сечение обмоточных проводников[5]. Рассмотрены три варианта:

1. Без изменения числа витков обмотки фазы статора $w_1=100\%$, с увеличением длины сердечников статора и ротора на 40% по сравнению с базовой машиной;
2. При $w_1=90\%$, с увеличением длины сердечников статора и ротора на 40% по сравнению с базовой машиной;
3. При $w_1=80\%$, с увеличением длины сердечников статора и ротора на 40% по сравнению с базовой машиной.

Таблица 1.4 Данные расчета

$L_1, \%$	100	105	110	115	120	125	130	140
Вариант 1								
I_δ	0,1086	0,114	0,119	0,125	0,13	0,136	0,141	0,152
$P_{\Sigma 1}, \text{Вт}$	656,83	651,55	653,81	665,25	680,28	703,72	728,64	799,14
$P_{\Sigma 2}, \text{Вт}$	235,38	246,62	256,90	269,15	282,04	298,08	314,56	356,66
$P_{\Sigma T}, \text{Вт}$	141,22	134,85	129,19	123,47	117,95	113,30	108,73	101,24
$\cos\phi$	0,818	0,831	0,837	0,839	0,838	0,835	0,831	0,817
η	0,867	0,867	0,866	0,865	0,862	0,859	0,855	0,845
Вариант 2								
I_δ	0,1086	0,114	0,119	0,125	0,13	0,136	0,141	0,152
$P_{\Sigma 1}, \text{Вт}$	656,83	394,79	359,97	344,62	332,45	329,46	331,02	339,53
$P_{\Sigma 2}, \text{Вт}$	235,38	99,17	102,68	105,60	107,26	110,88	115,44	125,30
$P_{\Sigma T}, \text{Вт}$	141,22	194,05	185,10	176,97	169,46	162,66	157,35	146,08
$\cos\phi$	0,818	0,738	0,779	0,801	0,816	0,827	0,836	0,845
η	0,867	0,88	0,886	0,889	0,891	0,892	0,893	0,892
Вариант 3								
I_δ	0,1086	0,114	0,119	0,125	0,13	0,136	0,141	0,152
$P_{\Sigma 1}, \text{Вт}$	656,83	792,98	643,41	564,21	527,43	507,19	502,14	504,50
$P_{\Sigma 2}, \text{Вт}$	235,38	164,97	164,34	166,66	170,64	173,91	179,54	191,41
$P_{\Sigma T}, \text{Вт}$	141,22	160,15	152,73	146,95	140,93	134,93	129,66	120,823
$\cos\phi$	0,818	0,662	0,726	0,774	0,803	0,821	0,832	0,843
η	0,867	0,852	0,869	0,879	0,884	0,886	0,887	0,887

На основании данных строим диаграммы:

