

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

Институт _____ ИнЭО _____
Специальность _____ Электромеханика _____
Кафедра _____ Электротехнических комплексов и материалов _____

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы	
Проектирование асинхронный двигатель для привода компрессора	
<u>УДК 621.313.333.2:621.51:621.879</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Алиматов Абдухаким Маннаб угли		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Электромагнитный расчет, специальная часть»

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

По разделу «Технология производства»

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

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 кафедры ЭБЖ	Сечин А.А.	кан.эко.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Запланированные результаты обучения 140601 Электромеханика

P1 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.

P2 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.

P3 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.

P4 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.

P5 Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.

P6 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

P7 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.

P8 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.

P9 Способность применять современные методы разработки энергосберегающих 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.

P10 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.

P11 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.

P12 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 оборудования и организации работы.

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

Институт _____ ИнЭО _____
Направление подготовки (специальность) _____ Электромеханика _____
Кафедра _____ Электромеханических комплексов и материалов _____

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) _____ Гарганеев А.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	АлимовАбдухакимМаннаб угли

Тема работы:

Проектирование асинхронный двигатель для привода компрессора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.03.2016 №1804/С

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Номинальная мощность $P_{2н}=15$ кВт; Число фаз статора $m=3$; Номинальное напряжение $U_n=380/660$ В; Число полюсов $2p=4$; Частота сети равна $= 50$Гц; Высота оси вращения $h= 160$ мм; Степень защиты IP44; Способ монтажа IP1001; Система охлаждения IC0141.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i>	В данном дипломном проекте было целью спроектировать и рассчитать асинхронного двигателя совместной работы компрессор экскаватора.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Сборочный чертеж асинхронного двигателя. Электромагнитный расчет Двухслойная петлевая обмотка статора, паз статора, паз ротора. Специальная часть. Ротор в сборе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Электромагнитный расчет, тепловой и механический расчеты. Специальная часть.	Бейерлеин Е.В.
Технологическая часть	Баранов П.Р.
Социальная ответственность	Сечин А.А.
Экономическая часть	Кузьмина Н.Г.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Бейерлеин Е.В.	кан.тех.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Алиматов Абдухакиманнаб угли		

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

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Алиматов Абдухаким Манннаб Угли

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	Электромеханика

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

1. Сборочный чертеж ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, спецификация, 15 кВт
2. Годовая программа выпуска изделия 6500 штук

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- | | |
|---|--|
| 1. Анализ конструкции ротора электрической машины на технологичность | 2. Рассчитать усилие запрессовки сердечника ротора на вал, выбрать тип прессы, сравнить с горячей посадкой |
| 3. Составить схему сборки и определить нормы времени | 4. Выбрать оборудование для сборки и мех. обработки и балансировки ротора |
| 5. Разработать маршрутную технологию сборки ротора электрической машины | 6. Определить нормы времени на операции и оборудование. |
| 7. Построить график загрузки оборудования | |

Перечень графического материала

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 кафедры ЭКМ	Баранов П.Р.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Алиматов А.М.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Алиматов Абдухаким Маннаб угли

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	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. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i> | <i>Смета затрат на проектирование</i> |
| 2. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i> | <i>Оценка технического уровня</i> |
| 3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i> | <i>Оценка конкурентоспособности</i> |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Алиматов. А.М		

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Алиматов АбдухакиМ Маннаб угли

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования		Направление/специальность	Электромеханика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (Электромеханика) на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды (вредные вещества, освещение, шумы, вибрации)
 - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, 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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - Вибрация при работе станков;
 - действие фактора на организм человека;
 - Отклонение параметров от установленных норм.
 - Шум при работе станков
 - Расчет освещения
1. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности
 - механические опасности (источники, средства защиты);
 - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
 - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
2. Охрана окружающей среды:
 - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
 - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
3. 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. ДОЦЕНТ		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Алиматов А.М.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 95 _____ с., 14 рис., 13 табл., 29 источников.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, ротор, статор, обмотка, кратность пускового тока, кратность пускового момента,.

Объектом исследования является Асинхронный двигатель для компрессора.

Цель работы – В данной работе будет произведен расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода компрессора. В качестве базовой машины использовался АМН.

В процессе исследования проводились электромагнитный расчет, специальная часть, технологическая часть, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность.

В результате исследования следует учитывать, чтобы при изготовлении машины расход материалов и трудоемкость были как можно малы, а при эксплуатации машина обладала бы наилучшими энергетическими показателями.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: номинальная мощность $P_{2н}=15\text{кВт}$; число фаз $m=3$; номинальное напряжение $U_n=380/660\text{В}$; число полюсов $2p=4$; частота сети $f=50\text{ Гц}$; $KПД=87\%$; степень защиты IP44; способ монтажа IM1001; система охлаждения IC0141.

Степень внедрения: Спроектированный АД рекомендуется для специалистов в области электромашиностроения, электропривода и ремонта электрических машин .

Область применения: для привода компрессора, а также этот двигатель найдет широкое применение в различных отраслях промышленности, в электроприводах различных устройств, энергетики и коммунального хозяйства.

Экономическая эффективность/значимость работы Незначительное изменение технологического процесса сборки машины позволило сохранить большинство параметров и размеров базового двигателя.

Содержание

	с.
Введение	10
1. Электромагнитный расчет	13
1.1. Выбор основных размеров статора	13
1.2. Расчет обмотки статора	14
1.3. Расчет размеров зубцовой зоны статора	17
1.4. Расчет ротора	20
1.5. Расчёт магнитной цепи	24
1.6. Параметры рабочего режима	27
1.7. Расчет потерь	33
1.8. Расчет рабочих характеристик	36
1.9. Расчет пусковых характеристик	41
2. Тепловой и вентиляционный расчет	48
3. Механический расчет вала	51
4. Специальная часть	55
5. Технологическая часть	59
5.1 Оценка технологичности конструкции	60
5.2 Расчет усилия запрессовки ротора без вала на вал и выбор оборудования и оснастки для запрессовки	62
5.3 Схема сборки ротора	65
5.4 Маршрутная технология сборки	66
5.5 Расчет норм времени	66
5.6 Расчет количества оборудования для выполнения годовой программы	68
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	70
6.1 Технические характеристики двигателя	70
6.2 Смета затрат на проектирование	71
6.2.1. Смета затрат на подготовку проекта	72
6.2.2. Отчисления на социальные нужды	73

	с.
6.2.3. Материальные затраты на канцелярские товары	74
6.2.4. Амортизация вычислительной техники	74
6.2.5. Прочие неучтенные затраты	74
6.2.6. Накладные расходы	75
6.2.7. Себестоимость проекта	75
6.3. Оценка технического уровня	76
7. Безопасность и экологичность проекта	79
7.1. Анализ опасных и вредных факторов	79
7.2. Техника безопасности	80
7.3. Производственная санитария	81
7.4. Расчет искусственного освещения	82
7.4.1. Выбор источников света	82
7.4.2. Выбор системы освещения	83
7.4.3. Выбор осветительных приборов	83
7.4.4. Размещение и число осветительных приборов	84
7.4.5. Расчет осветительной установки	85
7.5. Микроклимат	86
7.6. Пожарная безопасность	87
7.7. Охрана окружающей среды	91
Заключение	94
Список литературы	96
Графическая часть проекта	

Ведение

Рудник «Кальмакыр» является одним из крупнейших предприятий отрасли по добыче медной руды и оснащен самой передовой и высокопроизводительной горно-транспортной техникой. Погрузка горной массы в транспортные средства производится экскаваторами циклического действия типа – прямая лопата. В настоящее время применяются экскаваторы марок ЭКГ-12,5, ЭКГ -8И, ЭКГ – 6,3, ЭКГ -5У, ЭКГ -15, ЭКГ – 20, ЭКГ -10.

