

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

---

Институт Институт электронного обучения  
Специальность 140601.65 Электромеханика  
Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода вентилятора</b>

УДК 621.313.333.2:621.63.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Михайловский А.П.		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Технология производство»

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

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

## **Запланированные результаты обучения 140601 Электромеханика**

**Р1** Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.

**Р2** Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.

**Р3** Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.

**Р4** Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.

**Р5** Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.

**Р6** Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.

**Общепрофессиональные компетенции**

Р7 Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.

Р8 Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.

Р9 Способность применять современные методы разработки энерго-сберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.

Р10 Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.

Р11 Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.

Р12 Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.

P13 Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.

P14 Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.

P15 Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

P16 Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации.

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

---

Институт Институт электронного обучения  
Специальность 140601 Электромеханика  
Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.) **Гарганеев А.Г.**

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

**В форме:**

Дипломного проекта (бакалаврской работы, дипломного проекта, магистерской диссертации)
---

**Студенту:**

Группа	ФИО
К-7303	Михайловский А.П.

**Тема работы:**

<b>Проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода вентилятора</b>	
Утверждена приказом (номер, дата)	№ 2368/с от 25.03.2016г.
Срок сдачи студентом готовой работы	

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p style="text-align: center;"><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т.д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияние на окружающую среду, энергозатратам, экономический анализ и т.д.)</i></p>	<p>Номинальная мощность <math>P_{2н} = 4</math> кВт; Число фаз <math>m = 3</math>; Номинальное напряжение <math>U_n = 380</math> В, Число полюсов <math>2p = 6</math>; Частота напряжения <math>f = 50</math> Гц; Высота оси вращения <math>h = 132</math> мм; Степень защиты IP44; Способ монтажа IM1001; Система охлаждения IC0141</p>
--	--

<p><b>Перечень подлежащих <u>исследованию</u>, 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>Целью данного проекта является изучение Проектирования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода вентилятора. В специальной части предстоит рассмотреть особенности эксплуатации асинхронного двигателя в приводе вентилятора. Разработать процесс общей сборки асинхронного двигателя с необходимой документацией.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сборочный чертёж двигателя</li> <li>2. Технологическая часть</li> <li>3. Электромагнитный расчет</li> <li>4. Ротор в сборе</li> <li>5. Паз статора паз ротора</li> <li>6. Специальная часть</li> </ol>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<i>Раздел</i>	<i>Консультант</i>
Электромагнитный, тепловой, механический расчеты. Специальная часть.	Тютёва П.В.
Технологическая часть.	Баранов П.Р.
Социальная ответственность.	Сечин А.А.
Экономическая часть.	Кузьмина Н.Г.
<b>Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранных языках:</b>	

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

**Задание выдал руководитель:**

<i>Должность</i>	<i>ФИО</i>	<i>Ученая степень, звание</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
Доцент	Тютёва П.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<i>Группа</i>	<i>ФИО</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
К-7303	Михайловский А.П.		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ПО ТЕМЕ:  
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН»**

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Михайловскому А.П.

Институт	Ин.О	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	140601.65 Электромеханика

Исходные данные к разделу «Технологический процесс сборки ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором»

1. Сборочный чертеж ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, спецификация, 4 кВт;
2. Годовая программа выпуска изделия 7500 штук

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

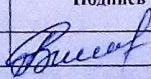
- |  |  |
|--|--|
| 1. Анализ конструкции ротора на технологичность    | 2. Рассчитать усилие запрессовки сердечника ротора на вал; рассчитать температуру нагрева для горячей посадки сердечника на вал. Сравнить способы. |
| 3. Составить схему сборки ротора                   | 3. Выбрать оборудование для сборки, мех. обработки и балансировки ротора   |
| 4. Разработать маршрутную технологию сборки ротора | 5. Определить нормы времени на операции и оборудование   |
| 6. Построить график загрузки оборудования          |  |

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

1. Комплект маршрутных карт и карты эскизов (в приложении)
2. График загрузки оборудования
3. Схема сборки ротора
4. Технологическая схема запрессовки

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., доцент		10.01.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Михайловский А.П.		

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b> К-7303	<b>ФИО</b> Михайловский А.П.
-------------------------	---------------------------------

<b>Институт</b> Уровень образования	<b>ИнЭО</b> Специалитет	<b>Кафедра</b> Направление/специальность	<b>ЭКМ</b> 140601 Электромеханика
--	----------------------------	---	--------------------------------------

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

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*

...

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

1. *Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)*

*Определение конкурентоспособности проекта, анализ рынка продукта*

2. *Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР*

*Определение себестоимости ИР*

3. *Составление бюджета инженерного проекта (ИП)*

1. Формирование плана разработки проекта
2. Смета затрат на проект
3. Оценка технического уровня продукта

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

1. *Оценка конкурентоспособности ИР*
2. *График разработки и внедрения ИР*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Кузмина Н.Г.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b> К-7303	<b>ФИО</b> Михайловский А.П.	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
-------------------------	---------------------------------	----------------	-------------



## «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
К-7303	Михайловский А.П.

<b>Институт</b>	<b>ИнЭО</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	140601 Электромеханика

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

1. Описание рабочего места слесаря- сборщика на предмет возникновения:
- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации)
  - опасных проявлений факторов производственной среды(механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
  - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
  - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

*Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме*

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

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
  - действие фактора на организм человека;
  - приведение допустимых норм с необходимой размерностью;
  - предлагаемые средства защиты:
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:
- механические опасности (источники);
  - электробезопасность ;
  - пожаровзрывобезопасность( профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
3. Охрана окружающей среды:
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
  - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:
- 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	Сечин А.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Михайловский А.П.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: листов 140, таблиц 17, рисунков 15, источников литературы 30, 6 листов графического материала.

Ключевые слова: ДВИГАТЕЛЬ АСИНХРОННЫЙ, КОРОТКОЗАМКНУТЫЙ РОТОР, СТАТОР, ОДНОСЛОЙНАЯ ВСЫПНАЯ ОБМОТКА, ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ, РАБОЧИЕ И ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Объектом проектирования является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, для привода вентилятора.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