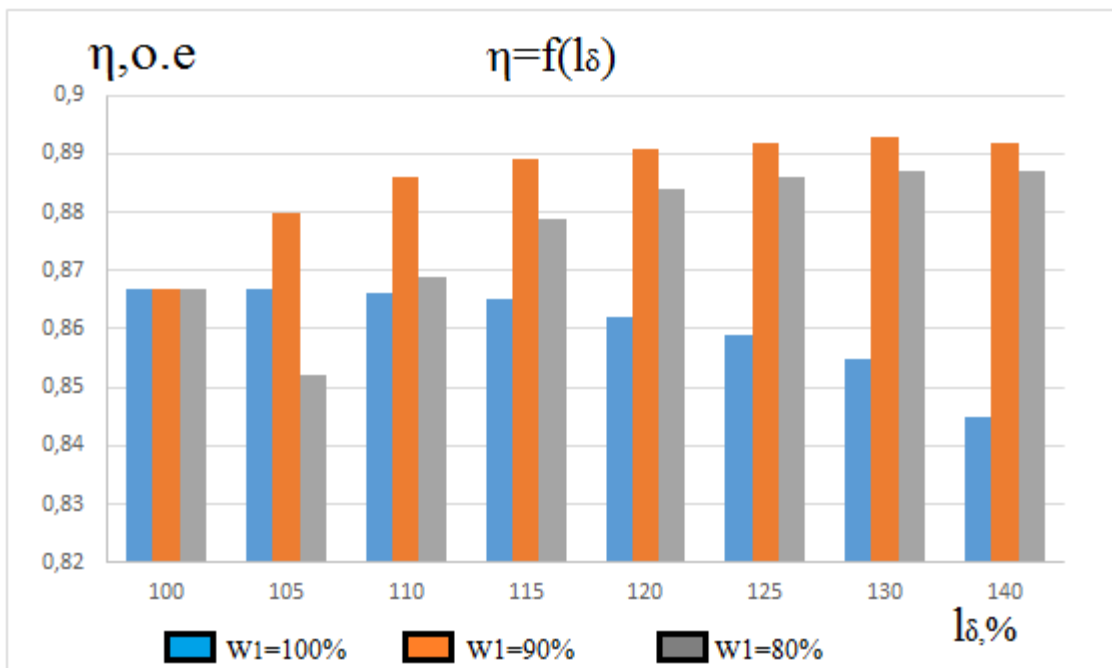


Рисунок 1.4 Зависимость $\eta=f(l\delta)$

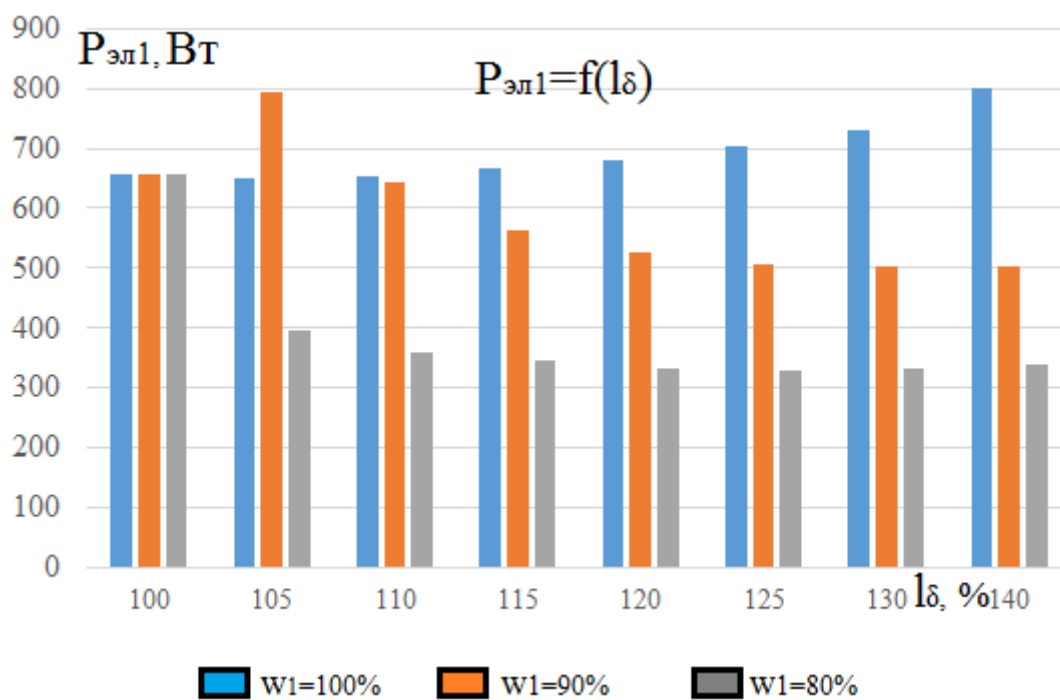


Рисунок 1.5 Зависимость $P_{эл1}=f(l\delta)$

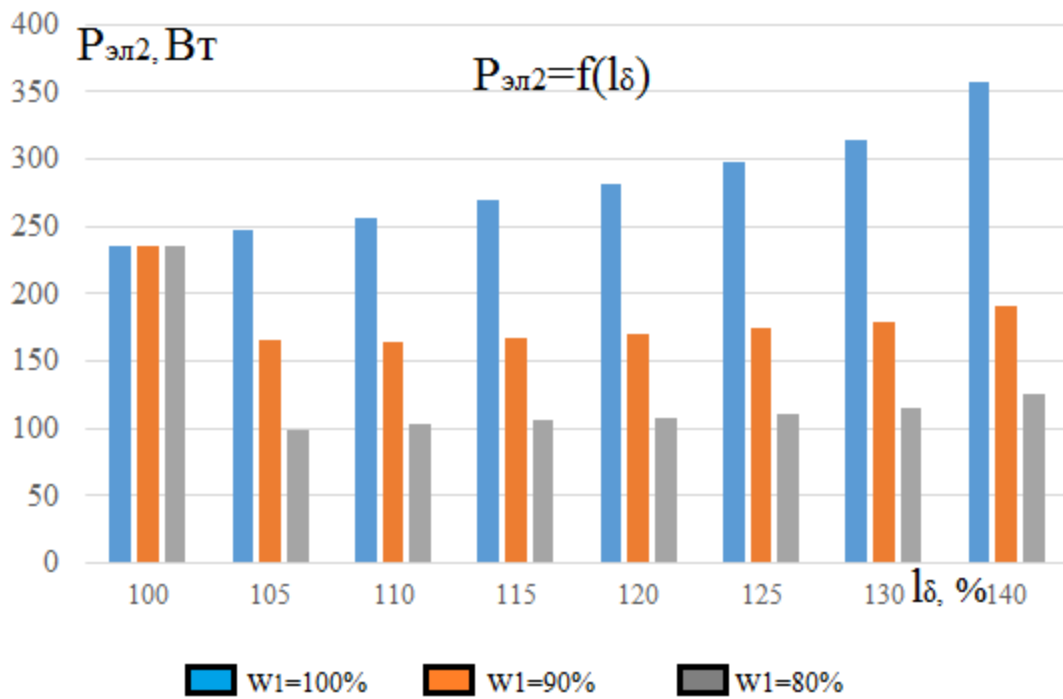


Рисунок 1.6 Зависимость $P_{эл2}=f(l\delta)$

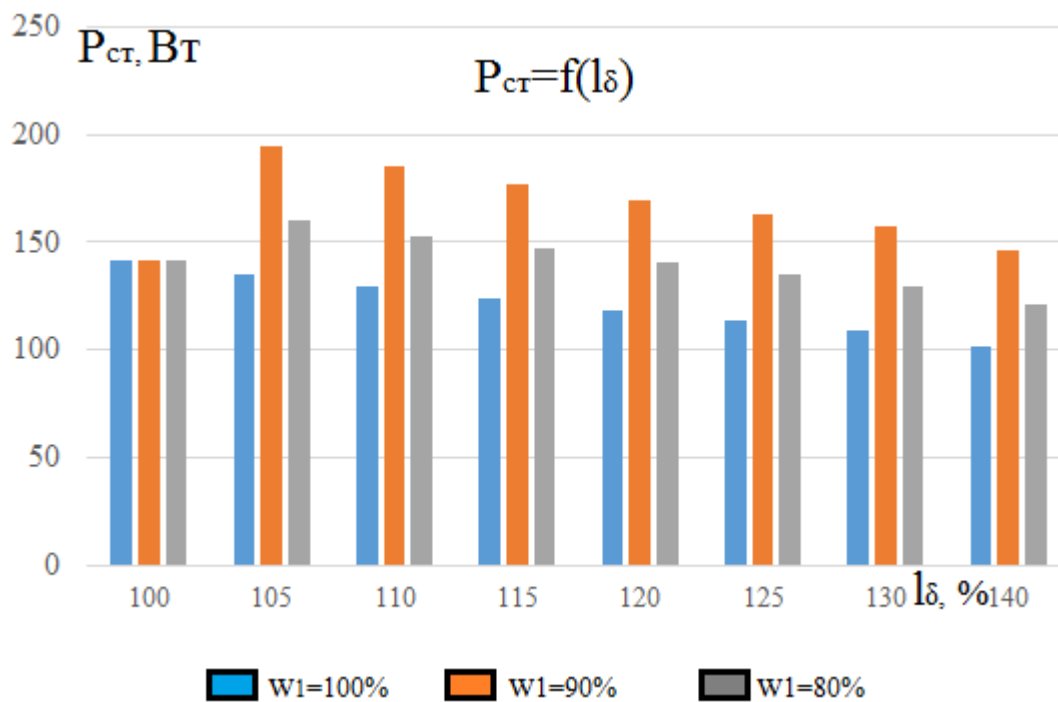


Рисунок 1.7 Зависимость $P_{ст}=f(l\delta)$

Анализ данных:

Увеличение КПД происходит за счет увеличения длины воздушного зазора, так как потери в стали уменьшаются, однако при неизменном количестве витков резко увеличиваются электрические потери, следовательно, для большего повышения КПД следует уменьшать количество витков в обмотке фазы статора. При этом для сохранения коэффициента заполнения паза статора постоянным, принимаем большее сечение витка, следовательно, получаем уменьшение электрических потерь (и в роторе и в статоре). Как показывают результаты расчетов комплексное изменение длины сердечника и обмоточных данных позволяет получить более высокое значение КПД.

Варианта №2 удалось получить повышение КПД на 2.6% при $w_1=90\%$ и увеличении длины сердечника на 30% от базового, при этом происходит уменьшение электрических потерь в статоре на 49.6%, на 50.95% электрических потерь в роторе, на 8.18% стальных потерь.

Варианта №3 удалось получить повышение КПД на 2% при $w_1=80\%$ и увеличении длины сердечника на 40% от базового, при этом происходит уменьшение электрических потерь в статоре на 23.19%, на 18.68% электрических потерь в роторе, увеличение на 3.32% стальных потерь.

Полученные данные КПД соответствует классу энергоэффективности IE2.

Наряду с повышением КПД двигателя, переход на использование электродвигателей класса IE2 позволяет:

- экономить большое количество энергии;

- увеличить срок жизни двигателя и смежного с ним оборудования;
- повысить коэффициент мощности;
- улучшить перегрузочную способность;
- уменьшить затраты на техобслуживание и снизить простои;
- повысить устойчивость двигателя к тепловым нагрузкам и к нарушениям условий эксплуатации;