До 1971 года в эксплуатации находились экскаваторы СЭ -3, ЭКГ -4,0, ЭКГ -8 (ёмкостью ковша 6 м³). В 1971 году был получен первый экскаватор ЭКГ-8И с ковшом ёмкостью 8 м³. Выпускает эти экскаваторы Ижорский завод, находящийся в г. Колпино, близ Ленинграда. Они заменили устаревшие экскаваторы ЭКГ-8, ЭКГ-4. С 1974 года внедряются экскаваторы ЭКГ-12,5, ЭКГ-15, ЭКГ-20, ЭКГ -10.

Для работы этих экскаваторов появилась возможность произвести перенарезку 15 метровых уступов на 22,5 метра в верхней вскрышной части карьера, таких уступов сейчас в эксплуатации на руднике.

Протяжённость путей сократилась за счёт уменьшения числа уступов на 12,5 км и на столько же сократилась протяжённость контактных сетей, а также ЛЭП -6 кВ.

Экскаваторами называются землеройные машины, предназначенные для копания и перемещения горной массы в отвал или для погрузки в транспортные средства. ЭКГ – 15 относится к большой группе одноковшовых экскаваторов периодического действия. Одноковшовый экскаватор ЭКГ-15 относится к группе специальных землеройных машин циклического действия, применяемых на земляных работах для копания и перемещения горной породы. ЭКГ-15 состоит из рабочего оборудования, поворотной платформы с установленными на ней механизмами и ходовой тележки. Экскаватор имеет рабочее оборудование прямой лопаты и гусеничное ходовое оборудование.

Пневматическая (воздушная) система управления применяется на экскаваторах различных мощностей. При этой системе обеспечивается наибольшая плавность включения, большой запас энергии при неработающем двигателе и возможность наиболее простой блокировки механизмов. Однако ввиду того, что давление воздуха в системе не превышает 8— 10 кг/см², рабочие цилиндры имеют большие размеры и вес. Это существенный недостаток системы.

Пневматические системы могут быть с ручным и электромагнитным управлением золотниками. Основными элементами пневматического управления являются:

компрессор,
масловодоотделитель,
ресивер,
регулятор давления.

Для поршневого компрессора производить по заказом асинхронный электродвигатель короткозамкнутом ротора типа АМН

Асинхронный электродвигатель АМН с короткозамкнутым ротором применяется для комплектация компрессоров. Основным преимуществом электродвигателей АМН перед электродвигателем АИР является тот факт что при одинаковой мощности габаритные размеры электродвигателя АМН меньше, что позволяет устанавливать их в более ограниченных пространствах, следовательно и стоимость двигателя значительно меньше электродвигатель АИР.

Выпускная квалификационная работа посвящена:

- проектированию трехфазного асинхронного с короткозамкнутым ротором;
- разработке технологического процесса общей сборки проектируемого двигателя;

- расчету экономической целесообразности производства данного электродвигателя;
- рассмотрению вопросов безопасности и экологичности при осуществлении общей сборки проектируемого двигателя, разработка мер пожарной безопасности и меры защиты окружающей среды.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Отличительной особенностью работы поршневого компрессора является облегченные условия пуска. Этот механизм запускается вхолостую и первоначальный момент обычно не превышает 30-35% номинального момента и нагрузка начинает возрастать с увеличением скорости, что благоприятно согласуется с формой механической характеристики асинхронного двигателя. В большинстве случаев для привода такого типа компрессоров целесообразно использовать нерегулируемые асинхронные электродвигатели с КЗ ротором.

Но в сетях относительно малой мощности (200 кВт и менее) прямой пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором вызывает значительные снижения напряжения, что может привести к отключению систем защиты по превышению тока или по низкому напряжению, что может повлечь нарушение всего технологического процесса.

Одним из способов снижения величины пускового тока без применения специальной пускорегулирующей аппаратуры является изменение конструкции ротора асинхронного двигателя. Изменение именно этой составляющей машины наиболее целесообразно, т.к. это не меняет всю геометрию машины (статор и станина остаются теми же), а также основные характеристики машины (мощность, частота вращения вала). Изменения конструкции ротора могут касаться числа пазов ротора и их размеров (изменения плотности тока в пазу).

Для пересчета параметров машины и ее характеристик будет использована методика, примененная при расчете АД. При изменении числа пазов будет зафиксировано значение плотности тока в пазу ($J_2 = 3.5 \text{ А/мм}^2$) и пересчитано при рекомендованных значениях Z_2 : 34, 38, 58, 62, 64 [1, с.185, табл. 6-15].

При пересчете на разные плотности тока в пазу будет принято исходное значение числа пазов ротора $Z_2=48$ и проведен расчет для следующих значение J_2 исходя из рекомендованного предела 2,5 – 3,5 А/м²: 2.5, 2.7, 2.9, 3.1, 3.3 А/м² [1, с.186].

При изменении Z_2 :

Табл.1

Z_2	η	$\cos\varphi$	$I_{П*}$	$M_{П*}$
1	2	3	4	5
34	0,8897	0,8761	5,13	1,074
38	0,8912	0,8902	5,77	1,324
56	0,8892	0,9046	6,74	1,69
58	0,889	0,9085	6,83	1,758
62	0,8887	0,9118	7,09	1,9
64	0,8882	0,9116	7,12	1,924

При изменении J_2 :

Табл. 2

J_2	η	$\cos\varphi$	$I_{П*}$	$M_{П*}$
1	2	3	4	5
2,5	0,8984	0,884	5,9	1,185
2,7	0,8972	0,8859	5,87	1,204
2,9	0,8958	0,8873	5,84	1,231
3,1	0,8944	0,8885	5,79	1,248
3,3	0,8928	0,8894	5,78	1,279
3,5	0,8912	0,8902	5,77	1,324

Для анализа полученных результатов построим график характеристик, в котором совместим оба изменения параметров.