В работе представлены расчеты энергетических, пусковых, тепловых и других характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при работе в продолжительном режиме ПВ 100%. Также в работе рассмотрен вопрос о подборе вентилятора и определения соответствия механических характеристик вентилятора и двигателя.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007 на белой бумаге формата А4. Графический материал выполнен в редакторе AutoCAD 2004 и Paint на белой бумаге формата А3.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Электромагнитный расчет	8
1.1 Обоснование и выбор основных размеров	8
1.2. Определение числа пазов, количества витков и площади поперечного сечения провода обмотки статора	10
1.3 Расчёт зубцовой зоны статора и воздушного зазора	13
1.4 Расчёт ротора	16
1.5 Расчёт магнитной цепи	21
1.6 Параметры рабочего режима	25
1.7 Расчёт потерь	30
1.8. Расчет рабочих характеристик	33
1.9 Расчёт пусковых характеристик	36
2 Тепловой и вентиляционный расчёт	44
3. Механический расчет	48
3.1 Расчет вала на жесткость	48
3.2. Выбор подшипников	51
4. Специальная часть	53
5. Технологический процесс сборки ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	63
5.1 Анализ конструкции ротора на технологичность	63
5.2 Расчет усилий запрессовки ротора без вала на вал и выбор оборудования и оснастки для запрессовки	68
5.3 Составление схемы сборки	70
5.4 Выбор оборудование для сборки и механической обработки и балансировки ротора	70
5.5 Маршрутная технология сборки	72
5.6 Определения норм времени на операции и оборудование	73
5.7 Построение графика загрузки оборудования	75
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	80
6.1 Смета затрат на проектирование	81
6.2 Определение материальных расходов	86

6.3 Оценка конкурентоспособности создаваемого продукта	89
6. 4 ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ	91
7. Социальная ответственность	96
7.1 Анализ опасных и вредных факторов	96
7.2 Производственная санитария	97
7.3 Расчет искусственного освещения	98
7.4 Расчёт осветительной установки	101
7.5 Микроклимат	103
7.6 Техника безопасности	106
7.7 Пожарная безопасность	109
7.8 Охрана окружающей среды	113
Заключение	115
Список литературы	117
Приложение А Схема обмотки	120
Приложение Б Эскиз паза статора	121
Приложение В Эскиз паза ротора	122
Приложение Г Маршрутные карты	123
Приложение Д ФЮРА 526600.011 Спецификация	131
Приложение Е ФЮРА 684261.002 Спецификация	133

Графический материал:

На от-  
дель-  
ных  
листах

Сборочный чертеж асинхронного двигателя ФЮРА 526600.011 СБ

Сборочный чертеж ротора ФЮРА 684261.002 СБ

Рабочие и пусковые характеристики, обмотка статора ФЮРА  
526600.011

Пазы статора и ротора ФЮРА 526600.011

Механическая характеристика вентилятора ФЮРА 526600.011

Технологическая часть ФЮРА 526600.011

## ВВЕДЕНИЕ

Заданием для ВКР является проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода вентилятора, который применяется для вентилятора местного проветривания. Вентилятор при эксплуатации устанавливается в горизонтальном положении.

Двигатель должен иметь относительно небольшой пусковой момент, так как механическая характеристика вентилятора выходит из нуля и момент сопротивления при пуске равен нулю.

Программа расчета базируется на методиках расчета АД, представленных в [1,2,3]. В программу расчета входит определение обмоточных данных; расчет параметров - активных и индуктивных сопротивлений; расчет магнитной цепи; определение параметров холостого хода; расчет рабочих характеристик; определение параметров номинального режима двигателя; расчет пусковых характеристик; определение кратностей пускового тока, пускового момента, максимального момента.

В соответствии с заданием исходными данными для расчета являются:

Полезная мощность  $P_n = 4000$  Вт

Частота сети  $f_1 = 50$  Гц

Номинальное фазное напряжение  $U_n = 380$  В

Синхронная частота вращения  $n_1 = 1000$  об/мин.

Число фаз  $m_1 = 3,0$ .

## 4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Цель данной части ВКР – подобрать вентилятор и определить соответствие механических характеристик вентилятора и двигателя и определить номинальную рабочую точку двигателя, а также построить механическую характеристику вентилятора.

Вентилятор это механическое устройство, предназначенное для перемещения воздуха по воздуховодам систем кондиционирования и вентиляции, а также для осуществления прямой подачи воздуха в помещение либо отсоса из помещения, и создающее необходимый для этого перепад давлений.

По конструкции и принципу действия вентиляторы делятся на [8]:

- осевые (аксиальные);
- радиальные (центробежные);
- канальные (тангенциальные).

По величине создаваемого при перемещении воздуха полного давления:

- низкого давления (до 1 кПа);
- среднего давления (до 3 кПа);
- высокого давления (до 12 кПа).

По направлению вращения рабочего колеса вентиляторы могут быть:

- правого вращения (колесо вращается по часовой стрелке);
- левого вращения (колесо вращается против часовой стрелки).

В зависимости от состава перемещаемой среды и условий:

- обычные - для воздуха (газов) с температурой до 80 °С;
- коррозионностойкие - для коррозионных сред;
- термостойкие - для воздуха с температурой выше 80 °С;
- взрывобезопасные - для взрывоопасных сред;
- пылевые - для запыленного воздуха (твердые примеси в количестве более 100 мг/м<sup>3</sup>).

По месту установки:

- обычные, устанавливаемые на специальной опоре (раме, фундамент и т.д.);
- канальные, устанавливаемые непосредственно в воздуховоде;
- крышные, размещаемые на кровле.

Основными характеристиками вентиляторов являются следующие параметры:

- расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч;
- полное давление. Па;
- частота вращения, об/мин;
- потребляемая мощность, затрачиваемая на привод вентилятора, кВт;
- КПД - коэффициент полезного действия вентилятора, учитывающий, механические потери мощности на различные виды трения в рабочих органах вентилятора., объемные потери . результате утечек через уплотнение и аэродинамические потери в проточной части вентилятора;

уровень звукового давления, дБ

Встроенный вентилятор, укрепленный на валу электрической машины должен создавать напор, достаточный для того, чтобы обеспечить необходимый расход охлаждающей среды. Вентиляторы проектируются с учетом особенностей конструктивного исполнения конкретного типа машины. В нашем случае используем встроенный вентилятор общего назначения – центробежный с радиальными лопатками, рабочее колесо которого изменяет осевое направление потока на радиальное.

### **Общие сведения о радиальных вентиляторах**

Радиальные вентиляторы представляют собой спиральный кожух с расположенном внутри рабочим колесом, при вращении которого, воздух попадающий в канал между его лопатками, двигается в радиальном направлении к периферии колеса, сжимается и под действием центробежной силы отбрасывается в спиральный кожух и далее направляется в выходное отверстие. Они спо-



способны перемещать воздух по воздуховодам на значительные расстояния и развивают давление до 12кПа.

В зависимости от назначения вентилятора, лопасти рабочего колеса изготавливают загнутыми вперед или назад. Количество лопастей бывает различным. Применение радиальных вентиляторов с лопастями, загнутыми назад позволяет экономить электроэнергию на 20%, а вентиляторы с лопастями загнутыми вперед достигают требуемого результата по расходу и напору воздуха, занимая меньше места и создавая меньше шума. Радиальные вентиляторы выпускаются с восемью положениями кожуха. Могут иметь правое и левое вращение, одностороннее и двухстороннее всасывание. Радиальные вентиляторы производятся на одном валу с электродвигателем или с клиноременной передачей. Применяют вентиляторы низкого (до 1кПа), среднего (до 3кПа) и высокого (до 12кПа) давления.