- снизить нагрузку на обслуживающий персонал из-за практически бесшумной работы.

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Анализ конкурентных технических решений

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

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

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения [8].

Таблица 3.1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	2	2	2	0,2	0,2	0,2
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Энергоэкономичность	0,125	2	4	5	0,25	0,5	0,625
4. Надежность	0,1	1	2	4	0,1	0,2	0,4
5. Уровень шума	0,05	2	3	4	0,1	0,15	0,2
6. Безопасность	0,075	3	3	3	0,225	0,225	0,225
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	2	2	0,2	0,1	0,1
3. Цена	0,075	4	3	3	0,3	0,225	0,225
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	2	4	4	0,2	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,075	3	4	4	0,225	0,3	0,3
6. Финансирование научной разработки	0,05	2	4	5	0,1	0,2	0,25
7. Наличие сертификации разработки	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
Итого		35	41	45	2,6	3,2	3,525

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 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:

$$K = \sum B_i \cdot b_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

b_i – балл i -го показателя.

Итог анализа:

В качестве конкурентов рассмотрены различные классы энергоэффективности. В качестве базового варианта – стандартный класс IE1.

K_{k1} - высокий класс IE2, K_{k2} – сверхвысокий IE3.

Разница между первыми двумя по показателям значительна, так как в первом случае мы не используем высокоэффективные материалы, 3-ый вариант незначительно эффективнее чем 2-ой, поскольку в нем еще более улучшены параметры и получен прирост КПД на несколько процентов выше.

Анализ конкурентоспособности показывает, что высокоэффективные варианты по многим показателям лучше стандартного класса и в ближайшем будущем будут займут рынок. Спрос на стандартный класс IE1 в России сохраняется за счет неосведомленности клиентов и энергоэффективные двигателя не используются широко.