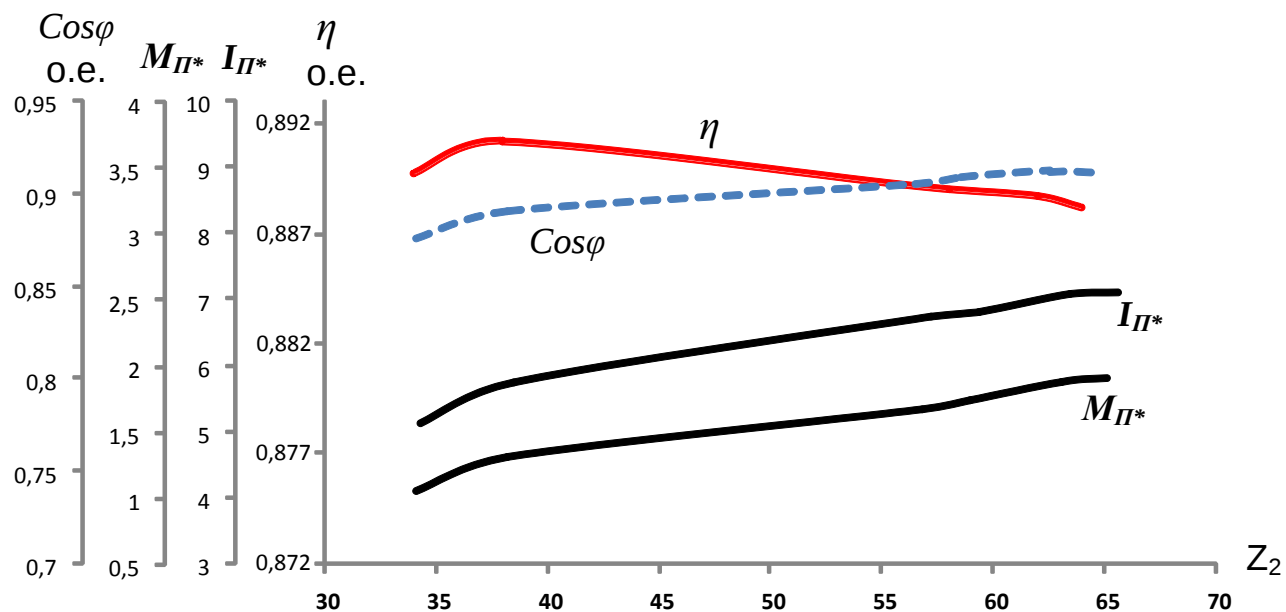


Рис.1. Характеристика при изменении Z_2

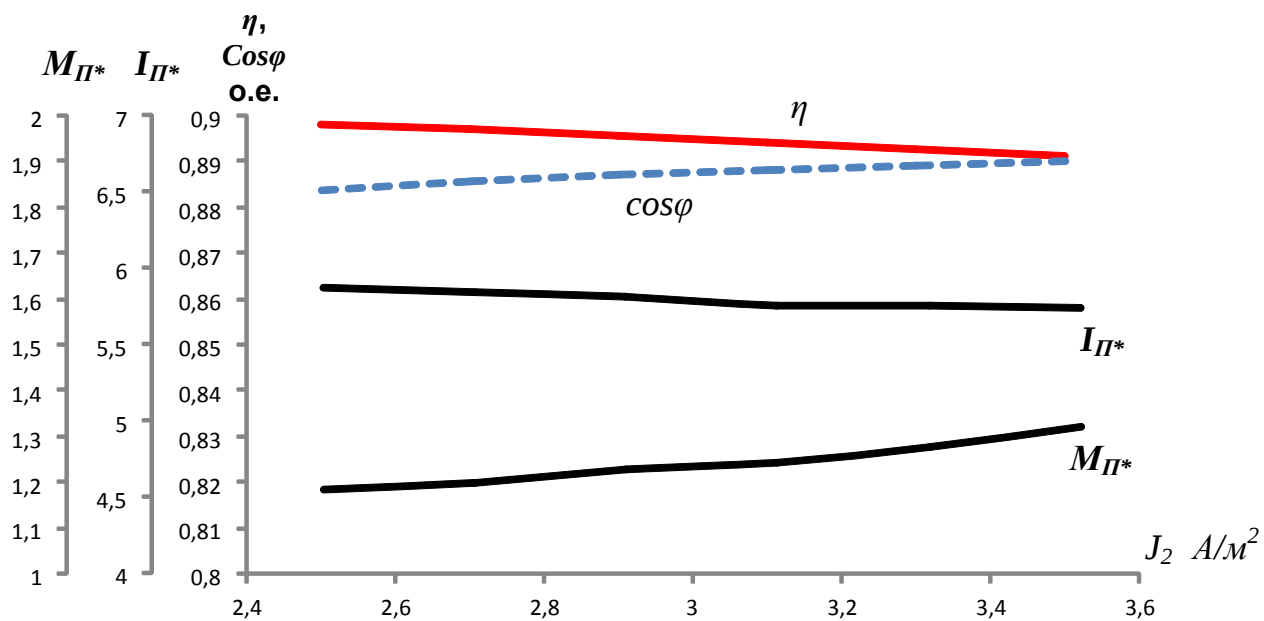


Рис.2. Характеристика при изменении J_2

Из графиков видно, что при изменении Z_2 и J_2 не происходит большого падения энергетических показателей ($\cos\varphi$ и η) – разница между наименьшим и наибольшим значением не превышает 3,1 %. График кратности пускового момента также намного выше значения 0,35, что позволяет утверждать о том, что компрессор может быть пущен в работу без предварительного раскручивания. Значение кратности пускового тока удалось существенно снизить до 5,13 (более чем на 11 % по сравнению с исходным значением). В абсолютных цифрах это составит 85.3 А вместо 94.8 А, что является существенным снижением нагрузки на сеть в 1-й момент пуска.

Также следует отметить, что изменение числа пазов намного эффективнее в плане снижения пускового тока, нежели простое изменение сечения паза ротора (изменения плотности тока).

6. Финансовый менеджмент,

ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

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

6.1 Технические характеристики двигателя:

Мощность – 15кВт,

Номинальная частота вращения 1500 об/мин

Номинальное напряжение (линейное) 380 В

Частота питающей сети – 50 Гц,

Число пар полюсов – $2p=4$.

6.2 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 6.1

Таблица 6.1 – План разработки выполнения этапов проекта.

№	Перечень выполняемых работ	Исполнители		Разряд	Продолж. (дней)
п/п		Кол- во	Должность		
1	Получение тех.задания на разработку проекта	2	научный руководитель	15	1
			инженер	10	
2	Сбор исходных данных	1	инженер	10	4
3	Ознакомление с технической документацией	1	инженер	10	2
4	Электромагнитный расчет двигателя	1	инженер	10	5
5	Электромагнитный расчет двигателя с другими данными (Спеч. часть)	1	инженер	10	4
6	Проверка выполненных расчётов	2	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
7	Выполнение чертежей, схем	2	инженер	10	3
			инженер	9	
8	Расчет технологической части проекта	2	инженер	10	5
			инженер	9	
9	Технико-экономическое обоснование выбора оборудования	1	инженер	10	3
10	Разработка раздела БЖД	1	инженер	10	1
11	Оформление пояснительной записки	1	инженер	10	3
12	Проверка пояснительной записки и чертежей	1	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
Занятости исполнителей			научный руководитель	15	5
			инженер	10	35
			инженер	9	8
Длительность работы, дней					35

6.2.1 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 6.2 – 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	14500	1900	1,1	1,3	23205	1105,0	5	5 525,0
Инженер 10р	14500		1,1	1,3	20735	987,4	35	34 558,3
Инженер, 9р	14500		1,1	1,3	20735	987,4	8	7 899,0
Итого					64675	3079,8	33	47 982,4

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

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

Зарплата.

Расчет для научного руководителя 15 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 + Д) \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{(14500 \cdot 1.1 + 1900) \cdot 1.3}{21} \cdot 5 = 5525 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 9 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500 \cdot 1.1 \cdot 1.3)}{21} \cdot 8 = 7899 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 10 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 35 = 34558 \text{ (руб.)}$$

Тогда

$$I_{з.пл\Sigma} = \sum I_{з.пл} = 5525 + 7899 + 34558 = 47982 \text{ (руб.)}$$

6.2.2 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.

$$I_{соц} = 0,3 \cdot I_{з.пл\Sigma} = 0,3 \cdot 47982 = 14394,6 \text{ (руб.)}$$

6.2.3 Материальные затраты на канцелярские товары.

Материальные затраты на канцелярские товары примем в размере 1500 руб. (в условиях цен на канцелярские товары в настоящее время).

$$I_{mat} = 1500 \text{ (руб.)}$$

6.2.4 Амортизация вычислительной техники.

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 41 тысячи рублей.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot \Phi_{кт} \cdot H_{\phi} = \frac{35}{365} \cdot 41000 \cdot \frac{1}{8} = 491 \text{ (руб)}$$

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.

6.2.5 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.

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам}) =$$

$$= 0,1 \cdot (47982 + 14394,6 + 1500 + 491) = 6436,7 \text{ (руб)}$$

6.2.6 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.