Радиальные вентиляторы общего назначения, низкого и среднего давления применяются в стационарных системах вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления, технологических установках и т.д.

Они предназначены для перемещения невзрывоопасных газовых сред с содержанием пыли и других твердых примесей не более 0,1 г/м<sup>3</sup>, не содержащих липких веществ и волокнистых материалов. Для вентиляторов двухстороннего всасывания (двухсторонних) с расположением ременной передачи в перемещаемой среде температура перемещаемой среды не должна превышать 60 С.

#### **Обозначения радиальных вентиляторов (по ГОСТ 5976-90)**

1. Буквы «В» - вентилятор;
2. Буквы «Р» и «Ц» - радиальный или центробежный;
3. Стократной величины коэффициента полного давления в режиме максимального КПД, округленного до целого числа;
4. Величины быстроходности  $n_u$  в режиме максимального КПД, округленной до целого числа.
5. Номера вентилятора (числа, соответствующего наружному диаметру рабочего колеса  $D$ , в дециметрах, по ГОСТ 10616).

Например: ВР-86-77-6,3 – обозначение вентилятора радиального с коэффициентом полного давления  $W= 0,86$  и быстроходностью  $h_y= 76,5$ , №6,3 ( $D= 630$  мм).

По направлению вращения рабочего колеса различают вентиляторы правого и левого вращения. Вентилятор правого вращения: вентилятор, рабочее колесо которого вращается по часовой стрелке - вид со стороны всасывания. Вентилятор левого вращения: вентилятор, рабочее колесо которого вращается против часовой стрелки – вид со стороны всасывания. У вентиляторов двухстороннего всасывания направление вращения определяется со стороны, противоположной приводу.

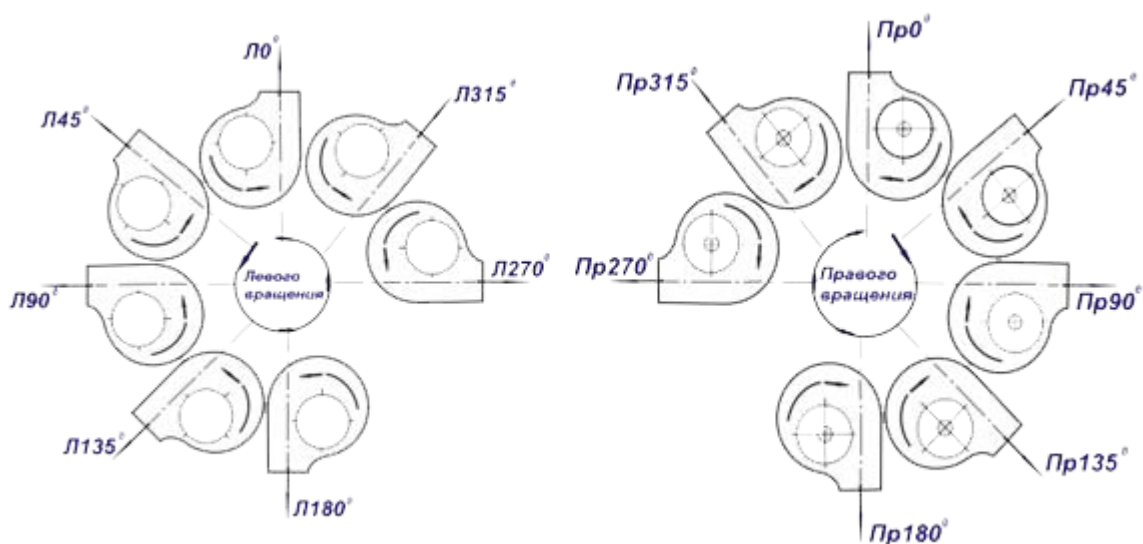


Рисунок 9 - Варианты положения корпуса радиальных вентиляторов

Между выходным патрубком вентилятора и воздуховодом, всегда рекомендуется помещать антивибрационную прокладку (гибкую вставку). Она предотвращает передачу вибрации от вентилятора к каналу. Не допустима работа радиальных вентиляторов вне вентиляционной системы или с открытой секцией вентилятора в приточной установке (без нагрузки)[4].

В задании ВКР двигатель работает на привод вентилятора, с помощью которого обеспечивается обдув внешней оболочки двигателя. Внутри двигателя на роторе имеются вентиляционные лопасти, которые осуществляют перемешивание внутреннего воздуха и обдув лобовых частей обмоток статора и рото-

ра. С помощью этих лопаток так же осуществляется частичный отсос тепла от ротора и передача его внутреннему воздуху.

Рассматриваемый вентилятор, допускается применять в качестве вентилятора главного проветривания. Вентилятор при эксплуатации устанавливается в горизонтальном положении.

Вентилятор местного проветривания является центробежным вентилятором среднего давления с радиальными лопатками.

Расчет ведем на базе вентилятора ВР 80-75ВА №3.

Для расчёта используем следующие исходные данные:

Номинальная частота вращения  $n = 945 \text{ об. / мин.}$

Число лопаток рабочего колеса  $Z = 12$

Диаметр вентилятора внешний  $d_2 = 0,32 \text{ м}$

Ширина лопаток на входе  $b_1 = 0,142 \text{ м}$

Определим окружную скорость по внешнему диаметру

$$u_2 = \frac{d_2 \cdot 3,14 \cdot n}{60} = \frac{0,32 \cdot 3,14 \cdot 945}{60} = 48 \text{ м / сек.}$$

Исходя из соотношения диаметров  $\frac{d_1}{d_2} = 0,6;$

$$d_1 = 0,4 \cdot d_2 = 0,6 \cdot 0,32 = 0,192 \text{ м}$$

Определим окружную скорость по внутреннему диаметру

$$u_1 = \frac{d_1 \cdot 3,14 \cdot n}{60} = \frac{0,192 \cdot 3,14 \cdot 945}{60} = 28,7 \text{ м / сек.}$$

Ширину лопаток на выходе примем следующей

$$b_2 = 0,2 \text{ м}$$

Площадь выходного отверстия

$$S_2 = 3,14 \cdot d_2 \cdot b_2 = 3,14 \cdot 0,32 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ м}^2$$

Максимальный расход

$$Q_{\max} = k_m \cdot u_2 \cdot S_2 = 0,42 \cdot 48 \cdot 0,2 = 4,0 \text{ м}^3 / \text{сек.}$$

где  $k_m = 0,42$  - коэффициент, учитывающий форму лопаток.

