

**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
<b>Разработка частотно-регулируемого асинхронного двигателя</b> <u>УДК 621.313.333.2</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Э	Илюшин Александр Эдуардович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бейерлейн Е.В.	к.т.н., доцент		

**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.	к.т.н., доцент		

По разделу «Технология производства»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баранов П.Р.	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г2Э	Илюшин Александр Эдуардович

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавр</b>	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки : - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Оценочная карта QuaD
3. График Ганта
4. График проведения и бюджет НИ
5. Определение ресурсоэффективности проекта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Трофимова М.Н.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г2Э	Илюшин Александр Эдуардович		

**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 Электромеханических комплексов и материалов

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Э	Илюшин Александр Эдуардович

Тема работы:

Разработка частотно-регулируемого асинхронного двигателя

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	
(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 $P_{2H}=11$ кВт; Число фаз статора $m=3$ ; Номинальное напряжение $U_H=220/380$ ; Число полюсов $2p=4$ ; Частота сети равна $= 50$ Гц; Высота оси вращения $h= 132$ мм; Степень защиты IP44; Способ монтажа IM1001; Система охлаждения IC0141.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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>Анализ особенностей работы асинхронного двигателя совместно с преобразователем частоты, проектирование асинхронного двигателя в соответствии с особенностями работы, расчет совместной работы двигателя и преобразователя частоты.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Сборочный чертеж асинхронного двигателя, Электромагнитный расчет, Однослойная петлевая обмотка статора, технологическая часть.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></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><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></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	Илюшин А.Э		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Э	Илюшин Александр Эдуардович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Частотно-регулируемый асинхронный двигатель. Материал: Электротехническая сталь, медь, чугун. Общепромышленный двигатель.
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью;</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу;</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>

### 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	Илюшин А.Э.		

## Запланированные результаты обучения по направлению

### 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Результат обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>
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.
<b>Универсальные компетенции</b>
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.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 117 с., 12 рисунков, 18 таблиц, 11 источников литературы, приложения, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: Асинхронный электродвигатель, частотно-регулируемый электропривод, короткозамкнутый ротор, литая станина, статор, однослойная концентрическая обмотка статора, рабочие характеристики, пусковые характеристики, допустимый диапазон регулирования.

Объектом исследования является асинхронный электродвигатель с короткозамкнутой ротором предназначенный для частотно-регулируемого электропривода.

Цель работы: проектирование частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя, а именно: рассчитаны главные размеры, выбраны обмотки статора и ротора, обмоточные провода, изоляция, рассчитаны рабочие характеристики, пусковые характеристики, произведен механический расчет вала и тепловой расчет двигателя. Также разработан технологический процесс механической обработки вала двигателя, определен допустимый диапазон регулирования, рассчитана себестоимость спроектированного двигателя, оценена безопасность и экологичность проекта.

Выпускная квалификационная работа выполнена с использованием пакета программ Microsoft office Word 2016, Microsoft office Excel 2016, Mathcad 14, Компас V13 на белой бумаге формата А4.

## **Введение**

Вследствие возрастающей степени автоматизации в промышленности, существует постоянная потребность в дополнительных средствах автоматического управления, и происходит непрерывное увеличение производственных скоростей и совершенствования методов в целях дальнейшего повышения эффективности различных промышленных предприятий.

Асинхронные машины – наиболее распространённые электрические машины. Особенно широко они применяются как электродвигатели, являются основными преобразователями электрической энергии в механическую. Применение асинхронных двигателей в качестве электропривода подавляющего большинства механизмов объясняется простотой конструкции, надёжностью и высоким значением КПД этих машин.

Проектируемая электрическая машина должна иметь высокие энергетические показатели (КПД и  $\cos\varphi$ ). Разрабатываемый электрический двигатель должен соответствовать техническим требованиям, быть надёжным и иметь срок службы 8 – 10 лет.

Темой настоящей выпускной квалификационной работы является частотно-регулируемого асинхронного двигателя

В настоящее время электродвигатели обладают высокими требованиями к качеству. Эти двигатели рассчитаны на работу с фиксированной скоростью, и в течении длительного времени работы без сбоев. В современном мире регулируемые асинхронные двигатели имеют большую тенденцию. По некоторым данным ежегодный рост мирового рынка продаж электроприводов переменного тока составляет от 3 до 10% и более.

Наряду с возможностью использования положительных свойств трехфазных электродвигателей переменного тока, основным требованием при проектировании установки (электродвигатель – преобразователь частоты) часто оказывается наличие плавного регулирования скорости. Использование регулируемых электроприводов дает ряд преимуществ:

- энергосбережение;
- плавность работы машины;
- уменьшение объема технического обслуживания;
- улучшение условий труда.

В выпускной квалификационной работе производится расчет асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором мощностью 11 кВт, высотой оси вращения 132 мм., номинальным напряжением 220/380 В., числом фаз 3, числом полюсов  $2p=4$ .

## 1.9 Расчёт пусковых характеристик

Пусковыми характеристиками частотно-регулируемого асинхронного двигателя являются зависимости  $n_2 = M$  и Отношение начального пускового момента к номинальному  $M^*$  у низковольтных двигателей с короткозамкнутым ротором должно быть не ниже а отношение начального пускового тока к номинальному – не выше значений оговоренных в ГОСТе.

Определим ряд величин для нахождения активного сопротивления обмотки ротора.

Проведём расчёт для момента пуска  $s = 1$ .

1.9.1 Исходные данные для построения пусковых характеристик:

$r_1 = 0.53 \text{ Ом}; \quad r'_2 = 0.26 \text{ Ом}; \quad x_1 = 1.02 \text{ Ом}; \quad x'_2 = 1.733 \text{ Ом}; \quad x_{12} = 32.764 \text{ Ом};$

$U_{1h} = 220 \text{ В}; \quad f_1 = 50 \text{ Гц}; \quad p = 2 \quad m = 3$

1.9.2 Расчет активных и индуктивных сопротивлений обмотки статора и ротора.

Обмотки статора:

$$r_1 = r_1 \cdot c_1 = 0.53 \cdot 1.031 = 0.546 \text{ Ом};$$

$$x_{\sigma 1} = x_1 \cdot c_1 = 1.02 \cdot 1.031 = 1.052 \text{ Ом};$$

Обмотки ротора:

$$r'_2 = r_2 \cdot c_1 = 0.26 \cdot 1.031 = 0.26 \text{ Ом};$$

$$x'_{\sigma 2} = x_2 \cdot c_1 = 1.733 \cdot 1.031 = 1.843 \text{ Ом};$$

Где -  $C_1$ :

$$c_1 = 1 + \frac{x_1}{x_{12}} = 1 + \frac{1.02}{33.347} = 1.031$$

1.9.3 Дальнейшие параметры заносим в таблицу 6, так как они зависят от частоты питающего напряжения.