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{з.пл} = 2 \cdot 47982 = 95964 \text{ (руб)}$$

6.2.7 Себестоимость проекта

$$\sum I_{проекта} = I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам} + I_{пр} + I_{накл} =$$

$$= 47982 + 14394,6 + 1500 + 491 + 6436,7 + 95964 = 166768,3 \text{ (руб)}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Смета затрат на подготовку проекта

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$I_{з.пл}\Sigma$	47982
2	Социальные отчисления	$I_{соц}$	14394,6
3	Материальные затраты	$I_{мат}$	1500
4	Амортизационные отчисления	$I_{ам}$	491
5	Прочие издержки	$I_{пр}$	6436,7
6	Накладные расходы	$I_{накл}$	95964
7	Себестоимость проекта	$\Sigma I_{проекта}$	166768,3

6.3 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.

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

$$q = \frac{p}{p_{100}} p \quad (18)$$

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. После вычисления вычисления всех единичных показателей становится реальностью вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие изделия потребности в нем (полезный эффект товара)

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i \quad (19)$$

где Q - групповой технический показатель (по техническим параметрам); q_i - единый 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_w будет равен

$$k_{ТП} = \frac{Q_H}{Q_K} \quad (20)$$

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.

$$K_{ТП} = 0,806/0,732 = 1,101$$

Данные для оценки конкурентоспособности разрабатываемого новшества привести в таблице.

Таблица 6.4. Оценка технического уровня новшества.

№ п/п	Характеристики	Вес показателей	Новшество		Конкурент		Гипотетический образец	
			Pi	qi	Pi	qi	P ₁₀₀	q ₁₀₀
1.1	Коэффициент полезного действия, %	0,123	87	0,897	85	0,876	97	1
1.2	Коэффициент мощности Cosφ, %	0,193	87	0,916	85	0,895	95	1
1.3	Пусковой ток, А	0,158	0,175	0,877	0,143	0,714	0,2	1
1.4	Пусковой момент, Н*м	0,211	1,324	0,602	1,2	0,545	2,2	1
1.5	Номинальный ток, А	0,193	0,060	0,904	0,050	0,750	0,07	1
1.6	Степень защиты IP	0,123	44	0,647	44	0,647	68	1
	Итого			0,806		0,732		1,00

Таблица 6.5. Матрица предпочтений

№ п/п	Наименование	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	сумма	d _{ij}
1.1	Коэффициент полезного действия, %	1	0,5	0,5	0,5	1	1,5	3,5	0,123
1.2	Коэффициент мощности Cosφ, %	1,5	1	1,5	1	0,5	1,5	5,5	0,193
1.3	Пусковой ток, А	1,5	0,5	1	0,5	1	1	4,5	0,158
1.4	Пусковой момент, Н*м	1,5	1	1,5	1	1	1,5	6	0,211
1.5	Номинальный ток, А	1	1,5	1	1	1	1	5,5	0,193
1.6	Степень защиты IP	1	0,5	0,5	0,5	1	1,5	3,5	0,123

Вывод: В итоге по оценке конкурентоспособности новшества видно, что разработанный товар не уступает товарам заменителям и коэффициент конкурентоспособности с учетом его технического уровня, затрат удовлетворение потребности в нем и конкурентных преимуществ при движении товара на рынке равен 1,101

Заключение

При выполнении квалификационной работы разработан асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором для привода компрессора. Для заданных номинальной мощности $P_{2н}=15$ кВт, номинальной частоте $f_1=50$ Гц и напряжении $U_{нф}=380/660$ В. Определены:

- КПД двигателя $\eta = 0,87$;
- Коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,87$;
- Число полюсов $2p=4$;
- Класс изоляции «F»;
- Частота вращения $n_{ном}=1451$ об/мин;
- Потребляемый ток $I_n = 16.6$ 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 F (до 115°C).

Специальная часть квалификационной работы посвящена исследованиям одним из способов снижения величины пускового тока без применения специальной пускорегулирующей аппаратуры, которым является изменение конструкции ротора асинхронного двигателя. Результаты исследований показали, что изменение числа пазов намного эффективнее в

плане снижения пускового тока, нежели простое изменение сечения паза ротора (изменения плотности тока).

Разработан технологический процесс сборки ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, проанализированы исходные данные, оценена технологичность конструкции. Разработана схема сборки 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 проекта асинхронного двигателя, путем сравнения двух вариантов базового и предлагаемого двигателя. Результаты технико-экономического обоснования позволили оценить целесообразность проекта двигателя. Произведен расчет затрат на его изготовления, заработной платы. В настоящей выпускной квалификационной работе произведен расчет затрат на изготовления проекта для компрессорного двигателя.

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.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