3.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

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

Таблица 3.2 Первый этап SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Разработка позволит сэкономить большое количество электроэнергии; С2. Увеличение надежности и срока службы двигателя и смежного с ним оборудования; С3. Низкий уровень шума С4. Минимизация капитальных и эксплуатационных затрат;</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Повышенная цена; Сл2. Требуется большое количество высокоэффективных материалов при производстве; Сл3. Неосведомленность клиентов;</p>
<p>Возможности: В1. Внедрение в данной разработки в производственные цеха. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Появление более дешевых материалов. В4. Дальнейшее улучшение энергоэффективности В5. Лучшее подавление шума</p>		
<p>Угрозы: У1. Дороговизна может препятствовать покупке продукта У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У3. Сложность с обеспечением высокоэффективных материалов.</p>		

Интерактивная матрица проекта

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 3.3 Интерактивная матрица проекта С-В

Сильные стороны проекта					
Возможности		С1	С2	С3	С4
проекта	В1	+	+	0	+
	В2	+	+	0	+
	В3	+	0	-	+
	В4	+	+	+	+
	В5	-	-	+	0

Таблица 3.4 Интерактивная матрица проекта Сл-В

Слабые стороны проекта				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
проекта	В1	0	+	-
	В2	+	-	-
	В3	+	+	-
	В4	+	+	-
	В5	-	+	-

Таблица 3.5 Интерактивная матрица проекта С-У

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

Таблица 3.6 Интерактивная матрица проекта Сл-У

Слабые стороны проекта				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
проекта	У1	+	+	+
	У2	0	-	-
	У3	0	+	-

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 3.7 Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Разработка позволит сэкономить большое количество электроэнергии; С2. Увеличение надежности и срока службы двигателя и смежного с ним оборудования; С3. Низкий уровень шума С4. Минимизация капитальных и эксплуатационных затрат; С5.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Повышенная цена; Сл2. Требуется большое количество высокоэффективных материалов при производстве; Сл3. Неосведомленность клиентов;</p>
<p>Возможности: В1. Внедрение в данной разработки в производственные цеха. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Появление более дешевых материалов. В4. Дальнейшее улучшение энергоэффективности В5. Лучшее подавление шума</p>	<p>C1B1B2B3B4B5 C2B1B2B4 C3B4B5 C4B1B2B3B4B5</p>	<p>Сл1B2B3B4 СлB1B3B4B5</p>
<p>Угрозы: У1. Дороговизна может препятствовать покупке продукта У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У3. Сложность с обеспечением высокоэффективных материалов.</p>	<p>C2У3 C4У3</p>	<p>Сл1У1 Сл2У1У3 Сл3У1</p>

Из результатов SWOT – анализа можно сделать вывод, что повышение энергоэффективности является перспективной и необходимой областью в энергетике. Так как сэкономить единицу энергетических ресурсов, например, 1 тонну топлива в условном исчислении вдвое дешевле, чем ее добыть. Недостатки, такие как, повышенная начальная цена и обеспечение

высокоэффективными материалами полностью окупаются за счет меньшего энергопотребления.

3.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Рассмотрим три основных варианта совершенствования разработки и основных направлений научного исследования.

- Первый вариант – Стандартный класс энергоэффективности IE1

вывод КПД через формулу $\eta = \frac{P_2}{P_1}$, зная исходные данные двигателя;

- Второй вариант – высокий класс энергоэффективности IE2,

вывод КПД через измерение мощности, подводимой к машине и отдаваемой ею. Как правило, оно включает в себя измерение механической мощности на валу машины, подводимой к машине или отдаваемой ею;

- Третий вариант - сверхвысокий класс энергоэффективности IE3,

вывод КПД измерение подводимой и отдаваемой мощности двух машин, объединенных механически, например, двух одинаковых машин или испытуемой машины с тарированной машиной. Этим устраняется измерение механической мощности, подводимой к машине или отдаваемой ею.

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и препода-

ватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 3.8

Таблица 3.8 Планирование работ

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
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	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 совместно с лаборантом
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Публикация полученных результатов	Инженер

В данном разделе был составлен перечень работ и их распределение между сотрудниками. Исполнителями выбраны инженер, научный руководитель и лаборант.

3.5 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

В таблице 10 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работы.

3.6. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

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

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

Таблица 3.9 Перечень проведения 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			$t_{ож\ i}$, 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	5	2	2	8	4	1,4	6,2	2,8	1	2	1	1,4	3,1	2,8	1,7	3,8	3,4
Подбор и изучение материалов по теме	1	5	3	2	8	4	1,4	6,2	3,4	1	2	1	1,4	3,1	3,4	1,7	3,8	4,1
Выбор направления исследований	1	4	1	3	8	3	1,8	5,6	1,8	1	2	1	1,8	2,8	1,8	2,2	3,4	2,2
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	2	5	1,4	1,4	3,2	1	1	1	1,4	1,4	3,2	1,7	1,7	3,9
Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	10	4	8	14	8	5,6	11,6	5,6	1	2	1	5,6	5,8	5,6	6,8	7,1	6,8
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	28	28	7	40	40	8	32,8	32,8	7,4	2	2	2	16,4	16,4	3,7	20	20	4,5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	5	10	5	7	20	7	5,8	14	5,8	1	2	1	5,8	7	5,8	7,1	8,5	7,1
Оценка эффективности полученных результатов	2	8	2	3	11	3	2,4	9,2	2,4	1	2	1	2,4	4,6	2,4	2,9	5,6	2,9
Составление пояснительной записки	4	7	4	7	14	7	5,2	9,8	5,2	1	1	1	5,2	9,8	5,2	6,3	11,9	6,3
Публикация полученных результатов	1	1	1	7	7	7	3,4	3,4	3,4	1	1	1	3,4	3,4	3,4	4,1	4,1	4,1

Итого длительность работ в календарных днях при использовании
Первого варианта- 54,5 календарных дней.
Второго варианта- 69,9 календарных дней.
Третьего варианта- 45,3 календарных дней.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				февр.			март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель и инженер	3,8	■															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель и лаборант	3,8	■	⊠														
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель и инженер	3,4	■	■														
4	Календарное планирование работ по теме	Лаборант	1,7		⊠														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер и лаборант	7,1		⊠														
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер и лаборант	20			■	⊠												
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер и научный руководитель	8,5						■	■									
8	Оценка эффективности и полученных результатов	Инженер и научный руководитель	5,6						■	■									
9	Составление пояснительной записки	Инженер	11,9							■	■								
10	Публикация полученных результатов	Инженер	4,1								■	■							

Научный руководитель
 Инженер
 Лаборант

В данном разделе были рассчитаны календарный план-график работ, трудоемкость, а также длительность работ. Наиболее быстрым методом оказался метод, который проводится в 3 случае, то есть работа на реальном объекте, так как данный метод основан уже на исследованиях и оборудовании реально работавших в прошлом, что позволило сэкономить ресурсы.