В таблице 6 приведены следующие величины:

$\omega_1$  - угловая скорость

$U_f$  - напряжение питания сети

$n_1$  - синхронная частота вращения

$L_{\delta 1}, L_{\sigma 2}$  -индуктивность рассеяния обмоток

$S_{кр}$  - критическое скольжение

$n_{rh}$  - критическая частота вращения

Таблица 5 – Пусковые характеристики двигателя

Расчётные формулы	Размерность	Частота f, Гц				
		50	45	40	35	30
$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1$	рад/сек	314,1	282,7	251,3	219,8	188,4
$U_f = U_H \cdot \frac{f_1}{50}$	В	220	198	176	154	132
$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p}$	об/мин	1500	1350	1200	1050	900
$L_{\delta 1}$	Гн	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006
$L_{\sigma 2}$	Гн	0,005	0,006	0,007	0,0008	0,009
$S_{кр}$	-	0,06	0,067	0,077	0,082	0,094
$S_H$	-	0,034	0,0345	0,035	0,0425	0,056

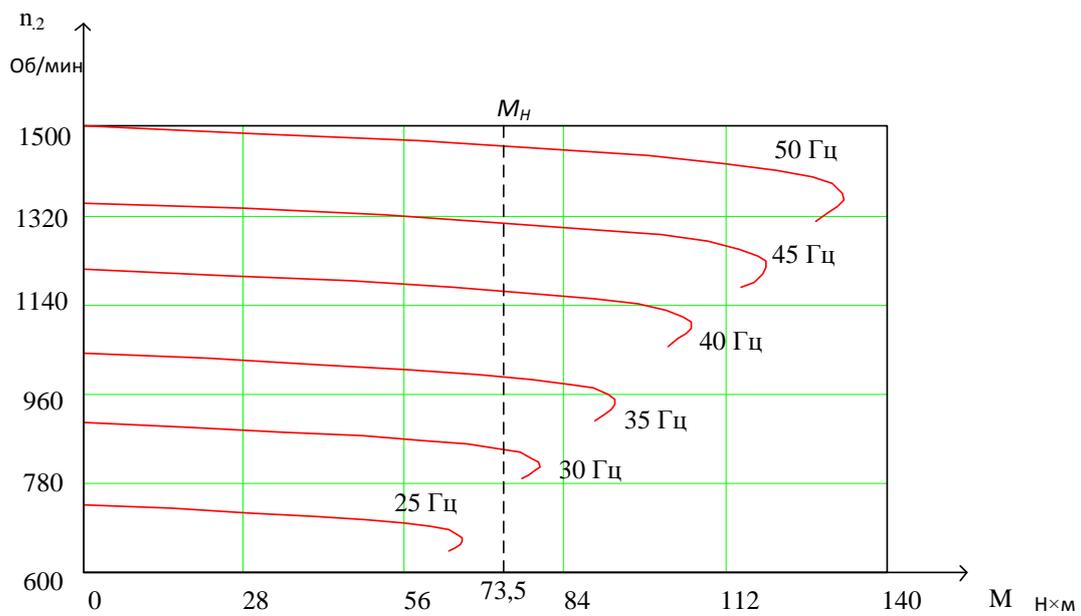


Рис. 5 - Пусковые характеристики асинхронного двигателя

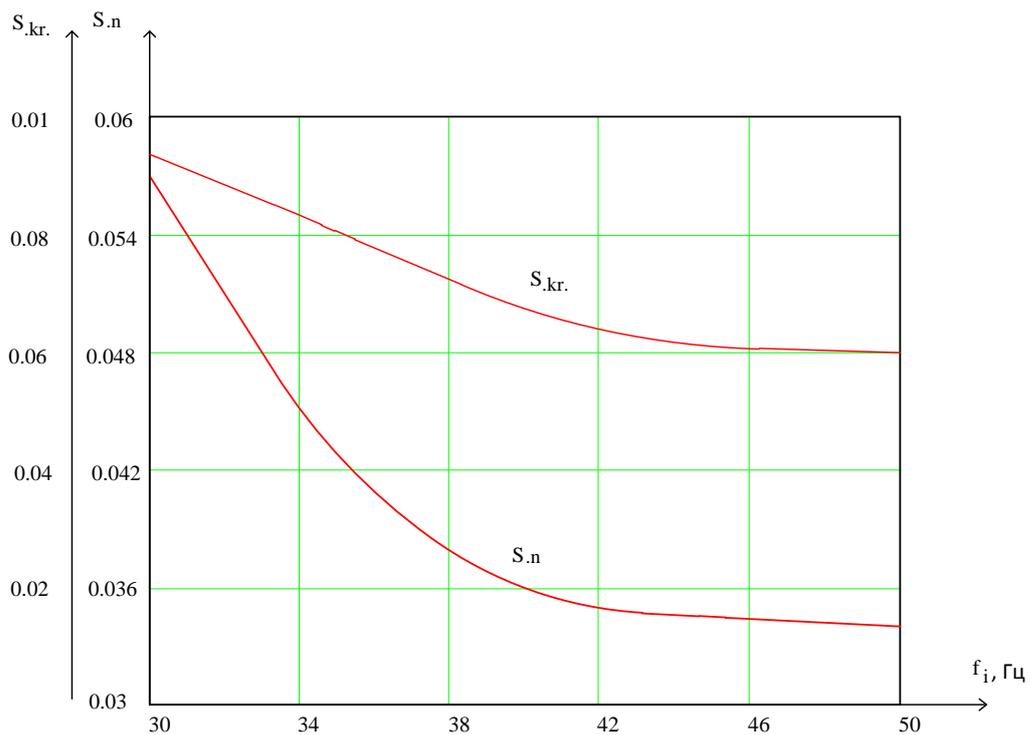


Рис.6 Зависимость критического скольжения и номинального скольжения от частоты напряжения.

Как видно из характеристик при частоте 25 Гц момент номинальный, больше критического, при полной нагрузке двигателя пуск при частоте  $f=25$

Гц и  $U=100$  В пуск двигателя будет затруднен. Исходя из этого рекомендованный диапазон регулирования 50-30 Гц.

## 2. Тепловой расчёт

Так как при понижении частоты питающего напряжения понижается и скорость вращения ротора, следовательно понижается и скорость вращения вентилятора, который служит основным элементом для охлаждения машины, что может привести к перегреву двигателя.

В тепловом расчёте мы проведем расчёт нагрева обмотки при разной частоте питающего напряжения, используя значения потерь полученных для номинального режима, но потери в изолированных обмотках статора несколько увеличивают по сравнению с расчётными предполагая, что обмотки могут быть нагреты до предельно допустимой для принятого класса изоляции температуры при классе нагревостойкости изоляции F – до плюс 100 °С. При этом коэффициент увеличения потерь  $k_p$  по сравнению с полученными значениями для расчётной температуры составит  $k_p = 1.07$ .

2.1 Электрические потери в лобовых частях катушек [1 с.449]:

$$P'_{эл.1} = k_p \cdot P_{эл} \cdot \frac{2 \cdot l_\delta}{l_{cp1}} = 1.07 \cdot 808.06 \cdot \frac{2 \cdot 0.155}{0.711} = 127.22 \text{ Вт}$$

Превышение температуры внутренней поверхности сердечника статора над температурой воздуха внутри двигателя [1 с.450]:

$$\Delta V_{нод} = K \cdot \frac{P'_{эл.1} + P_{см.очн}}{\pi \cdot D \cdot l_\delta \cdot \alpha_1}$$

где  $\alpha_1$  - коэффициент теплоотдачи с поверхности [1 с.450] зависит от  $D_a$

$$\alpha_1 = 110 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$$

$K$  – коэффициент учитывающий что часть потерь в сердечнике статора и в пазовой части обмотки передаётся через станину непосредственно в окружающую среду [1 с.450] зависит от  $2p$   $K = 0.2$