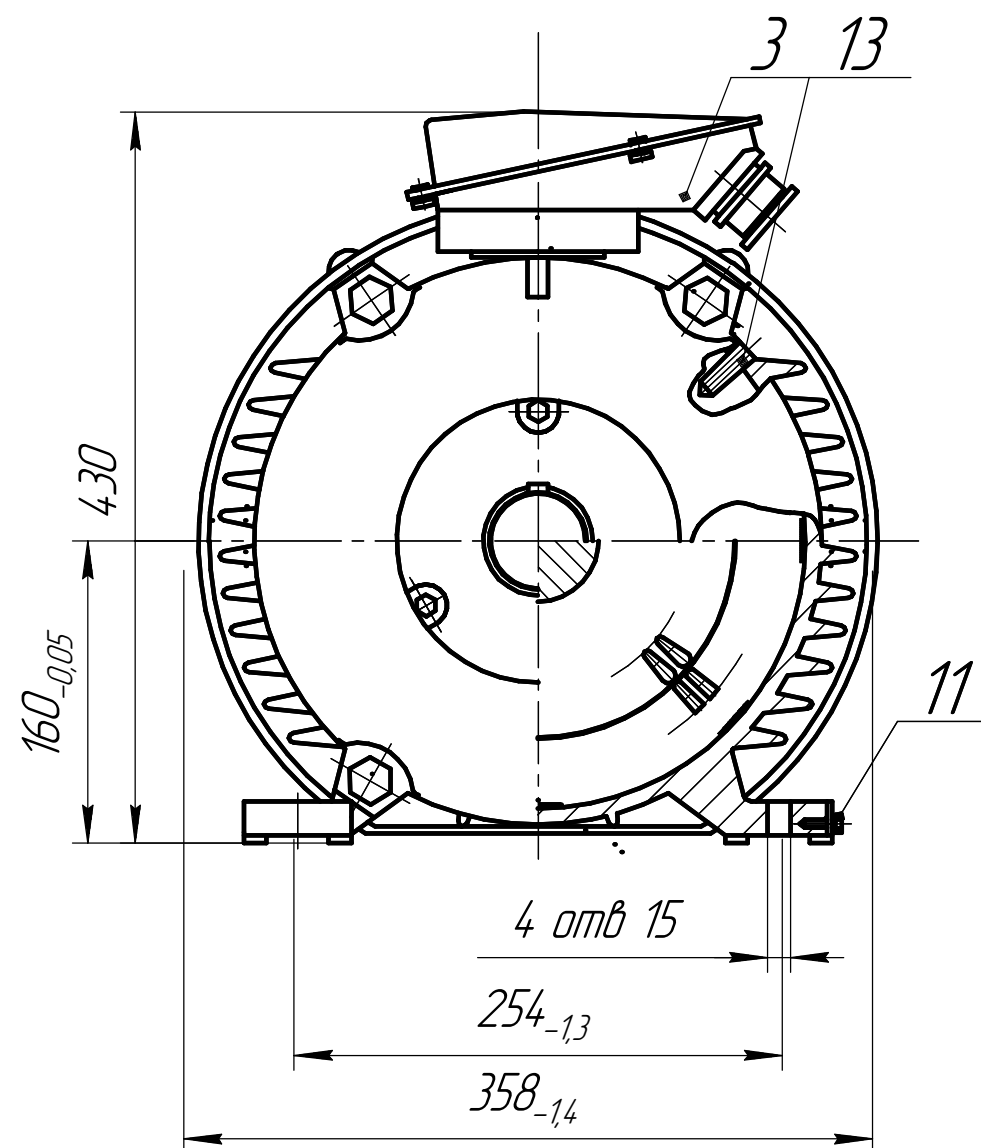
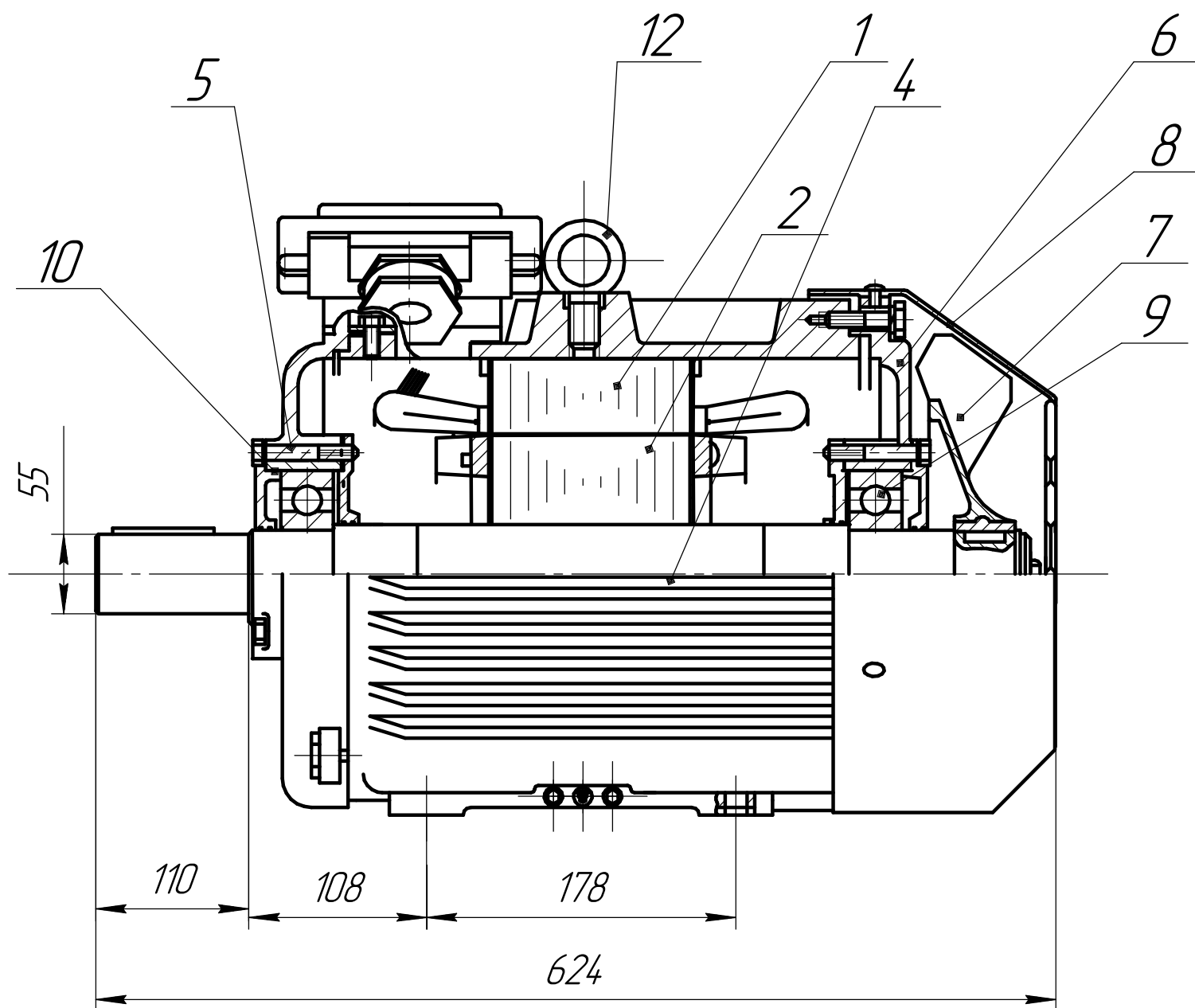
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 525000.012.СБ



Технические требования

1. Установочно-присоединительные размеры по ГОСТ 183-74
2. Площадку под болты заземления предохранить от покраски
3. Перед сборкой подшипники нагреть в масле до 80 С
4. Уровень шума и вибраций по ГОСТ 16372-77
5. Допуски на габаритные и установно-присоединительные размеры по ГОСТ 8592-74

					ФЮРА. 525000.012.СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором	Лит.	Масса	Масштаб
						Т	135	1:4
						Лист 1	Листов 1	
						ТПУ ЭКМ Группа К-7303		
Н.контр.								
Утв.		Бейерлейн Е.В.						