Давление холостого хода

$$p_0 = \eta_{zo} \cdot \rho \cdot (u_2^2 - u_1^2) = 0,6 \cdot \frac{1}{8} \cdot (48^2 - 28,7^2) = 110 \text{ мм.вод.ст.}$$

где  $\eta_{zo} = 0,6$  - гидравлический КПД вентилятора в режиме холостого хода;

$$\rho = \frac{1}{8} \text{ - плотность воздуха.}$$

Угол радиально оканчивающихся лопаток примем  $\beta_1 = 35^\circ$

Меридиональная скорость

$$c_{1m} = u_1 \cdot \operatorname{tg}(\beta_1) = 28,7 \cdot \operatorname{tg}(35^\circ) = 20,1 \text{ м / сек.}$$

Расход воздуха при данной скорости

$$Q = c_{1m} \cdot \pi \cdot d_1 \cdot b_1 = 20,1 \cdot 3,14 \cdot 0,192 \cdot 0,142 = 1,72 \text{ м}^3 \text{ / сек.}$$

Давление воздуха

$$p = p_0 \cdot \left(1 - \left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)^2\right) = 110 \cdot \left(1 - \left(\frac{1,72}{4,0}\right)^2\right) = 90 \text{ мм.вод.ст.}$$

Затраты мощности на вентиляцию

$$N = \frac{Q \cdot p}{\eta} = \frac{1,72 \cdot 90}{0,6} = 260 \text{ кгм / сек. или } 3,38 \text{ л.с. (3,49 кВт)}$$

где  $\eta = \eta_{zo} = 0,6$  - энергетический КПД вентилятора, равен гидравлическому так как рабочее колесо непосредственно насажено на вал двигателя.

Угловая частота вращения

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 945}{60} = 99 \text{ рад / сек.}$$

Момент нагрузки

$$M = \frac{N \cdot 10^3}{\omega} = \frac{3,49 \cdot 10^3}{99} = 35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полученный момент не сильно отличается от номинального момента (38,2 Н·м) двигателя при номинальной частоте вращения. Также полученные значения расхода и давления входят в заданный диапазон. Поэтому можно считать, что это и есть рабочая точка.

Далее, задаваясь разными значениями частоты вращения, проведём расчёт тех же самых величин и результаты сведём в таблицу. На основании этих данных построим механическую характеристику вентилятора.

Таблица 1 – Данные для построения механических характеристик

Величина	Частота вращения, об/мин.									
	0	100	500	650	800	850	900	945	975	1000
$u_2, м / сек.$	0	5,0	25,1	33,4	41,8	43,5	45,2	48	48,5	50,2
$u_1, м / сек.$	0	3,0	15,0	20,1	25,1	26,1	27,1	28,7	29,1	30,1
$Q_{max}, м^3 / сек.$	0	0,4	2,1	2,8	3,5	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2
$p_0, мм.вод.ст.$	0	1,2	30	53,8	84	91	98	110	113	121
$c_{1m}, м / сек.$	0	2,1	10,5	14,0	17,5	18,2	18,9	20,1	20,4	21,1
$Q, м^3 / сек.$	0	0,18	0,9	1,2	1,5	1,56	1,62	1,72	1,74	1,8
$p, мм.вод.ст.$	0	0,99	24,7	44,0	68,8	74,5	80,3	90	92,6	99
$N, кВт$	0	0,02	1,35	1,84	2,65	2,86	3,1	3,49	3,58	3,86
$\omega, рад / сек.$	0	31,4	157	209	261	272	282	299	303	314
$M, Н \cdot м$	0	0,09	9,2	16,8	24,3	26,5	30,7	35	36,5	38

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы.

При частоте вращения 945 об/мин, момент нагрузки составляет 35 Н/м, при этом расход воздуха составляет 1,72 м<sup>3</sup>/сек, давление воздуха 90 мм.вод.ст. что входит в заданный диапазон значений. Двигатель будет обеспечивать необходимый расход воздуха  $Q = 1,6 - 4,0 м^3 / сек.$ , и обеспечивает необходимое давление  $p = 520 - 1200 Па.$  или  $p = 52 - 120 мм.вод.ст.$  при заданной нагрузке.

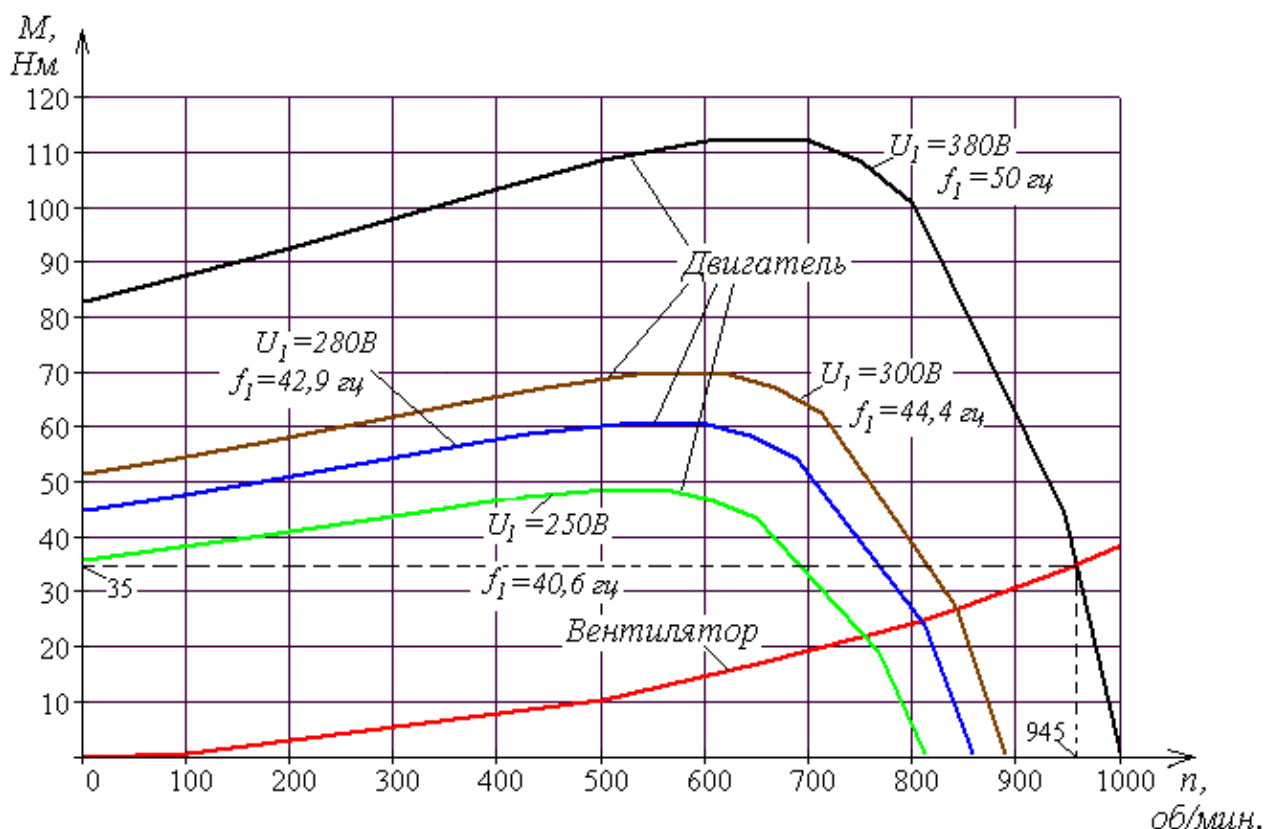


Рисунок 10 - Семейство механических характеристик для разных напряжений  $U$

Для обеспечения устойчивой работы электродвигателя, ограничения его перегрузки по току и магнитному потоку, поддержания высоких энергетических показателей в частотном преобразователе должно поддерживаться определенное соотношение между его входными и выходными параметрами, зависящее от вида механической характеристики насоса [4]. Эти соотношения получаются из уравнения закона частотного регулирования Костенко.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{f_1}{f_2} \cdot \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$$