3.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая

группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.8 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 3.11

Таблица 3.11 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Перчатки х/б	Пара	-	2	2	-	25	25	-	50	50
Костюм х/б	Штука	-	2	2	-	900	900	-	1800	1800
Очки защитные	Штука	-	1	1	-	400	400	-	400	400
Итого								-	2250	2250

3.9 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 11.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 3.12 Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. 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
1.	-	Моментметр	Асинхронный генератор	1	1	1	-	1500	13000	-	1500	13000
2.	-	Ваттметр	Муфта	1	1	-	-	1500	3600	-	1500	3600
Итого:										-	3000	16600

3.10 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. 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 14.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}},$$

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

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

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

Таблица 3.13 Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов			Исполнители по категориям			Трудо-емкость, чел.-дн.			Зароботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. 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	Научный руководитель	Научный руководитель	1,4	6,2	2,8	2308,91	2308,91	2308,91	3232,47	14315,24	6464,94	3232,47	14315,24	6464,94
			Инженер								1848,18				
2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель	Научный руководитель	1,4	6,2	3,4	2308,91	2308,91	2308,91	3232,47	14315,24	7850,29	3232,47	14315,24	7850,29
			Лаборант								1206,56				
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель	Научный руководитель	1,8	5,6	1,8	2308,91	2308,91	2308,91	4156,03	12929,89	4156,03	4156,03	12929,89	4156,03
			Инженер								1848,18				
4	Календарное планирование работ по теме	Лаборант	Лаборант	Лаборант	1,4	1,4	3,2	1206,56	1206,56	1206,56	1689,18	1689,18	3860,99	1689,18	3860,99
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	Инженер	5,6	11,6	5,6	1848,18	1848,18	1848,18	10349,80	21438,88	10349,80	10349,80	21438,88	10349,80
			Лаборант								1206,56			13996,09	
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер	Инженер	32,8	32,8	7,4	1848,18	1848,18	1848,18	60620,30	60620,30	13676,53	60620,30	60620,30	13676,53
			Лаборант								1206,56			1206,56	
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер	Научный руководитель	5,8	14	5,8	1848,18	1848,18	1848,18	10719,44	32324,74	10719,44	10719,44	32324,74	10719,44
			Инженер								1848,18			25874,52	
8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	Научный руководитель	2,4	9,2	2,4	1848,18	1848,18	1848,18	4435,63	21241,972	4435,632	4435,63	21241,972	4435,632
			Инженер								1848,18			17003,256	
9	Составление пояснительной записки	Инженер	Инженер	Инженер	5,2	9,8	5,2	1848,18	1848,18	1848,18	9610,53	18112,16	9610,53	9610,53	18112,16
10	Публикация полученных результатов	Инженер	Инженер	Инженер	3,4	3,4	3,4	1848,18	1848,18	1848,18	6283,81	6283,81	6283,81	6283,81	6283,81
Итого:											153904,9	322725,86	86336,58		

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 3.14

Таблица 3.14 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	52	52
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	56	56	28
- невыходы по болезни	14	17	20
Действительный годовой фонд рабочего времени	229	226	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

$k_{пр}$ – 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_{tc} 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 16.

Таблица 16-Расчёт основной заработной платы

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

$k_{пр}$ – 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_{tc} 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 3.15.

Таблица 3.15 Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	27500	0,3	0,15	1,3	51838	2308,91921	229	528742,5
Инженер	17500	0,3	0,5	1,3	40950	1848,18584	226	417690
Лаборант	13000	0,3	0,3	1,3	27040	1206,56574	251	302848
Итого								1249281

Тарифные ставки были приняты на основании данных газеты «За кадры» <http://za-kadry.tpu.ru/article/3393/7618.htm>

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

3.11 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

3.12 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:

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

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлено в таблице 3.16

Таблица 3.16 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	10620,97	95127,08	18471,26	1274,51	11415,25	2216,55
Инженер	102019,5	171141,4	12789,53	12242,34	20536,97	1534,74
Лаборант	41264,34	62741,1	55075,75	4951,72	7528,93	6609,09
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	46713,18					
Исполнение 2	99860,98					
Исполнение 3	26204,86					

3.13 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 3.17

Таблица 3.17 Величины накладных расходов

	$Z_{\text{накл}}$, руб.
Исполнение 1	37446,18
Исполнение 2	77123,19
Исполнение 3	19894,69

3.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 3.18

Таблица 3.18 Бюджет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	-	2250	2250	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	3000	16600	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	86336,58	153904,9	322726	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10360,38	18468,57	39481,2	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26204,86	46713,18	99861	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	19664,2912	35893,864	76946,912	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	142566,1112	260230,514	557865,112	Сумма ст. 1- 6

3.15 Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где:

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

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

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

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы.