Копировал

Формат А3

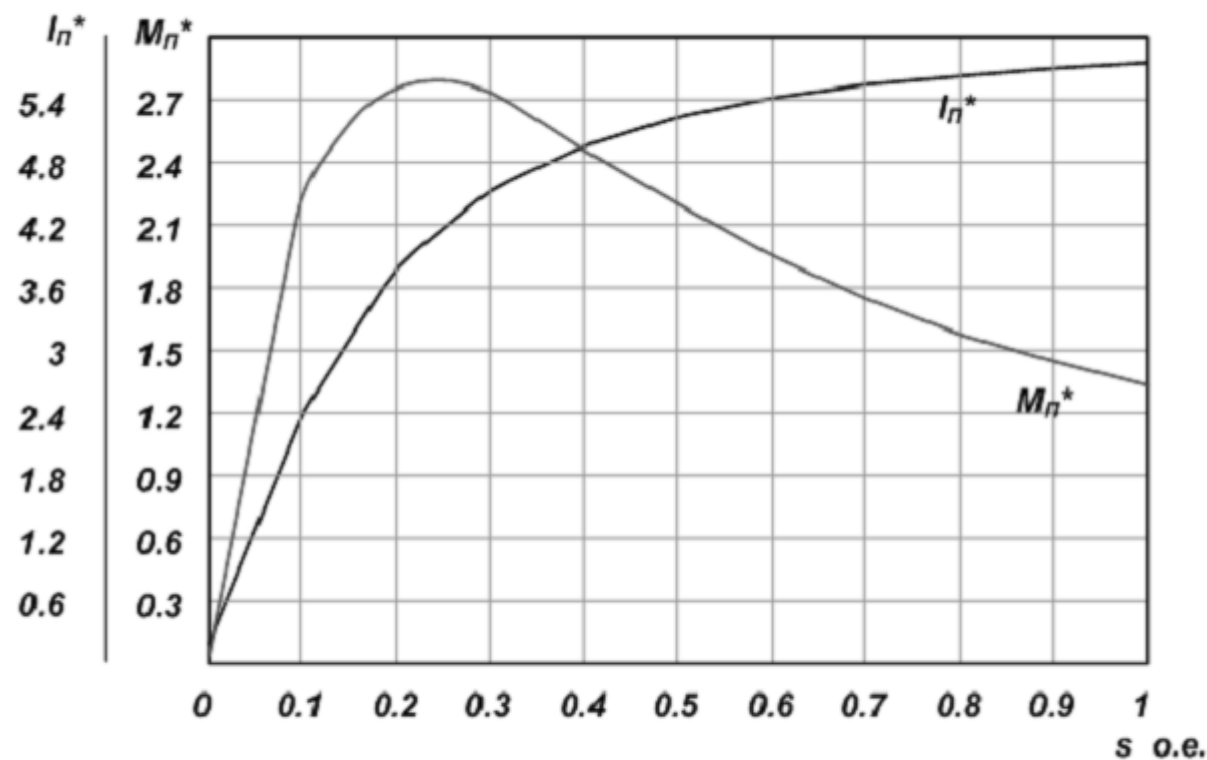


Рис.1. Пусковые характеристики

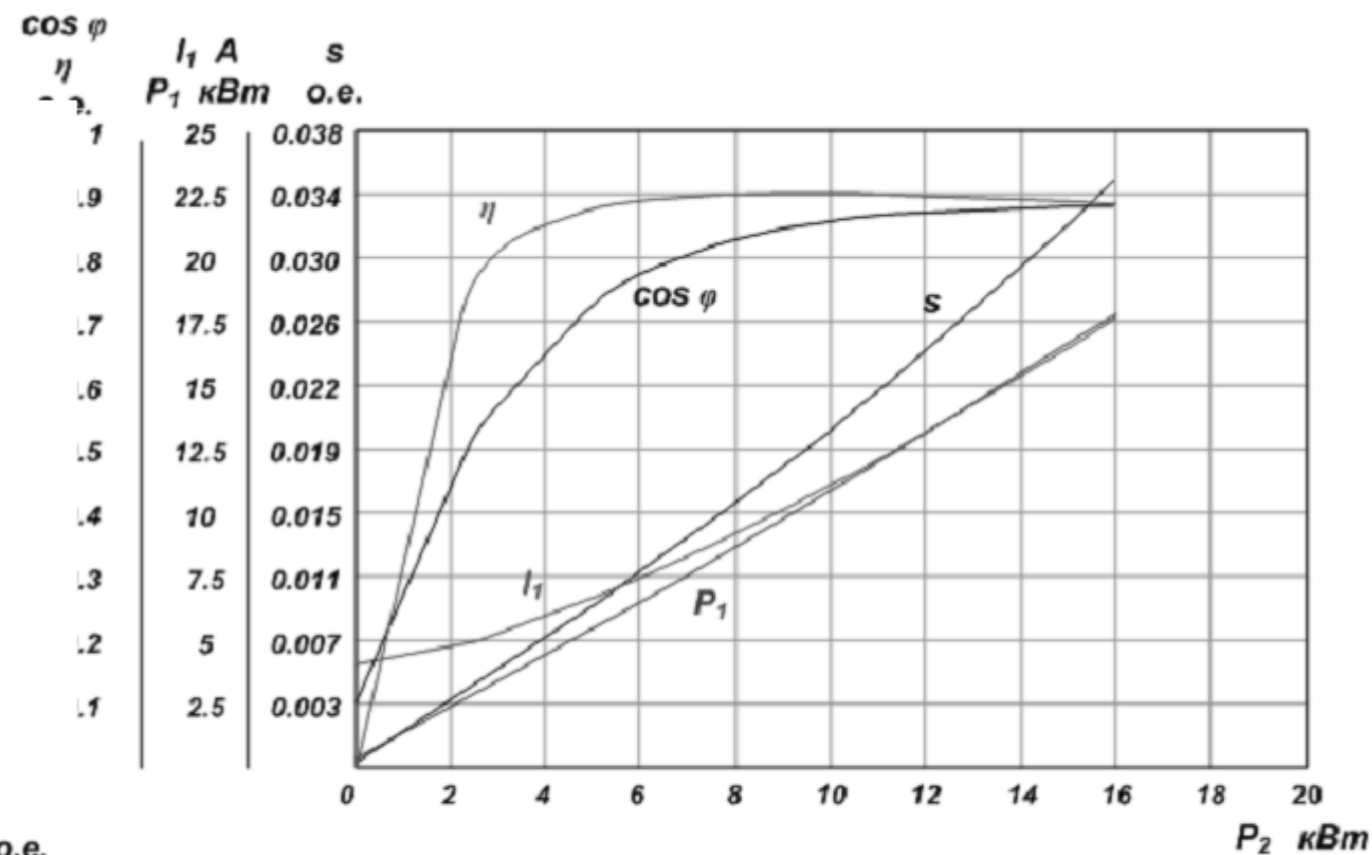


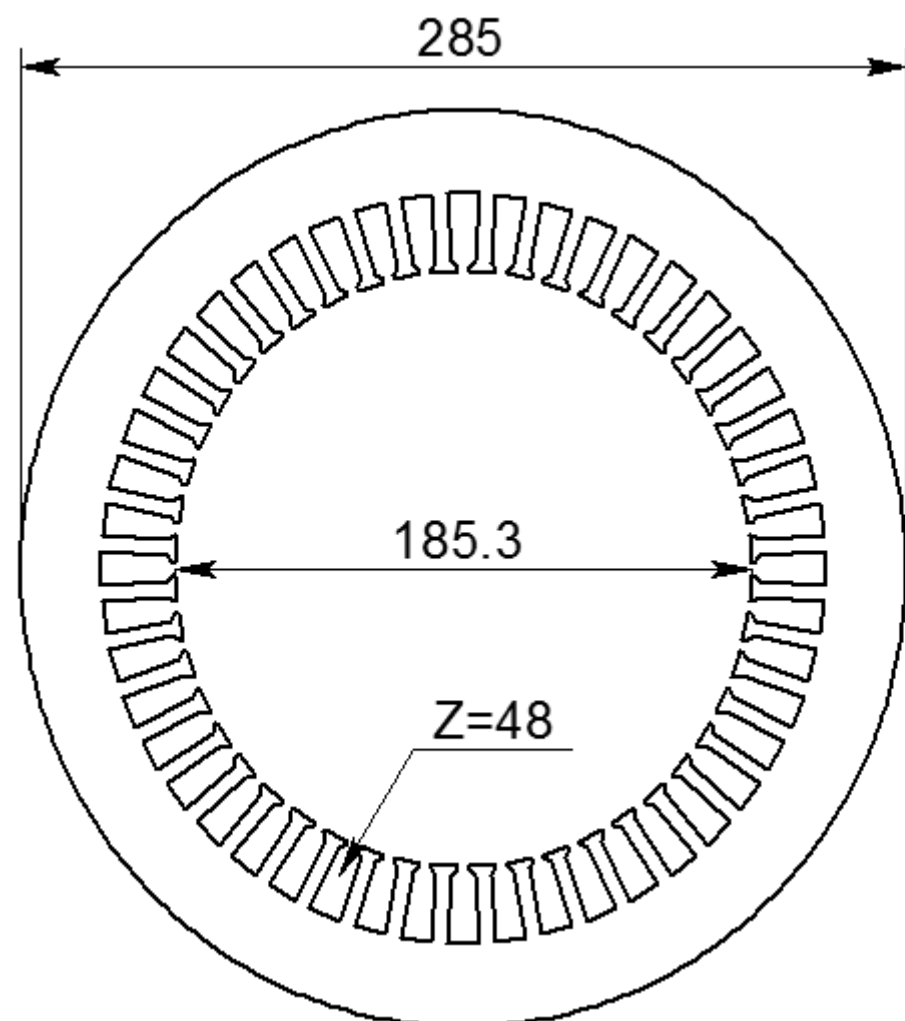
Рис.2. Рабочие характеристики

ФЮРА 525000.012					Электромагнитный расчет		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Алиматов А.М.						1:1
Пров.	Бейерлей Е.В.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
Утв.	Бейерлей Е.В.						