Для насосов и вентиляторов, работающих без статического напора, чья механическая характеристика описывается уравнением квадратичной параболы, должно соблюдаться соотношение:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_2}{f_2^2} = const$$

При этом частота вращения равна

$$n_{ep} = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s) \text{ об/мин}$$

С другой стороны вращающий момент асинхронного электродвигателя пропорционален квадрату напряжения, подводимого к электродвигателю [4]:

$$M_{ep} = K \cdot U_1^2$$

Сопоставив эти формулы можно получить семейство механических характеристик для разных напряжений  $U$ . На рис. 10 изображены характеристики для разных напряжений и частот, видно как будет меняться момент на валу электродвигателя и частота вращения вентилятора. Как видно из рис.10 что изменении напряжения и частоты является эффективным способом регулирования частоты вращения т.к. при этом работоспособность двигателя не изменяется и это позволяет экономить до 70% электроэнергии.



## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Ресурсосбережение — система мер по обеспечению рационального использования ресурсов, удовлетворению прироста потребности в них народного хозяйства, главным образом за счет экономии [30]

Обеспечение ресурсосбережения — обязательное требование к технике, технологии, организации производства и непроизводственной деятельности, хозяйственному механизму. Новая техника должна требовать меньшего расхода ресурсов как в процессе ее производства, так и в процессе эксплуатации. Новая технология должна быть безотходной или малоотходной, малооперационной [30].

Ресурсоэффективность позволяет с помощью определённых преобразований достигнуть оптимального результата, получить желаемый итог. Для такого похода характерны [29]:

- преобладающее внимание экономической и технологической полезности (выгодности) определённых действий;
- экономия финансовых ресурсов;
- контроль над рынком и активизация бизнеса;
- многократное использование ограниченных ресурсов;
- повышение безопасности
- обеспечение равенства и занятости.

Так как рынок сбыта прибывает в постоянном движении, то у каждого предприятия могут возникать проектные риски. Для устранения проектных рисков систематически проводят анализ конкурирующих разработок существующих на рынке сбыта. Под проектными рисками понимается, как правило, предполагаемое ухудшение итоговых показателей эффективности проекта, возникающее под влиянием неопределенности.

Таким образом, реализация проекта идет в условиях неопределенности и рисков и эти две категории взаимосвязаны. Неопределенность в широком

смысле это неполнота или неточность информации об условиях реализации проекта, в том числе связанных с ними затратах и результатах.

Важным обстоятельством, которое нужно учитывать, говоря о влиянии научно технического прогресса на конкурентоспособность ресурсоэффективного изделия, является совершенствование существующих и разработка новых видов двигателей, а так же их реализация по приемлемы ценам. Как правило, оценка показателей конкурентоспособности осуществляется по техническим и экономическим показателем товара.

В экономической части выпускной квалификационной работы освещены вопросы технико-экономического обоснования производства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода вентилятора.

Технические характеристики двигателя:

Мощность – 4000 Вт,

Номинальная частота вращения  $n_n = 945$  об/мин

Номинальное напряжение (линейное)  $U_n = 220$  В

Частота питающей сети – 50 Гц,

Число пар полюсов –  $2p=6$ .

## **6.1 Смета затрат на проектирование**

В проектировании данного электродвигателя принимали участие три инженерных работника: научный руководитель и два инженера.

Распределение работы между работниками, проектирующими сводим, в таблицу 7

Таблица 2 – План разработки выполнения этапов проекта.

№ п/п	Перечень выполняемых работ	Исполнители		Разряд	Продолж. (дней)
		Кол-во	Должность		
1	2	3	4	6	7
1	Получение тех. задания на разработку проекта	3	научный руководитель инженер инженер	15 9 10	1
2	Сбор исходных данных	1	инженер	10	4
3	Ознакомление с технической документацией	2	инженер инженер	9 10	4
4	Расчет электрических нагрузок	2	инженер инженер	9 10	5
5	Выбор числа и мощности трансформаторов	2	инженер инженер	9 10	3
6	Расчет токов к.з., выбор аппаратов защиты	2	инженер инженер	9 10	2
7	Проверка выполненных расчётов	3	научный руководитель инженер инженер	15 9 10	1
8	Выполнение чертежей, схем, картограмм	2	инженер инженер	9 10	3
9	Технико-экономическое обоснование выбора оборудования	1	инженер	10	4
10	Разработка раздела БЖД	1	инженер	10	4
11	Оформление пояснительной записки	2	инженер инженер	9 10	2
12	Проверка пояснительной записки и чертежей	1	научный руководитель. инженер	15 10	1
	Научный руководитель			15	3
	Инженер			10	36
	Инженер			9	6
	<b>Итого</b>				36

### 6.1.1 Смета затрат на подготовку проекта

Суммарные издержки на проектирование определяем по выражению:

$$\sum I_{\text{проекта}} = I_{\text{з.пл}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}}, \quad (6.1)$$

где  $I_{\text{з.пл}}$  - издержки на заработную плату;

$I_{\text{соц}}$  - издержки на социальные отчисления;

$I_{\text{мат}}$  - материальные издержки;

$I_{\text{ам}}$  - амортизационные издержки;

$I_{\text{пр}}$  - прочие издержки;

$I_{\text{накл}}$  - накладные расходы.

Издержки на заработную плату

Таблица 3 – Единая тарифная сетка с учетом занимаемой должности

Должность	Оклад	Доплата	Коэффициент за отпуск	Районный коэффициент	Итоговая зарплата за месяц	Средняя зарплата за один день, руб.	Количество дней работы над проектом	ФЗП
Научный руководитель, 15р	23300	2200	1,1	1,3	36465	1736	3	5168
Инженер 10р	14500		1,1	1,3	20735	987	33	32586
Инженер, 9р	14500		1,1	1,3	20735	987	9	8883
Итого					68282		45	46637

$$I_{\text{з.пл.}} = \frac{3 \cdot k_1 + D \cdot k_2}{21} \cdot X, \quad (6.2)$$

где: 3 – оклад;

$D$  – доплата за интенсивность труда

$k_1$  - коэффициент за отпуск (1,1);

$k_2$  - районный коэффициент (1,3);

21 - количество рабочих дней в месяце;

$X$  - количество рабочих дней затраченных на проект (3 дня).