тогда:

$$\Delta v_{нов1} = K \cdot \frac{P'_{э.л.1} + P_{ст.очн}}{\pi \cdot D \cdot l_{\delta} \cdot \alpha_1} = 0,2 \cdot \frac{377,9 + 225,74}{3,14 \cdot 0,158 \cdot 0,155 \cdot 110} = 14,19^{\circ}\text{C}$$

Расчётный периметр поперечного сечения паза статора равный для полузакрытых трапецидальных пазов [1 с.451]:

$$П_1 = 2 \cdot h_{н.к.} + b_1 + b_2 = 2 \cdot 0,015 + 0,009 + 0,006 = 0,045 \text{ м}$$

2.2 Перепад температуры в изоляции пазовой части обмотки статора [1 с.452]:

$$\Delta v_{из.л1} = \frac{P'_{э.л.1}}{Z_1 \cdot П_1 \cdot l_{\delta}} \cdot \left( \frac{b_{из.л1}}{\lambda_{эКВ}} + \frac{b_1 + b_2}{16 \cdot \lambda'_{эКВ}} \right)$$

где  $\lambda_{эКВ}$  - средняя эквивалентная теплопроводность пазовой изоляции; для классов нагревостойкости А F и Н  $\lambda_{эКВ} = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$

$\lambda'_{эКВ}$  - среднее значение коэффициента теплопроводности внутренней изоляции катушки насыпной обмотки из эмалированных проводников [1 с.452]

$\lambda'_{эКВ} = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$  зависит от  $d/d_{из}$

тогда:

$$\Delta v_{из.л1} = \frac{P'_{э.л.1}}{Z_1 \cdot П_1 \cdot l_{\delta}} \cdot \left( \frac{b_{из.л1}}{\lambda_{эКВ}} + \frac{b_1 + b_2}{16 \cdot \lambda'_{эКВ}} \right) = 5,04^{\circ}\text{C}$$

2.3 Перепад температуры по толщине изоляции лобовых частей [1 с.452]:

$$P'_{э.л.1} = k_{\rho} \cdot P_{эл} \cdot \frac{2 \cdot l_{л1}}{l_{сп1}} = 478 \text{ Вт}$$

$$\Delta v_{из.л1} = \frac{P'_{э.л.1}}{2 \cdot Z_1 \cdot П_1 \cdot l_{\delta}} \cdot \left( \frac{b_{из.л1}}{\lambda_{эКВ}} + \frac{h_{л1}}{12 \cdot \lambda'_{эКВ}} \right) = 1,075^{\circ}\text{C}$$

2.4 Превышение температуры наружной поверхности лобовых частей над температурой воздуха внутри двигателя [1 с.452]:

$$\Delta v_{нов.л1} = \frac{K \cdot P'_{э.л.1}}{2 \cdot \pi \cdot D \cdot l_{вв.л1} \cdot \alpha_1} = 13,585^{\circ}\text{C}$$

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой воздуха внутри двигателя [с.238 формула 6-321]:

$$\Delta v'_1 = \frac{(\Delta v_{нов.л1} + \Delta v_{из.л1}) \cdot 2 \cdot l_{\delta} + (\Delta v_{из.л1} + \Delta v_{нов.л1}) \cdot 2 \cdot l_{л1}}{l_{сп1}} = 14,81^{\circ}\text{C}$$

2.5 Превышение температуры воздуха внутри машины над температурой окружающей среды определяется в предположении, что температура корпуса равна температуре воздуха внутри машины. [1 с.452]:

$$\Delta v_B = \frac{\sum P'_B}{s_{кор} \cdot \alpha_B}$$

где  $\sum P'_B$  - сумма потерь отводимых в воздух внутри двигателя [1 с.453]:

$$\sum P'_B = \sum P' - (1-K) \cdot (P'_{эл.1} + P_{ст.осн}) - 0.9 \cdot P_{мех}$$

где  $\sum P' = \sum P + (k_p - 1) \cdot (P_{s1} + P_{s2}) = 1723 \text{ Вт}$

тогда:

$$\sum P'_B = 1180 \text{ Вт}$$

$s_{кор}$  - эквивалентная поверхность охлаждения корпуса [1 с.453]:

$$s_{кор} = (\pi \cdot D_a + 8 \cdot \Pi_p) \cdot (l_\delta + 2 \cdot l_{выл}) = 0,805 \text{ м}^2$$

где  $\Pi_p$  - условный периметр поперечного сечения рёбер корпуса двигателя [1 с.453]

$\Pi_p = 0.26 \text{ м}$  зависит от  $h$ ,  $\alpha_B$  – коэффициент подогрева воздуха учитывающий теплоотдающую способность поверхности корпуса и интенсивность перемешивания воздуха внутри машины [1 с.455]  $\alpha_B = 23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  зависит от  $D_a$

тогда:

$$\Delta v_B = \frac{\sum P'_B}{s_{кор} \cdot \alpha_B} = \frac{1180}{0,805 \cdot 19} = 63,74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.6 Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды [1 с.453]:

$$\Delta v_1 = \Delta v'_1 + \Delta v_B = 14,813 + 63,74 = 78,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды для применяемой изоляции класса F не превышает допустимого значения в  $100 \text{ } ^\circ\text{C}$

2.7 Так как мы рассматриваем частотно-регулируемый двигатель, то рассмотрим частотные характеристики, которые сведены в таблицу 6

Таблица 6. Частотные характеристики

U; В	f; Гц	Pэ1; кВт	Pэ2; кВт	P2; кВт	Sн	$\Delta V$	n; об/мин	Mн; Нм	I1; А
220	50	0,772	0,35	11,03	0,034	78,5	1500	72,1	22,03
198	45	0,844	0,351	9,916	0,0345	78,8	1350	72,1	22,5
176	40	0,961	0,422	8,07	0,035	79,3	1200	72,1	23,3
154	35	1,212	0,564	7,693	0,0425	89	1050	72,1	25,3
132	30	1,424	0,698	5,989	0,056	93,2	900	65,4	24,3

Для наглядности построим график.