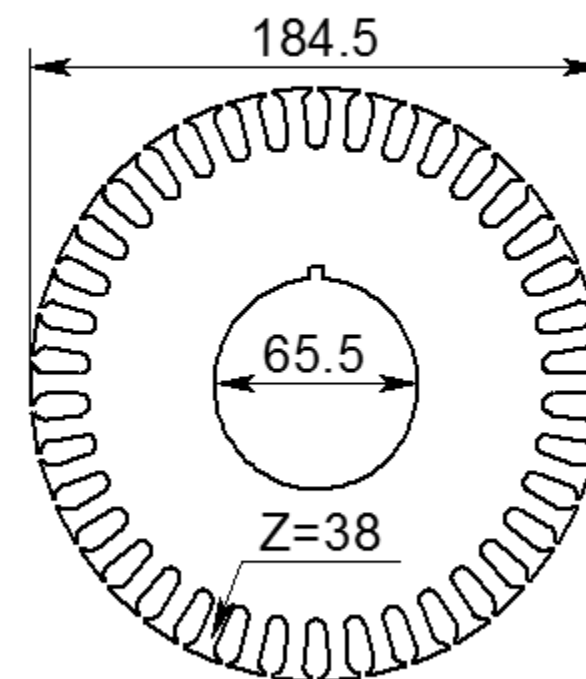


Формат А3

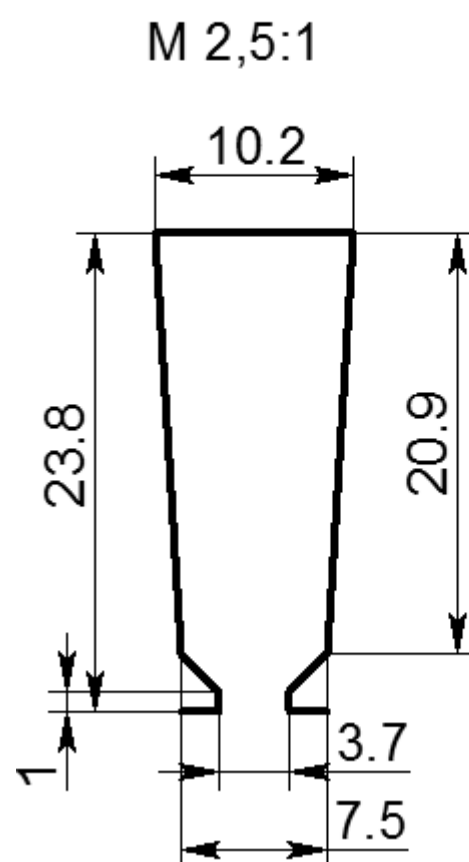
$\phi_{H0PA} 525000.012$



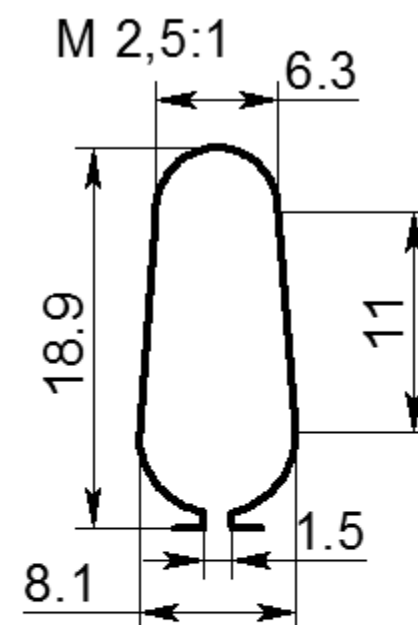
Лист статора



Лист ротора



Эскиз паза статора



Эскиз паза ротора

					ФЮРА 525000.012			
					Лист ротора и статора Эскиз паза ротора и статора	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:1
Разраб.		Алиматов А.М.						
Пров.		Бейерлейн Е.В.						
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.						ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
Утв.		Бейерлейн Е.В.						

ФЮРА 525000.012

Таблица 1. При изменении J2

J ₂	η	cosφ	I _{п*}	M _{п*}
1	2	3	4	5
2,5	0,8984	0,884	5,9	1,185
2,7	0,8972	0,8859	5,87	1,204
2,9	0,8958	0,8873	5,84	1,231
3,1	0,8944	0,8885	5,79	1,248
3,3	0,8928	0,8894	5,78	1,279
3,5	0,8912	0,8902	5,77	1,324

Таблица 2. При изменении Z2

Z ₂	η	cosφ	I _{п*}	M _{п*}
1	2	3	4	5
34	0,8897	0,8761	5,13	1,074
38	0,8912	0,8902	5,77	1,324
56	0,8892	0,9046	6,74	1,69
58	0,889	0,9085	6,83	1,758
62	0,8887	0,9118	7,09	1,9
64	0,8882	0,9116	7,12	1,924