Зарплата.

Расчет для научного руководителя 15 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{3 \cdot k_1 \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{23300 \cdot 1.1 + 2200 \cdot 1.3}{21} \cdot 3 = 5168 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 9 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{3 \cdot k_1 \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{14500 \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 9 = 8883 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 10 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{3 \cdot k_1 \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{14500 \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 33 = 32587 \text{ (руб.)}$$

Тогда

$$I_{з.пл\Sigma} = \sum I_{з.пл} = 5168 + 8883 + 32587 = 46637 \text{ (руб.)}$$

### 6.1.2 Отчисления на социальные нужды.

В статью расходов «отчисления на социальные нужды» закладывается обязательные отчисления по установленным законодательством нормам. Органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования, от элемента «затраты на оплату труда». Размер отчислений на социальные нужды составляет 30% от ФЗП.

$$I_{соц} = 0,3 \cdot I_{з.пл\Sigma} = 0,3 \cdot 46637 = 13991 \text{ (руб.)}$$

### 6.1.3 Материальные затраты на канцелярские товары.

Материальные затраты на канцелярские товары примем в размере 1000 руб. (в условиях цен на канцелярские товары в настоящее время).

$$I_{мат} = 1000 \text{ руб}$$

### 6.1.4 Амортизация вычислительной техники.

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 34 тысячи рублей.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot \Phi_{км} \cdot H_{ф} = \frac{30}{365} \cdot 34000 \cdot \frac{1}{5} = 557,38 \text{ (руб.)}$$

где  $T_u$  - количество отработанных дней на ПК;

$T_{кал}$  - количество календарных дней в году;

$\Phi_{кт}$  - первоначальная стоимость ПК;

$H_{\phi} = \frac{1}{T_{сл}}$  - срок полной амортизации.

### 6.1.5 Прочие неучтенные затраты.

Прочие неучтенные прямые затраты включают в себя все расходы связанные с налоговыми сборами (не предусмотренными в предыдущих статьях), отчисления внебюджетные фонды, платежи по страхованию, оплата услуг связи, представительские расходы, затраты на ремонт и прочее. Принимаем размер прочих затрат как 10% от суммы расходов на материальные затраты, услуги сторонних организаций, амортизации оборудования, затрат на оплату труда, отчисления на социальные нужды.

$$\begin{aligned} I_{пр} &= 0,1 \cdot I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам} = \\ &= 0,1 \cdot 46637 + 13991 + 1000 + 557 = 6219 \text{ руб} \end{aligned}$$

### 6.1.6 Накладные расходы.

Накладные расходы составят 200% от ФЗП. Включают в себя затраты на хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители и другие косвенные затраты.

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{з.пл} = 2 \cdot 46637 = 93274 \text{ (руб)}$$

### 6.1.7 Себестоимость проекта

$$\begin{aligned} \sum I_{проекта} &= I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам} + I_{пр} + I_{накл} = \\ &= 46637 + 13991 + 1000 + 557 + 6219 + 93274 = 161678 \text{ руб} \end{aligned}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 9.

Таблица 4 – Смета затрат на подготовку проекта

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$I_{з.пл} \Sigma$	46637
2	Социальные отчисления	$I_{соц}$	13991
3	Материальные затраты	$I_{мат}$	1000
4	Амортизационные отчисления	$I_{ам}$	557
5	Прочие издержки	$I_{пр}$	6219
6	Накладные расходы	$I_{накл}$	93274
7	Себестоимость проекта	$\sum I_{проекта}$	161678

## 6.2 Определение материальных расходов

Материальные затраты – это затраты, связанные с приобретением и изготовлением материалов для изготовления единицы продукции. Представим перечень материалов, необходимых для изготовления одного образца (см. таблицу 10).

Стоимость основных материалов представляет собой произведение нормы расхода каждого материала на его цену и рассчитывается по формуле:

$$M_{осн} = P \cdot C_m, \quad (6.3)$$

где  $C_m$  – цена материала за единицу (руб./кг);

$P$  – норма расхода материала (вес материала).

Рекомендации к материальным расходам предприятия для изготовления единицы продукции рассматриваются для двух вариантов, базового (1 вариант) и предлагаемого (2 вариант). Их стоимость указана в табл. 10.

Как видно по расчетам из таблицы 10 – для базового варианта, наиболее затратным пунктом материальных расходов являются черные металлы – 60%, также дорого обходятся кабельные изделия – 25%, а для предлагаемого варианта - черные металлы составляют 63% и кабельные изделия 22,5%.



Таблица 5– Затраты на материалы.

Наименование материала	Цена, руб./кг	Норма расхода, кг.		Сумма, руб.		Удел. вес, %	
		Баз. 1 вар	Предл. 2 вар	Баз. 1 вар	Предл. 2 вар	Баз. 1 вар	Предл. 2 вар
<b>1. Черные металлы</b>						60.0	63.0
Чугун СЧ-20	63.4	55.00	53.424	3487.5	3387.08		
Валовая сталь	51.1	25.35	23.328	1295.7	1192.06		
Электротехническая сталь	31.5	64.65	60.336	2036.66	1900.6		
Прочие чёрные металлы	85.4	24.76	24.048	2115.1	2053.69		
<b>2. Цветные металлы</b>						3.0	3.0
Алюминий сплав АК7	108.6	2.304	1.872	250.21	203.3		
<b>3. Прочие материалы</b>						5.0	5.0
Подшипник 210	248.5	2	2	497	497		
<b>4. Кабельные изделия</b>						25.0	22.5
Обмоточный провод ПЭТ155 d=1,08 мм	551.52	2.56	2.37	1411.9	1307.1		
Провод установочный ПВКФ d=2,5,1	345.8	2.35	2.16	812.63	746.93		
<b>5. Изоляция</b>						4.5	4.0
Стеклолакоткань ЛСК	253.8	1.56	1.53	395.93	388.314		
Ст.пласт ССП БИД 8,2*3,5	215.0	0.547	0.2592	117.64	55.728		
Синтофлекс или Элифлекс	644.9	0.187	0.1872	120.7	120.725		
Плётка ПЭТ-Э	525.0	0.012	0.0273	6.77	14.364		
Резина трубка ТСКП	55.4	4.032	3.744	223.37	207.4178		
<b>6.Лакокраски</b>	203.0	2.16	1.584	438.48	321.552	2,5	2,5
<b>Всего</b>				13209.	12395.86	<b>100</b>	<b>100</b>

Затраты на основные материалы с учётом транспортных расходов составят:

$$1 \text{ вариант технологии } C_M = M \cdot K_{мзр} = 13209 \cdot 1,14 = 15.1 \text{ тыс. руб. (6.9)}$$

$$2 \text{ вариант технологии } C_M = M \cdot K_{мзр} = 12395 \cdot 1,14 = 14.1 \text{ тыс. руб. (6.4)}$$

где  $K_{ТЗР}=1.14$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Уменьшение во втором варианте нормы расхода материалов, позволило сэкономить 2,3 тыс.руб. или 10,6% в расчёте на единицу изделия.