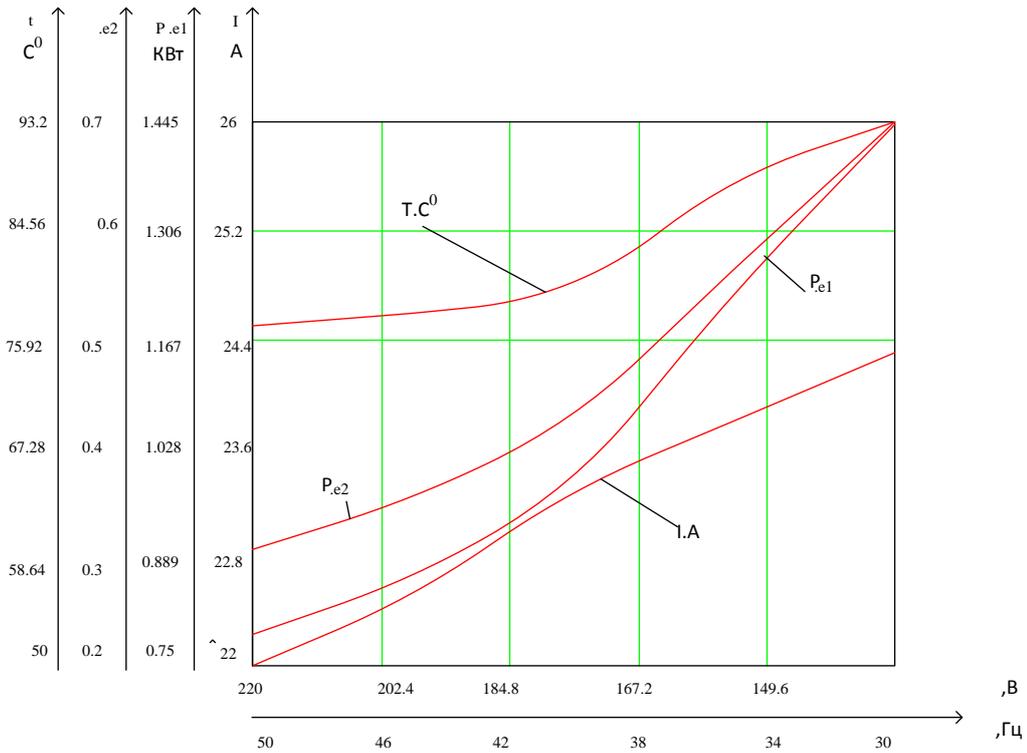


Рис.7 частотные характеристики

По результатам расчета теплового состояния машины при изменении частоты питающего напряжения подтвердили предполагаемый диапазон регулирования 50-30 Гц. Как видно из характеристик допустимый диапазон регулирования асинхронным электродвигателем, работающим от преобразователя частоты составил  $U/f = 220/50$  до  $U/f = 132/30$ . Уменьшение данного диапазона регулирования приведёт к возрастанию тока, возрастанию электрических потерь, что скажется на температурном состоянии машины в целом.

### **3. Экономическая часть**

#### **Введение**

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

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

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;

- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

### **3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **Потенциальные потребители результатов исследования**

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

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию точности, т.к. как для разных типов режимов работы, требуется разная величина подачи угля в установки соответствующей мощности.

А также следует выделить сегменты рынка:

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

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в табл.9.

Таблица 9. Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Двухскоростной асинхронный двигатель	Нерегулируемый асинхронный двигатель	Частотно-регулируемый асинхронный двигатель
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			

Фирма А		Фирма Б	
---------	--	---------	--

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для электроприводов постоянного тока и асинхронных электроприводов с датчиками скорости
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой бездатчиковых асинхронных электроприводов;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой бездатчиковых асинхронных электроприводов.

Технология QuaD

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

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

1) *Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:*

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

2) *Показатели оценки качества разработки:*

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

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (табл. 10).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 10 . Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	95	100	0,95	4,75
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,11	90	100	0,9	9,9
3. Помехоустойчивость	0,02	85	100	0,85	1,9
4. Энергоэкономичность	0,12	95	100	0,95	11,4
5. Надежность	0,06	90	100	0,9	5,4
6. Уровень шума	0,02	85	100	0,85	1,7
7. Безопасность	0,03	80	100	0,8	2,4
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	30	100	0,3	0,6
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	85	100	0,85	3,4
10. Простота эксплуатации	0,06	98	100	0,98	4,25
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	96	100	0,96	5,7
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	100	100	1	4
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	90	100	0,9	4,5

2. Уровень проникновения на рынок	0,05	70	100	0,7	3,5
3. Цена	0,1	65	100	0,65	6,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	95	100	0,95	4,75
5. Послепродажное обслуживание	0,02	90	100	0,9	1,8
6. Финансирование научной разработки	0,06	78	100	0,78	4,6
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,71	2,13
8. Наличие сертификации разработки	0,04	80	100	0,8	3,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>86,38</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,05 \cdot 95 + 0,11 \cdot 90 + \dots + 0,04 \cdot 80 = 86,38,$$

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

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  получилось равным 86,38, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

## 5.2 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. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

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

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

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты

проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;

- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;

- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?

- Какие интересные тенденции отмечены?

- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

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

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?

- Что делают конкуренты?

- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?

- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?

- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?

- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (табл. 11).

Таблица 11. Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	С1. Заявленная энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Повышение производительности труда. С5. Квалифицированный персонал. С6. Высокий срок эксплуатации. С7. Надежность данной системы по сравнению с другими. С8. Высокое качество продукции. С9. Универсальность схемы управления.	Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Большой срок выхода на рынок Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения

<p><b>Возможности:</b>  В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ  В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт  В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований  В4. Повышение стоимости конкурентных разработок  В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>		
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.  У2. Развитая конкуренция технологий производства  У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции  У4.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.  У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>		

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

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

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

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. 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 «-». Полученная интерактивная матрицы проекта представлена в табл. 12.

Таблица 12. Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Возможности проекта	B1	+	+	+	0	+	+	+	+	-
	B2	+	+	-	+	-	+	+	+	-
	B3	+	+	+	+	-	+	+	+	-
	B4	+	-	+	0	-	+	+	+	-
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+	+

Результаты анализа таблицы:

B1C1C2C3C5C6C7C8

B3C1C2C3C4C6C7C8

B5C1C3C4C5C6C7C8C9

Продолжение таблицы 12.

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	+
	B3	-	-	+
	B4	+	-	-
	B5	-	+	+

Результаты анализа таблицы:  
B5Сл2Сл3

Продолжение таблицы 12.

Сильные стороны проекта										
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	У1	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	У2	0	0	-	-	-	-	-	-	+
	У3	+	0	+	+	-	+	0	0	0
	У4	-	-	-	0	-	-	-	-	-
	У5	0	-	-	-	+	-	-	-	-

У1С5 Результаты анализа таблицы:

У3С1С3С4С6  
У2С9  
У5С5

Окончание таблицы 12.

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+
	У3	+	+	+
	У4	+	-	+
	У5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

У1Сл1  
У2Сл3  
У3Сл1Сл2Сл3  
У4У5Сл1Сл3

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 13).

Таблица 13. Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.  С2. Экологичность технологии.  С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.  С4.Повышение производительности труда.  С5. Квалифицированный персонал.  ...</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой  Сл2. Большой срок выхода на рынок  Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ  В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт  В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований  В4. Повышение стоимости конкурентных разработок  В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В1С1С2С3С5С6С7С8  В3С1С2С3С4С6С7С8  В5С1С3С4С5С6С7С8С9</p>	<p>В5Сл2Сл3</p>

<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.  У2. Развитая конкуренция технологий производства  У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции  У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.  У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>	<p>У1С5  У3С1С3С4С6  У2С9  У5С5</p>	<p>У1Сл1  У2Сл3  У3Сл1Сл2Сл3  У4У5Сл1Сл3</p>
--	---	--

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

### **5.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех

основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Разработка относится к вышеописанным стадиям, поэтому нет необходимости использовать морфологический подход.

## **5.4 Планирование научно-исследовательских работ**

### **Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в табл.14.

Таблица 14. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурной (принципиальной) схемы АД	Инженер
	6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер
	7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер
	8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер
	9	Разработка математической модели токов и напряжений АД	Инженер
	10	Выбор и сравнение ЧПС	Инженер
	11	Механический расчет двигателя	Инженер
Обобщение и оценка	12	Оценка эффективности полученных	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
	14	Вопросы социальной ответственности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 3.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

### 3.3. 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 15).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

Таблица 15. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Описание объекта автоматизации (модернизации)		3		4		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка структурной (принципиальной) схемы АД		4		9		6		6		10
Расчет параметров двигателя и модели		4		6		5		5		8
Выбор способа регулирования скорости		2		4		8		8		12
Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»		2		4		3		3		5
Разработка математической модели токов и напряжений АД	3		6		5		5		8	
Выбор и сравнение ЧПС		4		8		6		6		10
Механический расчет двигателя		5		8		7		7		11
Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		5	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы социальной ответственности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		4

На основе табл. 15 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 16. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				фев.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11													
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7													
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7													
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10													
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8													
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12													
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5													
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3													



- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы имеются в лаборатории, поэтому расчет материальных затрат проводить не будем.