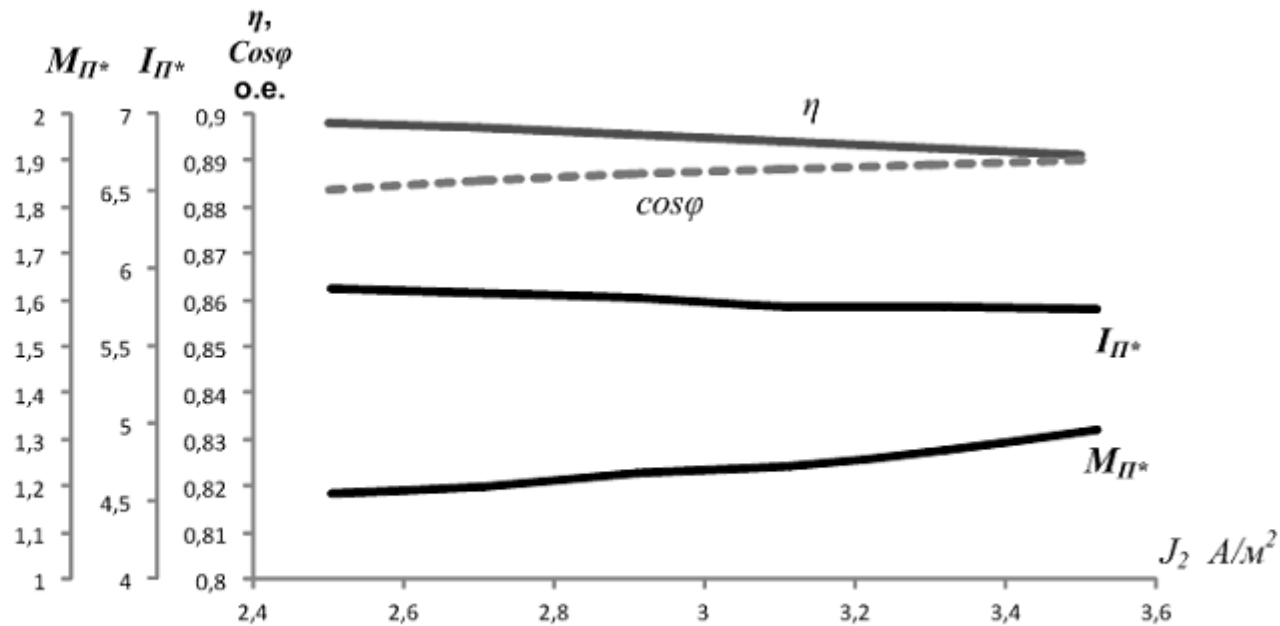


Рис.1. Характеристика при изменении J2

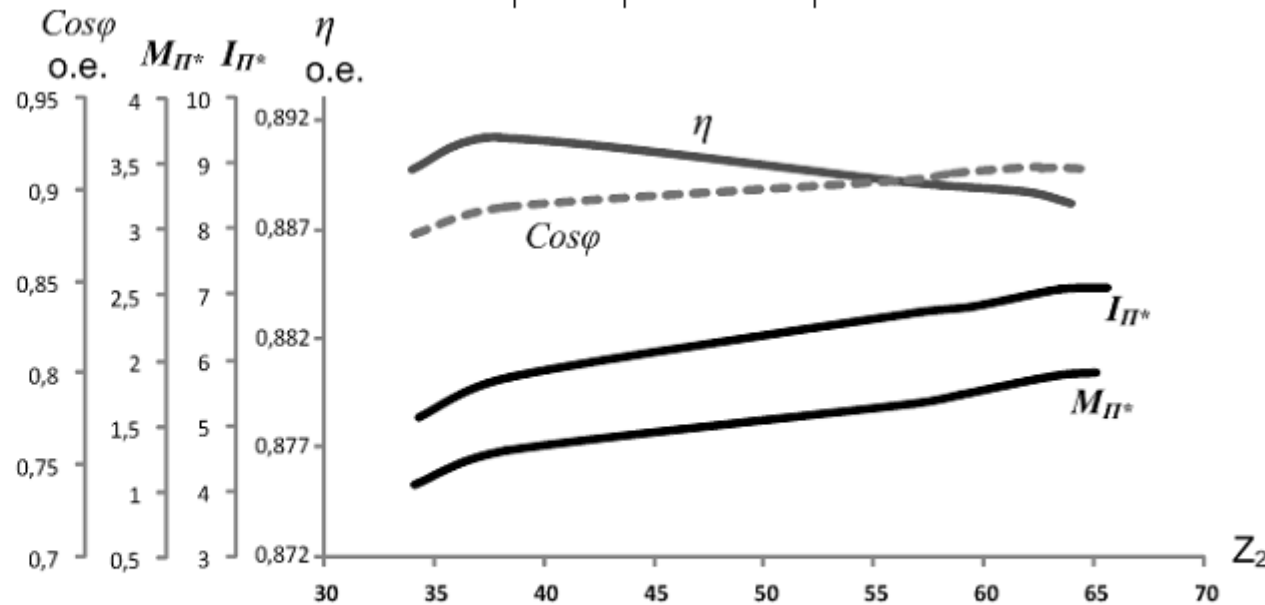
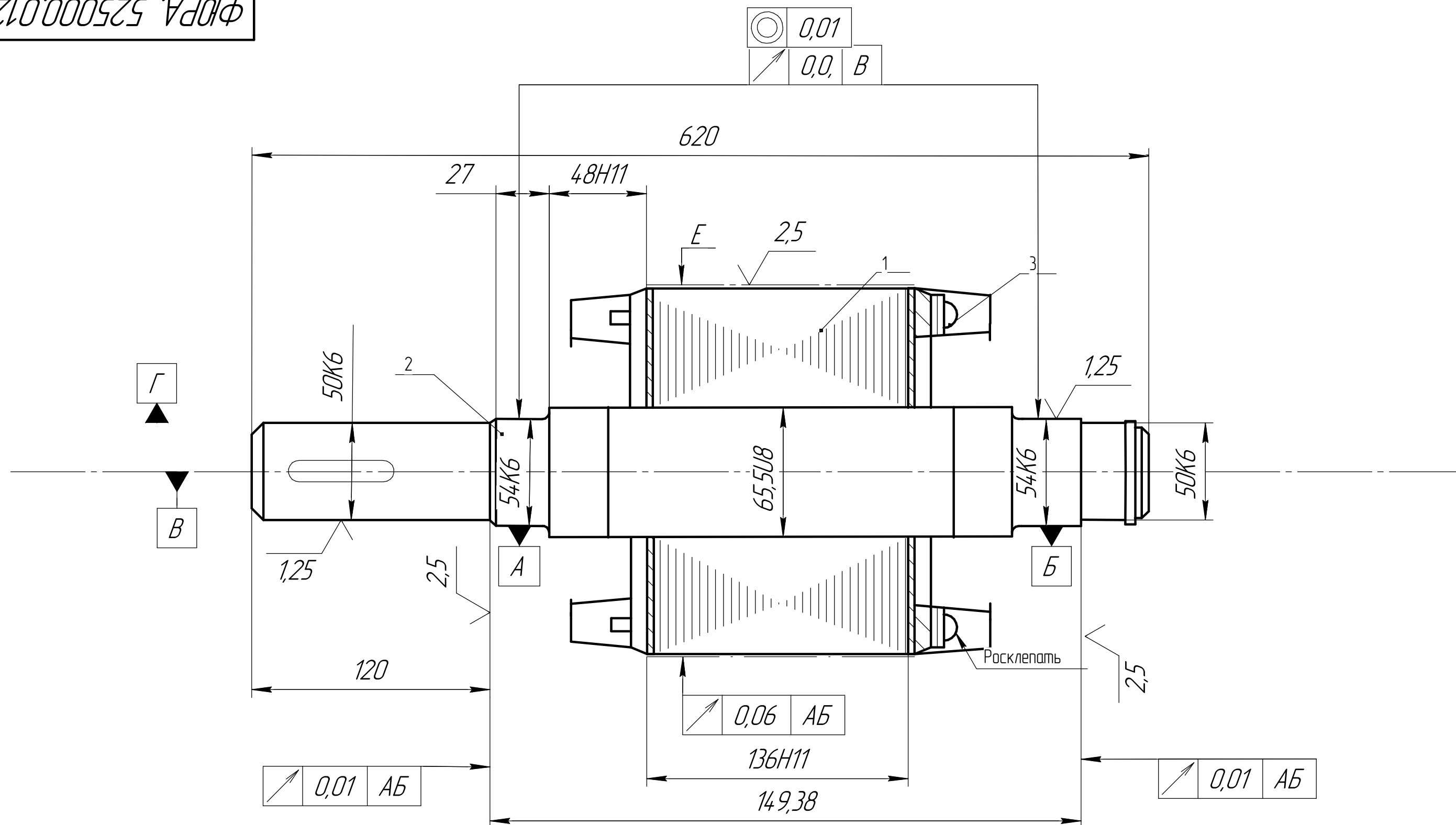


Рис.2. Характеристика при изменении Z2

ФЮРА 525000.012				
Специальная часть				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Алиматов А.М.		
Пров.		Бейерлей Е.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Бейерлей Е.В.		
Лит.			Масса	Масштаб
				1:1
Лист			Листов 1	
ТПУ ИнЭО Группа К-7303				

$\phi_{HOPA} = 525000.012$



1. Покрытие наружной поверхности ротора Е; эмаль ГФ-92ГС серая ГОСТ 9151-75 или эмаль ЭП-91 темно-зеленая ГОСТ 15943-80

2. Ротор балансировать динамически. Дисбаланс устранять набором шайб поз. 3 с последующей расклейкой выступающей части бонки.

Допустимый остаточный дисбаланс в плоскостях коррекции I и II – 16 гмм.

Балансировку ротора производить с полушпонкой (5х2,5х16), расположенной в шпоночном пазу на выходном конце вала

					ФЮРА. 525000.012.				
					Ротор сдоре	Лит.	Масса	Максимум	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:2	
Разраб.	Алиматов А.М.								
Пров.	Бейерлейн Е.В.								
Т.контр.	Баранов П.Р.					Лист	Листов	1	
Н.контр.						ТПУ ИИЭО			
Утв.						гр. К-7303			

Копировал

Формат А3