## Затраты на силовую электроэнергию

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле [29]:

$$\Theta = \frac{\sum N \cdot t_{шт} \cdot k_z \cdot k_{op} \cdot k_{зд} \cdot k_{nc} \cdot C_{э}}{k_{п.д}}, \text{руб} / \text{шт} \quad (6.5)$$

где  $N$ – установленная мощность электродвигателей, кВт;

$K_z$  – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности; 0,65

$K_{op}$  – коэффициент, учитывающий одновременность работы электродвигателей; 0,80

$K_{зд}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателей во времени; 0,85

$K_{nc}$ – коэффициент отражающий потери электроэнергии в сети; 1,05

$C_{э}$ – цена 1кВт часа электроэнергии; 5,4руб.

$K_{ПД}$  – средний коэффициент полезного действия двигателей; 0,8

1 вариант технологии

$$\Theta = 7,5 * 1,6 * 0,65 * 0,8 * 0,85 * 1,05 * 5,4 / 0,8 = 37,5 \text{руб} / \text{шт}$$

2вариант технологии

$$\Theta = 7,5 * 1,5 * 0,65 * 0,8 * 0,85 * 1,05 * 5,4 / 0,8 = 35,2 \text{руб} / \text{шт}$$

Таблица 6–Расчет расходов на силовую электроэнергию.

№ п/п	Операции	Мощность двигателя, кВт	Трудоемкость. час/шт		Расход на электроэнергию руб./шт	
			ОАО «СИБ-ЭЛЕКТРОТОР»	ОАО «Электродвигатель», г. Могилевск	ОАО «СИБ-ЭЛЕКТРОМОТОР»	ОАО «Электродвигатель», г. Могилевск
1	Точить	7,5	1,6	1,5	37.5	35.2
2	Фрезеровать	6,5	0,6	0,5	12.2	10.2
3	Штамповать	6,5	0,4	0,4	8.1	8.1
4	Точить	5,5	0,6	0,5	10.3	8.6
5	Сверлить	11	1,6	1,4	55.1	48.2
6	Прессовочная	7,5	0,3	0,2	7.0	4.7
7	Шлифовать	5,5	0,2	0,1	3.4	1.7
<b>Всего</b>		50	5,3	4,6	133.6	116.7

Уменьшив во втором варианте время работы станков, за счет изменения конструкции двигателя на 0,7 час/шт. или на 13,5% удалось сократить расходы на электроэнергию в предлагаемом варианте на 19,9руб./шт. или же на 16% по сравнению с базовым вариантом.

### **6.3 Оценка конкурентоспособности создаваемого продукта**

Рассматривая, ситуацию на рынке сбыта продукции видим, что основными конкурентами являются отечественные производители асинхронных двигателей. Отечественные производители имеют свой сложившийся рынок сбыта, определяемый в основном географическим расположением производителей.

На российском рынке существует несколько заводов изготовителей аналогичной продукции. Значительную часть рынка занимают зарубежные производители. По сравнению с продукцией отечественных заводов двигатели ОАО «СИБЭЛЕКТРОМОТОР» при приблизительно равных ценах имеет лучшее качество и соответственно больший срок службы, что подтверждается тестовыми испытаниями.

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать вывод, что ОАО «СИБЭЛЕКТРОМОТОР» есть довольно перспективная маркетинговая возможность сбыта продукции высокого качества по низким ценам.

После реализации продукции, согласно договору о купле продаже продукции, предоставляется сервисное обслуживание, консультации специалистов по возникающим вопросам при монтаже и эксплуатации двигателя.

Завод-изготовитель предоставляет следующие гарантии после реализации продукции:

1. Бесплатный гарантийный ремонт двигателя в течение двух лет после его реализации в случае выхода его из строя по вине завода-изготовителя.

2. Замена не подлежащего ремонту двигателя в течение гарантийного периода обслуживания.

ОАО «СИБЭЛЕКТРОМОТОР» является действующим предприятием и использует свои существующие ресурсы для производства крановых и частот-

но-регулируемый двигателей, поэтому нет необходимости в приобретении основных средств.

Результаты анализа сведем в таблицу 7

Таблица 7– Оценка факторов конкурентоспособности изделия [30]

Факторы конкурентоспособности изделия				
	ОАО «СИБ-ЭЛЕКТРОТОР»	ЗАО «Электромеханический завод», г.Новосибирск	ОАО «Электродвигатель», г. Могилевск	ОАО «Полесье Электромаш», Беларусь
<b>Изделие</b>	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором			
1.Качество	4	4	4	4
2.Технико-экономические показатели	4	4	3	4
3.Престиж торговой марки	5	4	4	4
4. Упаковка	4	4	4	3
5.Уровень послепродажного обслуживания	5	5	5	3
6.Гарантия	4 года (5)	3 года (4)	2 год (3)	2 год (3)
7.Уникальность	Применение вентилятора с пониженным шумом 5	Высокий класс изоляции 5	Температурная защита 4	Встроенный темп.датчик 4
8.Надежность	5	5	4	4
9.Защищенность патента	5	5	5	5
<b>Цена</b>				
1.Продажная	4	5	5	5
2.Процент скидки	До 10% (5)	До 8% (4)	5% (3)	До 8% (4)
3.Сроки платежа	До 1 мес. (5)	До 1 мес. (5)	До 1 мес. (5)	До 1 мес. (5)
<b>Каналы сбыта</b>				
1.Форма сбыта:				
1.1. прямая	4	4	3	3
1.2. через торговых Представителей	4	4	4	4
1.3 оптовые посредники	4	4	3	4

## Окончание таблицы 7

2. Система транспортировки	Авто, ж/д., авиа (5)	Авто, ж/д., авиа (5)	Авто, ж/д., авиа (5)	Авто, ж/д., авиа (5)
<b>Продвижение изделия на рынках</b>				
1. Реклама:				
1.1. для потребителей	4	5	3	4
1.2. для торговых посредников	5	4	4	4
2. Индивидуальная продажа:	4	4	3	3
2.1. способы стимулирования потребителей				
2.2. показ образцов товаров	5	5	4	4
3. Телевизионный маркетинг	3	3	4	4
4. Продажа товаров через средства массовой информации	4	4	3	4
<b>Итого</b>	98	96	62	87
Примечание: оценка факторов конкурентоспособности товара производится по пяти-балльной шкале. Оценка 1-2 (плохой), 3 (удовлетворительно), 5 (отлично).				

*Примечание:* оценка факторов конкурентоспособности товара производится по пяти балльной шкале.