#### 5.4 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 сводится в табл. 17.

Таблица 17. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2421	9684
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1600	17600
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7	1600	11200
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2421	16947
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10	1600	16000
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8	1600	12800

Продолжение таблицы 17

7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12	1600	19200
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5	1600	8000
9	Расчет параметров двигателя и модели	Руководитель	3	2421	7263
10	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	10	1600	16000
11	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь– электродвигатель»	Инженер	11	1600	17600
12	Разработка математической модели токов и напряжений АД	Руководитель	2	2421	4842
13	Выбор и сравнение ЧПС	Инженер	8	1600	12800
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8	1600	12800
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1600	6400
Итого:					189136

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (8)$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{55170 \cdot 10,4}{237} = 2421 \text{ руб.},$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл.18).

Таблица 18. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 55170 \text{ руб}$$

где  $Z_{\text{ТС}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{ТС}}$ );

$k_d$  – 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  $Z_{\text{ТС}}$ );

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

Тарифная заработная плата  $Z_{\text{ТС}}$  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 табл.19

Таблица 19. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	55170	2421	16	38736
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	35725	1600	95	152000
Итого З <sub>осн</sub>								190736

#### 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 38736 = 4648 \text{ руб}$$

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

#### 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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (38736 + 4648) = 11757 \text{ руб}$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным 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 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (табл.20).

Таблица 20. Отчисления во внебюджетные фонды

<b>Исполнитель</b>	<b>Основная заработная плата, руб.</b>	<b>Дополнительная заработная плата, руб.</b>
Руководитель проекта	38736	4648
Инженер	152000	18240
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>		
<b>Руководитель</b>	<b>10497</b>	
<b>Инженер</b>	<b>41142</b>	

#### 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:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ = (190736 + 22888 + 51639) = 42442$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

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.21.

Таблица 21. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	190736	Пункт
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22888	Пункт
3. Отчисления во внебюджетные фонды	51639	Пункт
4. Накладные расходы	42442	16 % от суммы ст.
5. Бюджет затрат НИИ	307705	Сумма ст.

### 5.5 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;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 22 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	$\Phi_{max}$ , руб.	$\Phi_{pi}$ , руб.	$I_{фин}^{исп.i}$ , о.е.
1	42000	42000	1
2		38600	0,919
3		31774	0,756

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя) отражает соответствующее численное удешевление стоимости электропривода при одинаковой мощности.

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 23 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Двухскоростной асинхронный двигатель	Нерегулируемый АД	Частотно-регулируемый АД
1. Безопасность	0,3	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	5	4
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	5
4. Энергосбережение	0,2	4	4	5
5. Надёжность	0,2	5	5	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	5
Итого:	1,00	4,5	4,3	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,22 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,6.$$

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

Таким образом, применение частотно-регулируемых асинхронных двигателей и сейчас остается эффективным. Переход к двухскоростному асинхронному двигателю, целесообразен на предприятиях с меньшим диапазоном регулирования скорости, а нерегулируемый асинхронный двигатель целесообразнее использовать на объектах где регулируемая скорость вращения не так важна.

## **Вывод**

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения в сравнении с другими перспективами, был произведен SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 111 дня. Также был посчитан бюджет НИИ равный 301329 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован асинхронный двигатель на базе двигателей АИРМ для частотно-регулируемого привода. Исходными данными для проектировки электродвигателя являлись; номинальная мощность  $P_{2H} = 11$  кВт, частота питающей сети  $f = 50$  Гц, число пар полюсов  $2p = 4$ , номинальное напряжение  $U_n = 220/380$ , исполнение по способу защиты от воздействия внешней среды IP54.

При выполнении электромагнитного расчета был произведен выбор главных размеров, определены параметры двигателя, была выбрана однослойная сыпная петлевая обмотка статора и короткозамкнутая с алюминиевыми стержнями на роторе, были рассчитаны и выбраны пазы статора и ротора, рассчитана масса активных материалов, потери, КПД и  $\cos \varphi$ . В двигателе применена изоляция класса F, которая допускает перегрев не выше  $110^{\circ} \text{C}$ .

В тепловом выпускной квалификационной работы определен допустимый диапазон регулирования асинхронным электродвигателем, работающим от преобразователя частоты. Диапазон составил от  $U/f = 220/50$  до  $U/f = 132/30$ . Уменьшение данного диапазона регулирования приведёт к возрастанию тока, возрастанию электрических потерь, что скажется на температурном состоянии машины в целом.

Проведен механический расчет вала, где был определен суммарный прогиб вала от действия силы тяжести ротора и поперечной силы, обусловленной соединением муфтой. Полученный прогиб не превышает 10% от воздушного зазора.

При выполнении технологической части выпускной работы был разработан технологический процесс сборки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Была произведена оценка технологической конструкции, составлена схема сборки и маршрутной технологии общей сборки, произведен выбор сборочного оборудования и оснастки, выбраны

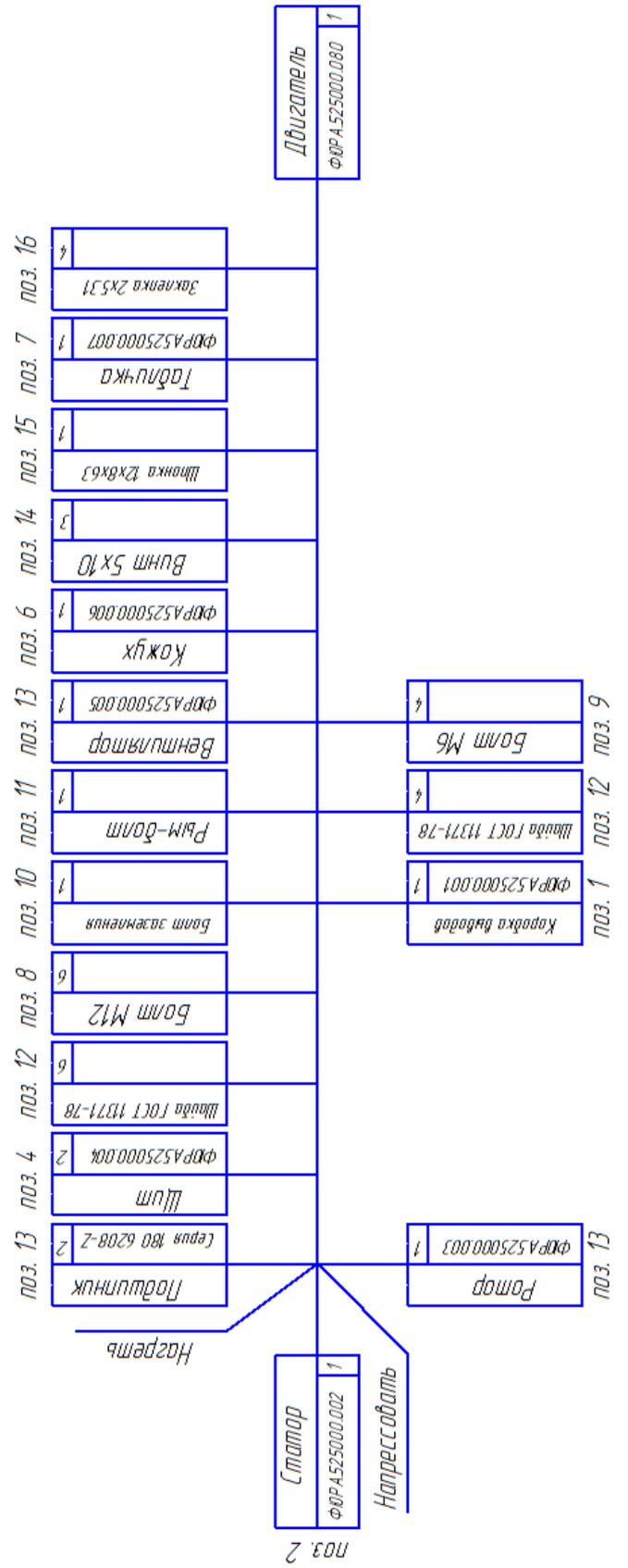
нормы времени сборочных работ и количество оборудования для сборки, построен график загрузки оборудования.