Таблица 3.19 Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Стандартный класс IE1	Высокий класс IE2	Сверхвысокий класс IE3
1. Безопасность	0,15	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,25	2	4	5
5. Надёжность	0,25	3	4	5
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	5
Итого:	1,00	3,35	3,5	4

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 2 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 3,35.$$

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 3.20 Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	Φ_{max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{фин}^{исп.i}$, о.е.
1	557865,112	142566,1112	0,255
2		260230,514	0,466
3		557865,112	1

Величина интегрального финансового показателя разработки первого варианта (стандартный класс энергоэффективности) показывает наименьшие затраты при изготовлении, поскольку в нем не используются высокоэффективные материалы. Исполнение 1 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Интегральный показатель эффективности вариантов использования разработки:

Для первого исполнения:
$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин1}^{исп1}} = \frac{3,35}{0,255} = 13,137$$

Для второго исполнения: $I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп1}^{фин1}} = \frac{3,5}{0,466} = 7,51$

Для третьего исполнения: $I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп1}^{фин1}} = \frac{4}{1} = 4$

Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\mathcal{E}_{ср1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{13,137}{7,51} = 1,749$$

$$\mathcal{E}_{ср2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.3}} = \frac{7,51}{4} = 1,8775$$

$$\mathcal{E}_{ср2} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.3}} = \frac{13,137}{4} = 3,284$$

Таблица 3.21 Интегральные показатели

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,258	0,485	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,35	3,5	4
3	Интегральный показатель эффективности	13,137	7,51	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,749	1,8775	3,284

Наименее затратным является первый вариант схемы, поскольку не требует специального оборудования для измерения КПД, однако класс энергоэффективности IE1 в скором времени будет заменен на IE2, IE3, имеющие уменьшенное энергопотребление при том же уровне нагрузочной мощности и позволяющие сэкономить большое количество электроэнергии.

Энергоэффективный двигатель имеет повышенный КПД за счет следующих системных улучшений:

1. Увеличена масса активных материалов (медной обмотки статора и холоднокатаной стали в пакетах статора и ротора);
2. Применяются электротехнические стали с улучшенными магнитными свойствами и уменьшенными магнитными потерями;
3. Оптимизированы зубцово-пазовая зона магнитопровода и конструкция обмоток;
4. Использована изоляция с повышенной теплопроводностью и электрической прочностью;
5. Уменьшен воздушный зазор между ротором и статором с помощью высокотехнологичного оборудования;
6. Применяются подшипники и смазки более высокого качества.

Заключение

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы спроектирован асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором с мощностью 7.5 кВт, числом полюсов $2p=4$, высота оси вращения $h=132$ мм, степень защиты IP54.

В разделе электромагнитный расчет выполнены выбор главных размеров, произведен расчет параметров статора, ротора, магнитной цепи, параметров рабочего режима, а также расчет потерь. В расчете рабочих и пусковых характеристик найдены значения КПД и $\cos\phi$, кратности пускового тока и момента находятся в допустимых пределах. В механическом расчете рассчитаны значения прочности и жесткости вала двигателя. В тепловом расчете, при использовании в двигателе класса изоляции F, имеется большой температурный запас как для обмотки статора, так и для двигателя в целом.

В разделе специальная часть рассмотрено проектирование энергоэффективного двигателя. Удалось получить увеличение энергетических характеристик машины для класса энергоэффективности IE2.

При выполнении технологической части разработан технологический процесс общей сборки двигателя, для этого были выбраны необходимое оборудование и оснастка, рассчитаны нормы времени на операции и построена диаграмма загрузки оборудования.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение рассмотрено сравнение затрат при использовании классов энергоэффективности IE1, IE2, IE3.

На основании этих данных выполнено формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

В разделе социальная ответственность произведен анализ вредных и опасных факторов, возникающих в процессе общей сборки двигателя.

Дубл.													
Взам.													
Подл.													

14

1

ТПУ

ФЮРА.684300.070

Статор

Комплект документов
на технологический процесс
общей сборки асинхронного двигателя
ФЮРА.525622.011 СБ

Выполнил студент группы 5Г2Э: Цыбиков Батор
Проверил: к.т.н. доцент кафедры ЭКМ Баранов П.В.