Проектированию новой серии асинхронных двигателей предшествует разработка технико-экономических требований. По данным маркетингового исследования рынка, колебание цен на данный вид изделия по качеству хорошо отличается, поэтому основные моменты, интересующие покупателя, - качество продукции, ее производительность и гарантия.

### 6.4 ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Общей схемой количественного анализа конкурентоспособности, которая может применяться на любом этапе существования изделий, является следующая:

1. Выбор базового образца, аналогичного по назначению и условиям эксплуатации с оцениваемой продукцией.
2. Определение перечня нормативных, технических и экономических параметров, подлежащих исследованию (показать в таблице).

3. Сравнение (по каждой из групп параметров) имеющихся параметров с соответствующими параметрами потребности, необходимыми для заказчика (потребителя). Инструментом сравнения является единичный показатель, представляющий собой отношение величины параметра рассматриваемого изделия к величине этого же параметра, необходимого покупателю.

4. Подсчет группового показателя на основе единичных показателей. Групповой показатель выражает различие между анализируемыми изделиями по всем группам параметров в целом.

Общими и методологическими принципами при соблюдении данной схемы анализа являются учет предельности отдельных элементов потребности, с тем, чтобы при нахождении образца на предельном уровне потребности не делался вывод о большей конкурентоспособности анализируемого изделия с более высокими, чем у образца аналогичными параметрами; необходимость придания количественной оценки тем параметрам, которые не имеют естественной физической меры (например, комфортность изделия), с использованием экспертных методов; необходимость построения весовой базы для технических параметров на основе всесторонних рыночных исследований[30].

Любое проектирование в идеале должно начинаться с выявления потребностей потенциальных покупателей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель.

$$q = \frac{P}{P_{100}} p, \quad (6.6)$$

где  $q$  - параметрический показатель;

$P$  - величина параметра реального изделия;

$P_{100}$  - величина параметра гипотетического изделия, удовлетворяющего потребность на 100%;

$p$  - вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта.

Каждому параметрическому показателю по отношению к изделию в целом (т.е. обобщенному удовлетворению потребности) соответствует некий вес  $d_i$ , разный для каждого показателя [30]. После вычисления всех единичных показателей становится реальностью вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие изделия потребности в нем (полезный эффект товара)

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i \quad (6.7)$$

где  $Q$  - групповой технический показатель (по техническим параметрам);  $q_i$  - единичный параметрический показатель по  $i$ -му параметру;

$d_i$  - вес  $i$ -го параметра;  $n$  - число параметров, подлежащих рассмотрению.

Показатель конкурентоспособности нашего изделия по отношению к изделию другой фирмы  $k_{ТП}$  будет равен

$$k_{ТП} = \frac{Q_H}{Q_K} \quad (6.8)$$

где  $k_{ТП}$  - показатель конкурентоспособности нового изделия по отношению к конкурирующему по техническим параметрам;

$Q_H, Q_K$  ~ соответствующие групповые технические показатели нового и конкурирующего изделия.

$$K_{ТП} = 0.741/0.704 = 1,05$$

### Матрица предпочтений

Таблица 8- Матрица предпочтений

Характеристики	Вес показателя. $D_i$	Новшество		Конкурент		Гипотетический образец	
		$P_i$	$Q_i$	$P_i$	$Q_i$	$P_{100}$	$q_{100}$
Коэффициент полезного действия $\eta$	0,13	0,9	0,009	0,73	0,007	97,5	1
Коэффициент мощности $\cos \varphi$	0,18	0,8	0,008	0,76	0,008	95	1
Пусковой ток $A$	0,17	0,169	0,847	0,169	0,847	0,2	1
Пусковой момент $M$	0,19	2,0	0,8	3,1	1,240	2,5	1
Номинальный ток $A$	0,17	0,08	1,6	0,63	1,250	0,05	1
Степень защиты $IP$	0,17	68	1	44	0,647	68	1
<b>Итого</b>			<b>0.741</b>		<b>0.704</b>		



Таблица 8 - Оценка технического уровня новшества.

№ п/п	Наименование	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	сумма	d <sub>ij</sub>
1.1	Коэффициент полезного действия η	1	0,5	0,5	0,5	1	1	4,5	0,13
1.2	Коэффициент мощности cos P	1,5	1	1,5	1,5	0,5	0,5	6,5	0,18
1.3	Пусковой ток А	1,5	0,5	1	0,5	1,5	1	6	0,17
1.4	Пусковой момент М	1,5	0,5	1,5	1	1	1,5	7	0,19
1.5	Номинальный ток А	1	1,5	0,5	1	1	1	6	0,17
1.6	Степень защиты IP	1	1,5	1	0,5	1	1	6	0,17

В итоге по оценке конкурентоспособности новшества видно, что разработанный товар не уступает товарам заменителям и коэффициент технического уровня, составляет 1,05.

## Заключение

При выполнении квалификационной работы разработан асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Для заданных номинальной мощности  $P_{2н}=4$  кВт, напряжении  $U_{нф}=380$  В. Определены:

- КПД двигателя  $\eta = 0,876$ ;
- Коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,783$ ;
- Число полюсов  $2p=6$ ;
- Класс изоляции «В»;
- Частота вращения  $n_{ном}=945$  об/мин;
- Потребляемый ток  $I_n = 5,47$  А.

Определены параметры двигателя, масса активных материалов. Рассчитаны рабочие и пусковые характеристики.

Суммарный прогиб вала от действия силы тяжести ротора и силы одностороннего утяжеления не превышает 10% от величины воздушного зазора. Критическая частота вращения лежит далеко от номинальной. В опасных сечениях вал имеет запасы по прочности.

Превышения температуры нагрева статора находятся в допустимых пределах значений для класса нагревостойкости В (до 80°C).

В специальной части выпускной квалификационной работы был вентилятор, построена семейство механических характеристик для разных напряжений  $U$ . По результатам расчета определены: тип вентилятора; момент нагрузки 35 Н/м; расход воздуха 1,72 м<sup>3</sup>/сек; давление воздуха 90 мм.вод.ст.

Разработан технологический процесс сборки короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя, проанализированы исходные данные, оценена технологичность конструкции. Разработана схема сборки короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя и его маршрутная карта устанавливающая последовательность и содержание операций. Выбрано оборудование, а также произведен расчет норм времени и количества оборудования. Разработанный технологический процесс соответствует нормам и техническому заданию.

В части финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение рассматриваются вопросы технико-экономического обоснования производства этого асинхронного двигателя, путем сравнения двух вариантов базового и предлагаемого двигателя. Результаты технико-экономического обоснования позволили оценить целесообразность производства двигателя, рассчитать затраты на его изготовление.

В разделе «Социальная ответственность» произведён анализ опасных и вредных производственных факторов, имеющих место на участке сборки, анализ причин травматизма, а так же определены меры по технике безопасности, противопожарной безопасности, производственной санитарии, по охране труда и окружающей среды.

Спроектированный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором соответствует требованиям и стандартам.