В экономической части было произведено сравнение трех типов асинхронных двигателей таких как обычного асинхронного двигателя, двухскоростного асинхронного двигателя и частотно-регулируемого асинхронного двигателя, в ходе сравнения были произведены SWOT и Unif анализ, в котором были проведены оценки положительных и отрицательных сторон производств двигателей, построена диаграмма Ганта и рассчитано время производства двигателей.

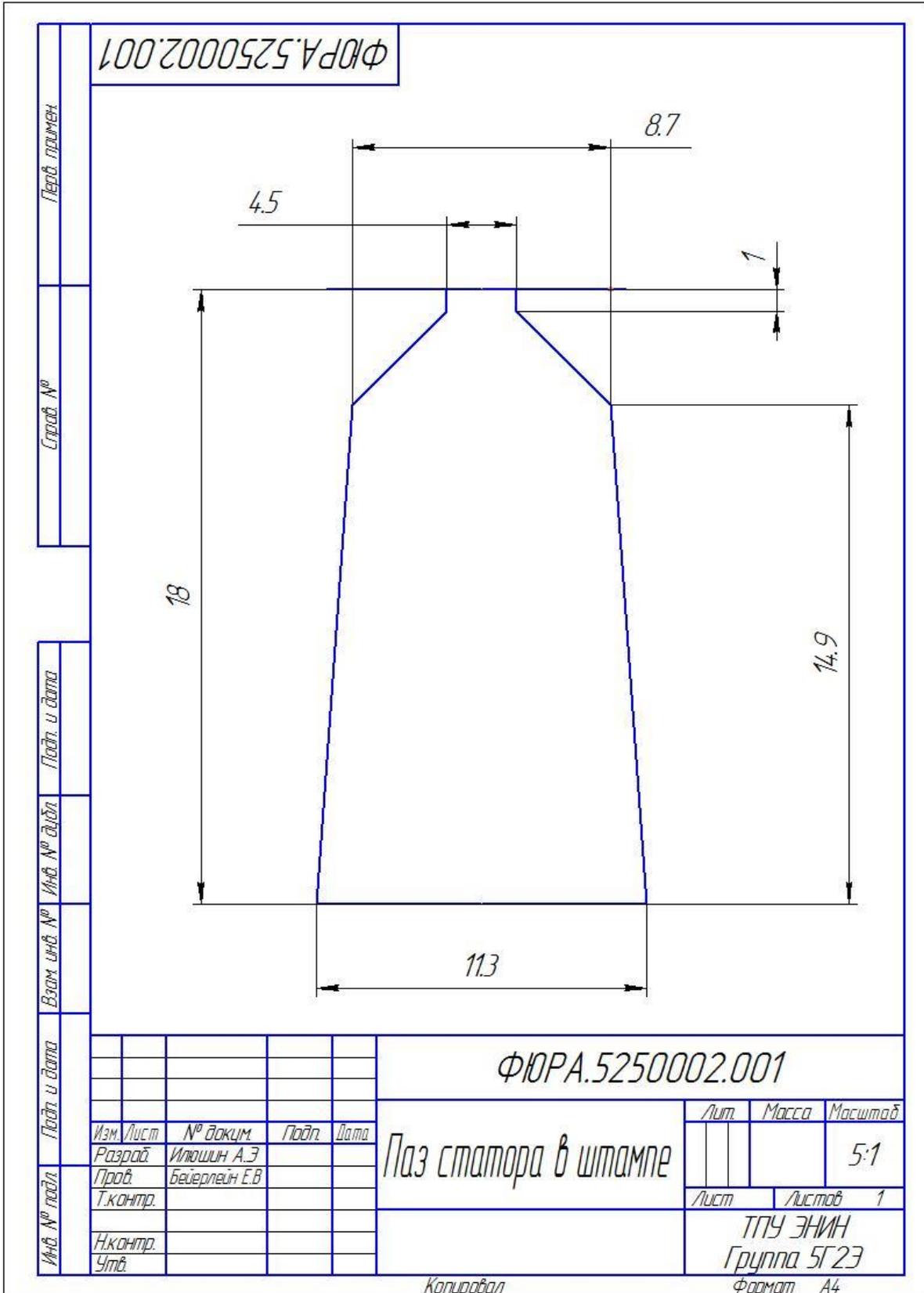
В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ опасных и вредных факторов, возникающих в процессе механической обработки вала. Освещены вопросы техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности. Проведен расчет освещения для участка механической обработки вала двигателя.

В целом спроектированный асинхронный электродвигатель для частотно-регулируемого электропривода удовлетворяет требованиям, определенным техническим заданием.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1







ФЮРА.5250002.001

Перв. примеч.

Строч. №

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам инв. №

Подп. и дата

Инд. № лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ		Илюшин А.Э.		
Пров.		Бейерлейн Е.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.5250002.001