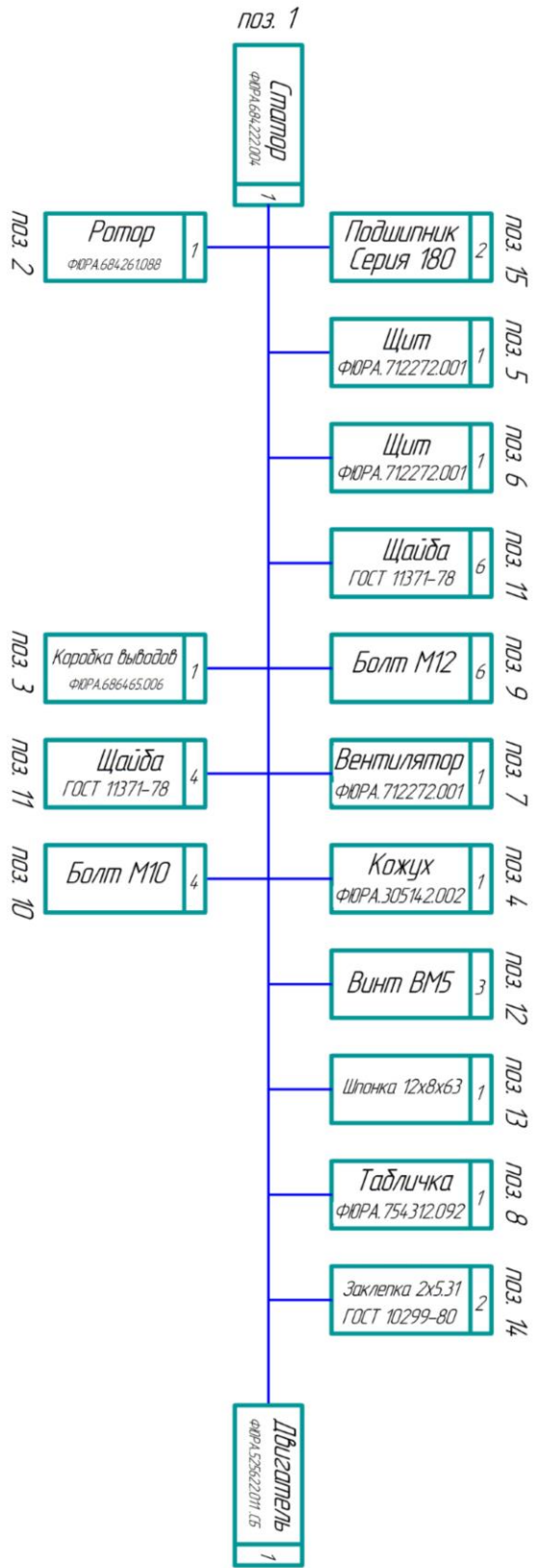
ТЛ

Титульный лист

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
А3			ФЮРА.525622.011.СБ	Сборочный чертеж	1	
<u>Сборочные единицы</u>						
1			ФЮРА.684222.004	Статор	1	
2			ФЮРА.684261.088	Ротор	1	
3			ФЮРА.686465.006	Коробка выводов	1	
4			ФЮРА.305142.002	Кожух	1	
<u>Детали</u>						
5			ФЮРА.712272.001	Щит подшипниковый	1	
6			ФЮРА.712272.001-01	Щит подшипниковый	1	
7			ФЮРА.712272.001	Вентилятор	1	
8			ФЮРА.754312.092	Табличка фирменная	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
9				Болт М12х1-6дх30.109.40Х.016	6	
10				Болт М6х1-6дх14.109.40Х.016	4	
11				Шайба ГОСТ 11371-78	10	
12				Винт ВМ5-8дх10.-19 ГОСТ 1491-89	3	
ФЮРА.525622.011						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Цыдыков Б.Б.			Лист	Лист
Проб.		Бейерлейн Е.В.			9	1
Исконтр.		Баранов П.Р.			Листов	
Утв.					1	
Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором					ТПУ ЭНИН Группа 5Г23	
Копировал					Формат А4	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

ФЮРА.525000.002

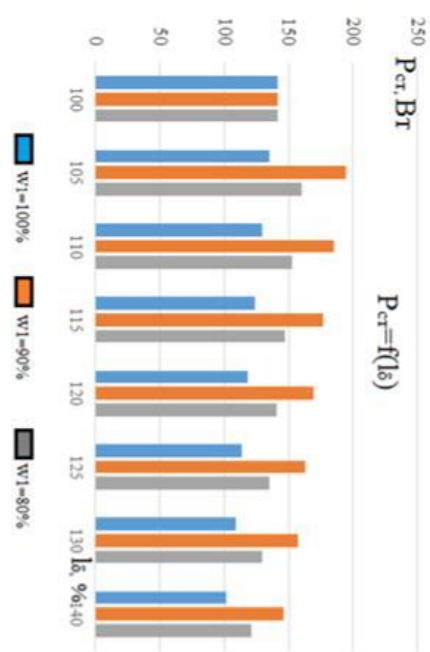
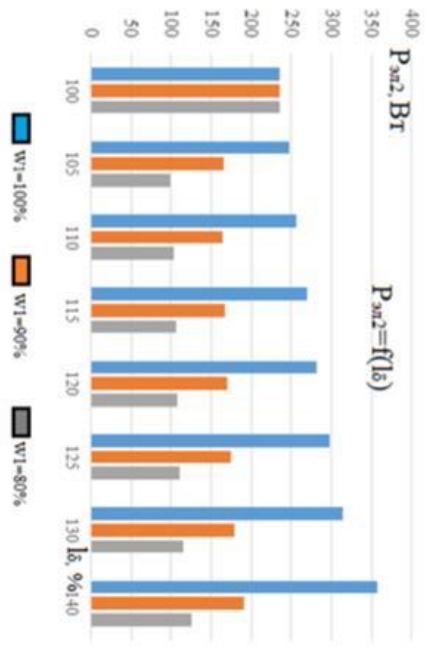
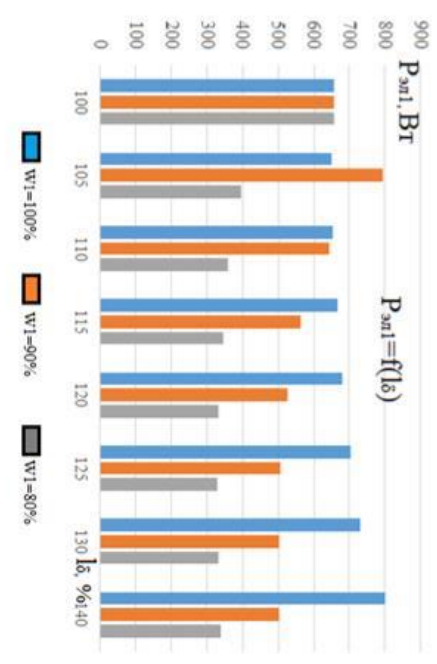
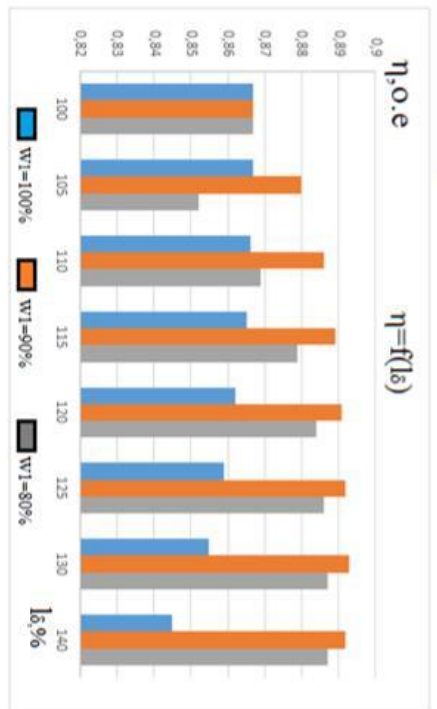