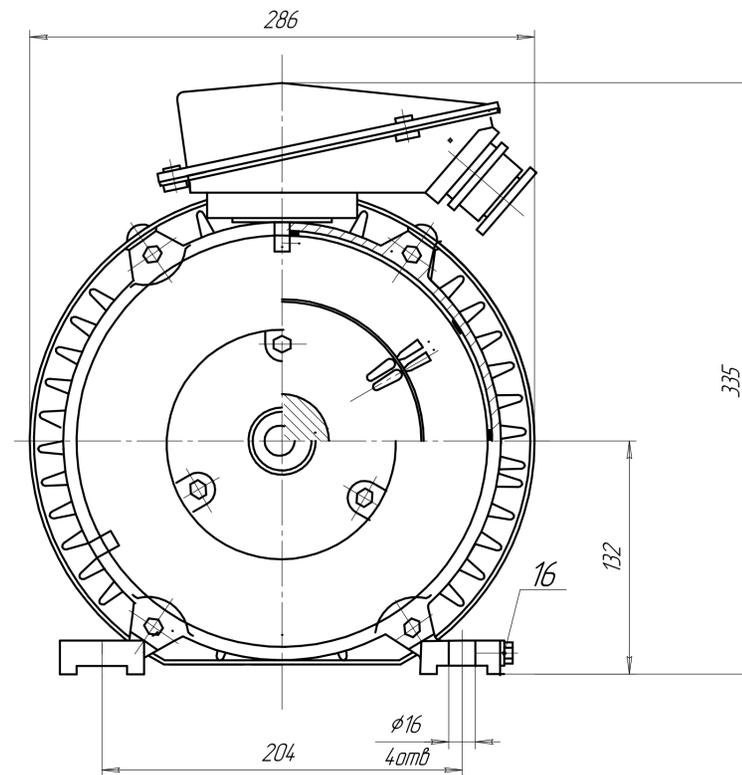
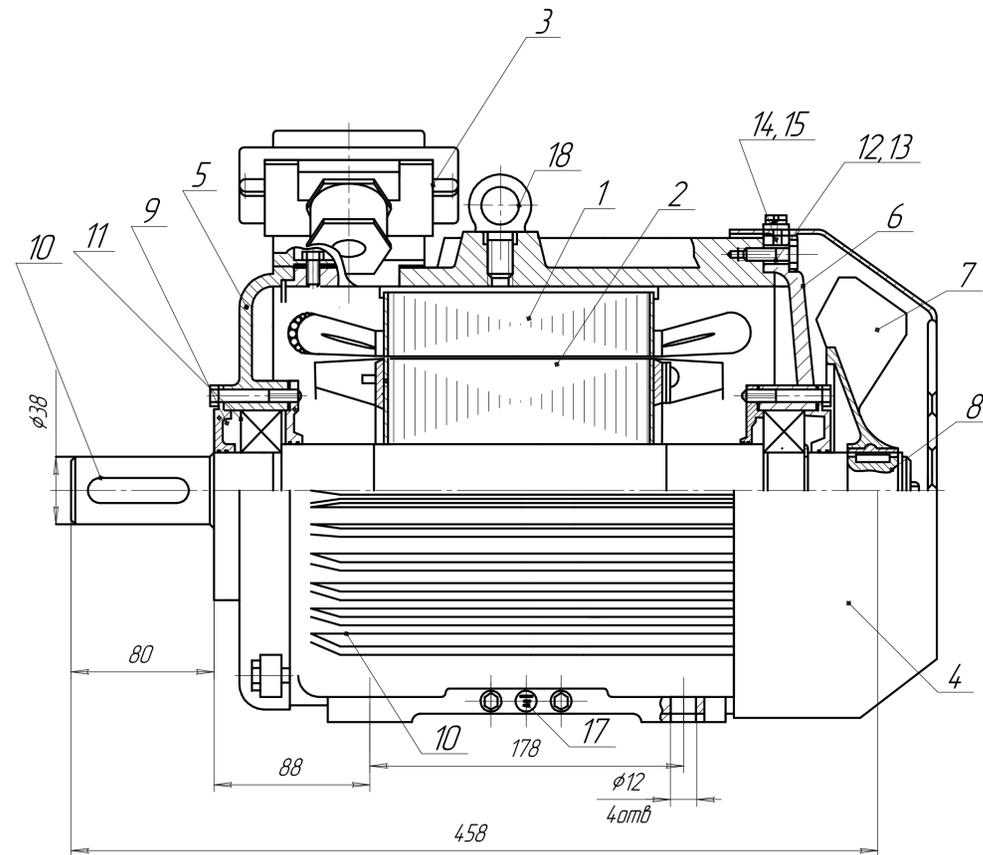
Лаз статора в штампе

Лит.	Масса	Масштаб
		5:1
Лист	Листов	1

ТПУ ЭНИИ  
Группа 5Г23

Копировал

Формат А4



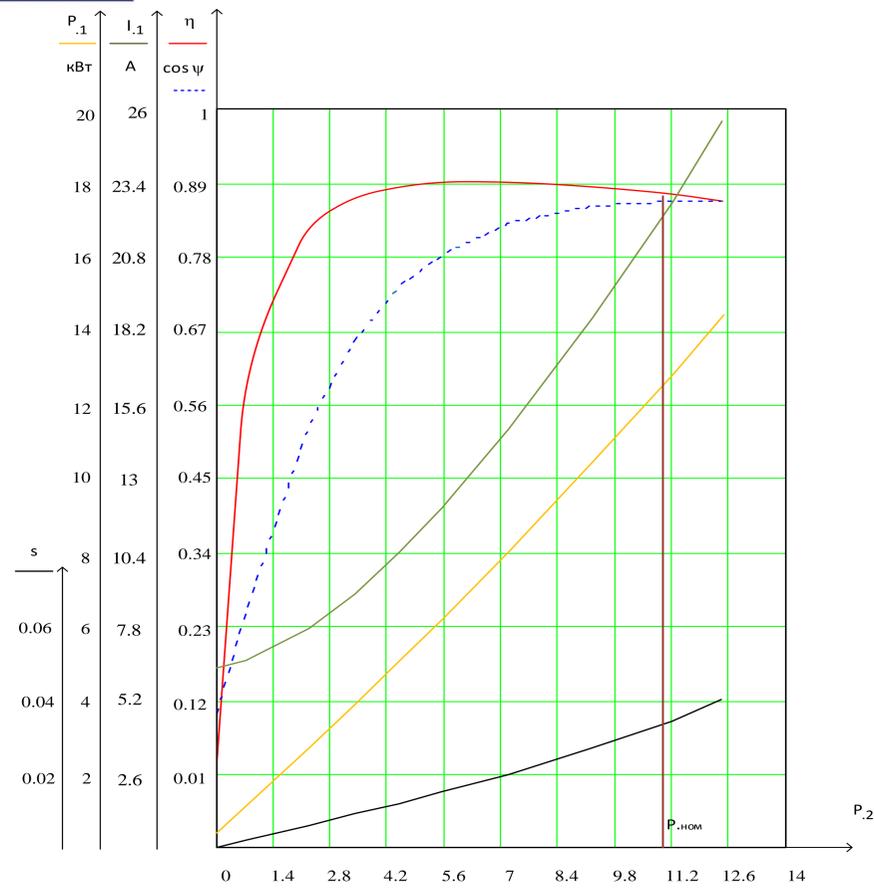
1. При сборке генератора жировые канавки подшипниковых щитов и кольца пружинное поз. 6 покрыть смазкой ЛЗ-31 ТУЗВ. 101114-88 в количестве 0,003 кг на двигатель.
2. Подшипники поз. 11 перед сборкой нагреть.
3. Установочно-присоединительные и габаритные размеры по ГОСТ 8592-79.
4. Консервацию двигателя производить по ГОСТ 23216-78.
5. Допускается кольцо пружинное поз. 6 покрывать смазкой К-17 ГОСТ 10877-76.
6. Допускается вместо шайбы 10.65Г.019 ГОСТ 6402-70 поз. 14 применять шайбу 10.65Г05.
7. Покрытие: эмаль М/1 165 серая ГОСТ 12034-77 (кроме поверхностей А, Б, узлов заземления поз. 3 опорной и внутренней поверхности лап).

				ФЮРА.526200.001.ВС		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Двигатель асинхронный (Сборочный чертеж)	Лит. Масса Масштаб
Разраб.	Илюшин А.Э					Г 1 1:2
Проб.	Баранов П.В					Лист 1 Листов 1
Т.контр.						ТПУ ЭНИИ
Н.контр.						Группа СГ23
Утв.						Формат А1

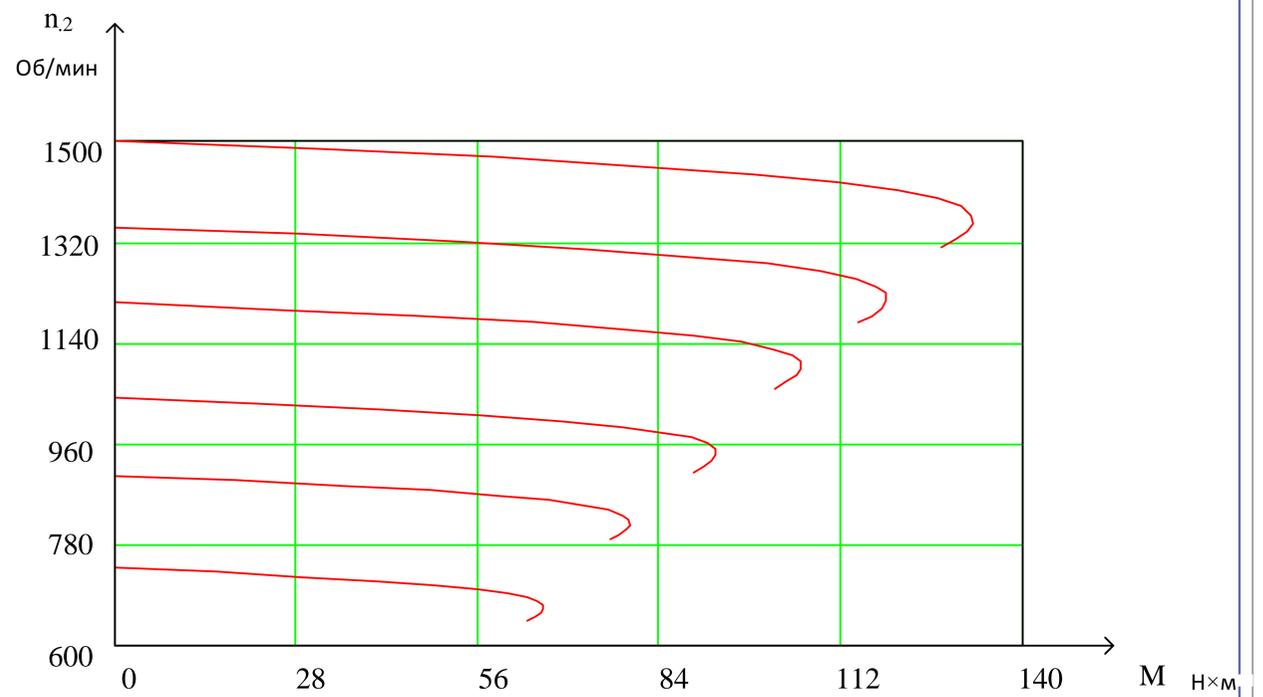
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
				<u>Документация</u>			
A1			ФЮРА. 525622.001. СЧ	Сборочный чертеж			
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	ФЮРА.684222.004	Статор обмотанный	1		
		2	ФЮРА.684261.088	Ротор	1		
		3	ФЮРА.686465.006	Коробка выводов	1		
				<u>Детали</u>			
		4	ФЮРА.305142.002	Кожух	1		
		5	ФЮРА.712272.001	Щит подшипниковый	1		
		6	ФЮРА.712272.001-01	Щит подшипниковый	1		
		7	ФЮРА.754312.092	Вентилятор	1		
		8		Шпонка	1		
		9		Прокладка	2		
		10		Вал	1		
		11		Подшипник	2		
				<u>Стандартные изделия</u>			
		12		Болт М 8 - 6g×20.84.029 ГОСТ7796-70	4		
		13		Болт М 4 - 6g×20.84.029 ГОСТ7796-70	4		
		14		Болт М 8 - 6g×20.84.029 ГОСТ7796-70	4		
					1		
				ФЮРА. 526200.002			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб		Илюшин А.Э			у	1	2
Пров.		Баранов П.Р			Асинхронный двигатель ТПУ ЭКМ Группа 5Г2Э		
Н.							
Уте.							



ФЮРА.526200.003.ВС



Рабочие характеристики двигателя



Пусковые характеристики асинхронного двигателя

Номинальная мощность  $P=11$  кВт  
 Номинальный момент  $M=72$  Н\*м  
 Номинальное скольжение  $S=0.345$

Лист 1 из 1  
 Лист 2 из 2  
 Лист 3 из 3  
 Лист 4 из 4  
 Лист 5 из 5  
 Лист 6 из 6  
 Лист 7 из 7  
 Лист 8 из 8  
 Лист 9 из 9  
 Лист 10 из 10  
 Лист 11 из 11  
 Лист 12 из 12  
 Лист 13 из 13  
 Лист 14 из 14  
 Лист 15 из 15  
 Лист 16 из 16  
 Лист 17 из 17  
 Лист 18 из 18  
 Лист 19 из 19  
 Лист 20 из 20  
 Лист 21 из 21  
 Лист 22 из 22  
 Лист 23 из 23  
 Лист 24 из 24  
 Лист 25 из 25  
 Лист 26 из 26  
 Лист 27 из 27  
 Лист 28 из 28  
 Лист 29 из 29  
 Лист 30 из 30  
 Лист 31 из 31  
 Лист 32 из 32  
 Лист 33 из 33  
 Лист 34 из 34  
 Лист 35 из 35  
 Лист 36 из 36  
 Лист 37 из 37  
 Лист 38 из 38  
 Лист 39 из 39  
 Лист 40 из 40  
 Лист 41 из 41  
 Лист 42 из 42  
 Лист 43 из 43  
 Лист 44 из 44  
 Лист 45 из 45  
 Лист 46 из 46  
 Лист 47 из 47  
 Лист 48 из 48  
 Лист 49 из 49  
 Лист 50 из 50  
 Лист 51 из 51  
 Лист 52 из 52  
 Лист 53 из 53  
 Лист 54 из 54  
 Лист 55 из 55  
 Лист 56 из 56  
 Лист 57 из 57  
 Лист 58 из 58  
 Лист 59 из 59  
 Лист 60 из 60  
 Лист 61 из 61  
 Лист 62 из 62  
 Лист 63 из 63  
 Лист 64 из 64  
 Лист 65 из 65  
 Лист 66 из 66  
 Лист 67 из 67  
 Лист 68 из 68  
 Лист 69 из 69  
 Лист 70 из 70  
 Лист 71 из 71  
 Лист 72 из 72  
 Лист 73 из 73  
 Лист 74 из 74  
 Лист 75 из 75  
 Лист 76 из 76  
 Лист 77 из 77  
 Лист 78 из 78  
 Лист 79 из 79  
 Лист 80 из 80  
 Лист 81 из 81  
 Лист 82 из 82  
 Лист 83 из 83  
 Лист 84 из 84  
 Лист 85 из 85  
 Лист 86 из 86  
 Лист 87 из 87  
 Лист 88 из 88  
 Лист 89 из 89  
 Лист 90 из 90  
 Лист 91 из 91  
 Лист 92 из 92  
 Лист 93 из 93  
 Лист 94 из 94  
 Лист 95 из 95  
 Лист 96 из 96  
 Лист 97 из 97  
 Лист 98 из 98  
 Лист 99 из 99  
 Лист 100 из 100

ФЮРА.526200.003.ВС			
Двигатель асинхронный (оборочный чертеж)			
Лист	Масштаб	Масса	Удельная
1	1:2		
Лист 1 из 1			
Тех. экз.			
Группа СГЗЗ			
Формат А1			





Дубл.			
Взам.			
Подп.			


--	--	--	--	--	--	--	--

	ТПУ	ФЮРА 520.330.009		
	Общая сборка			

Комплект документов  
на технологический процесс  
сборки асинхронного двигателя

ТЛ		1
----	--	---