Имя Лист		№ докум.		Подп.		Дата	
Разработ	Ильинский С.С.						
Проект	Белорыч Л.В.						
Технича	Борисов П.Р.						
Начальн							
Упр.							
ФЮРА.525000.002				Лист 1			
Схема сборки				Лист 1			
Диаграмма загрузки				Листов 1			
Копировали				Формат А3			

ФЮРА.525000.003

Склад №	Лист номер
---------	------------

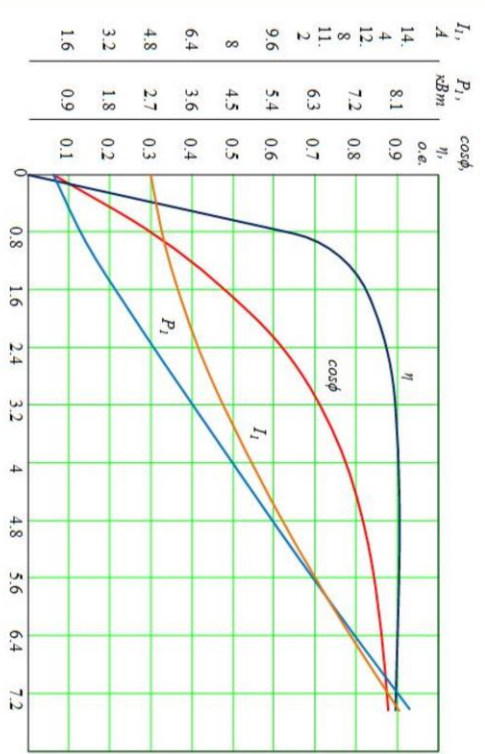
Инд № подл.	Подл и дата	Взам инд №	Инд № дубл.	Подл и дата
-------------	-------------	------------	-------------	-------------



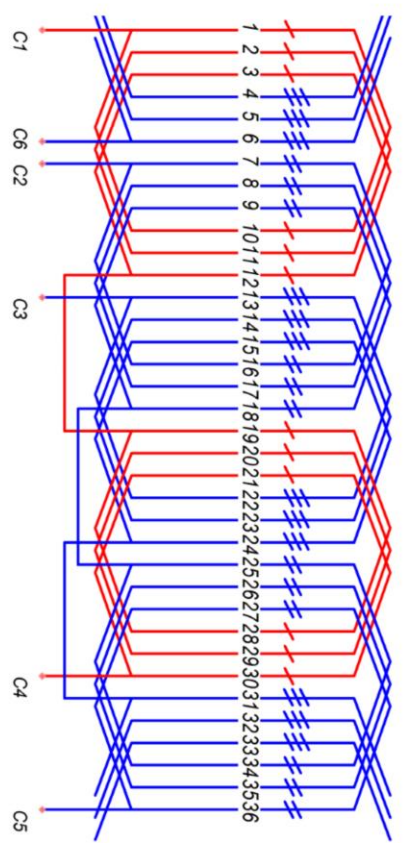
Имя лица	№ докум	лист	дата	ФЮРА.525000.003 Специальная часть	Лист	Место	Подпись
Подпись	Инициалы И.И.				1-1		
Подпись	Инициалы И.И.						
Подпись	Инициалы И.И.						
Подпись	Инициалы И.И.						
Инициалы							
Инд							

Копировать Формат А3

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

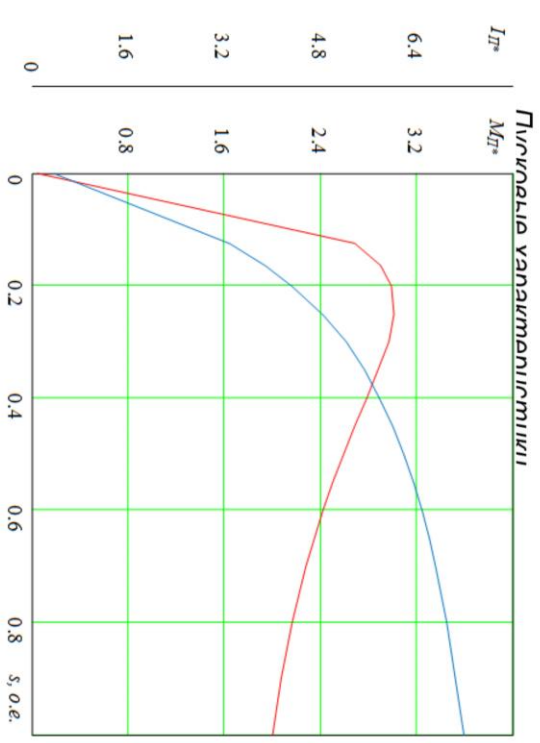


$P_2, \text{кВт}$



Обмотка однофазная петлевая $Z_1=36, q=3, a=9$

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



Име. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>ФЮРА.525622.011</p> <p>Электромашинный расчет</p>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб. Цыкоков Б.В.					1:1		
Проев. Бабелкин Е.В.					1:1		
Т.контр. Варанов П.Р.					1		
Н.контр. Уте.					1		