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

Институт _____Институт электронного обучения_____
Специальность____140601.65Электромеханика_____
Кафедра ___Электротехнических комплексов и материалов_____

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Проектирование частотно-регулируемого асинхронного двигателя

УДК_621.313.333.07_

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-7301	Катушонок Андрей Александрович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп.	Кузьмина.Н.Г			

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Технологическая часть»

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

По разделу «Электромагнитный расчет» специальная часть

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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 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.

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.

Р13 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.

Р14 Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.

Р15 Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

Р16 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 _____Институт электронного обучения_____
Специальность____140601.65Электромеханика_____
Кафедра ___Электротехнических комплексов и материалов_____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ _____
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломный проект(работа)

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

Студенту:

Группа	**ФИО**
З-7301	Катушонок Андрей Александрович

Тема работы:

Проектирование частотно-регулируемого асинхронного двигателя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.03.16 №1804/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Номинальная мощность **P2н** = 22 кВт; Число фаз **m** = 3; Номинальное напряжение **Uн** = 220/380 В, соединение фаз Δ/Y; число полюсов **2p** =2; частота напряжения ***f*** = 50 Гц; высота оси вращения ***h*** =180 мм; кратность максимального момента $M_{м*} \geq$ 2,5; режим работы s1, степень защиты IP54; Система охлаждения IC0141.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Реферат 2. Содержание 3. Введение 4. Электромагнитный, тепловой и Механический расчеты

	5. Специальная часть 6. Технологическая часть 7. Экономическая часть 8. Безопасность и экологичность проекта 9. Заключение 10. Заключение на иностранном языке **11.** Список использованных источников
Перечень графического материала	1. Сборочный чертеж двигателя 1 лист 2. Сборочный чертеж ротора 1 лист 3. Вал 1 лист 4. Специальная часть 1 лист 5. Электромагнитный расчет 1 лист 6. Технологическая часть 1 лист

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Основная часть	Тютева Полина Васильевна
Технологическая часть	Баранов Павел Рудольфович
Экономическая часть	Кузьмина Наталья Геннадьевна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-7301	Катушонок Андрей Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН»

Студенту:

Группа	ФИО
3-7301	Катушонок Андрей Александрович

Институт	ИнЭО	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; 22 к*Вт, 2р=2*	
2. Годовая программа выпуска изделия 6000 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	*4. Выбрать оборудование для сборки, мех. обработки и балансировки ротора*
5. Разработать маршрутную технологию сборки ротора	*6. Определить нормы времени на операции и оборудование*
7. Построить график загрузки оборудования	
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	
1. Комплекс 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		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-7301	Катушонок Андрей Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-7301	Катушонок Андрей Александрович

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*	*Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, анкетирование; опрос*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
8. *Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)*	*Смета затрат на проект*
9. *Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР*	*Определение материальных затрат на производство продукции*
10. *Составление бюджета инженерного проекта (ИП)*	*Оценка технического уровня*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	
5. *Оценка конкурентоспособности ИР*	

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
3-7301	Катушонок Андрей Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Институт	**ИнЭО**
Направление подготовки (специальность)	**Электромеханика**
Уровень образования	**Специалист**
Кафедра	**ЭКМ**
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
3-7301	Катушонок Андрей Александрович

Тема работы:

Проектирование частотно-регулируемого асинхронного двигателя

Форма представления работы:

Дипломный проект (работа)

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

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	*1. Анализ опасных и вредных факторов;* *- Опасные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:(Поражение электрическим током, при работе испытательной станции, получение механических травм, при слесарно-сборочных работах.)* *- Вредные факторы, которые приводят к нарушению нормального режима работы:(Отклонение параметров микроклимата, шум, вибрация, недостаточная освещенность)* *- Негативного воздействия на окружающую природную* *среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)* *2. Производственная санитария:(шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека.)* *3. Микроклимат:(качество воздуха в производственных помещениях, в частности в рабочих зонах)* *4. Техника безопасности слесаря-сборщика эл. машин.* *5. Расчет заземления станка:(Рассчитываем систему заземления агрегатного станка, работающего на напряжении U=380В)* *6. Пожарная безопасность:* *- Содержание зданий и помещений на объединении.* *- На территории объединения и в помещениях запрещается.*

	- . Каждый работающий на объединении должен знать (Противопожарная безопасности, план эвакуации) *7. Охрана окружающей среды.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	*1. Анализ выявленных вредных **факторов** проектируемой производственной среды в следующей последовательности:* *- физико – химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой;* *- действие фактора на организм человека;* *- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно технический документ);* *-- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)* *2. 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);* *3. Охрана окружающей среды:* *4. Защита в чрезвычайных ситуациях:* *- перечень возможных ЧС на объекте;* *- выбор наиболее типичной ЧС;* *- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;* *- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;*

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
3-7301	Катушонок А.А		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 128 страниц, 16 иллюстрации, 15 таблиц, 39 использованных источников, 6 листов графического материала.

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, короткозамкнутый ротор, насосный агрегат, закон регулирования, сборка ротора.

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

В процессе работы были выполнены: Электромагнитный расчёт, определены основные размеры двигателя, тип обмотки, номинальные, и критические значения. Тепловой расчёт определил максимальные значения температур и выбран класс нагревостойкости изоляции. В механическом расчёте вала, расчетным путем проверили вал на жесткость. В специальной части подобрали агрегат для нашего двигателя, а именно консольный насос, рассмотрены изменения частоты и напряжения по закону u/f=const и изображены механические характеристики насоса как нагрузочной машины при диапазоне регулирования 20-50 Гц . Также был разработан технологический процесс сборки ротора. Рассчитана себестоимость изготовления спроектированного двигателя рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности.

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	4
Введение	7
1. Электромагнитный расчет	
1.1 Выбор основных размеров	11
1.2 Определение числа пазов количества витков обмотки статора	14
1.3. Расчет зубцовой зоны статора и воздушного зазора	18
1.4 Расчет ротора	22
1.5 Расчет магнитной цепи	26
1.6 Параметры рабочего режима	29
1.7 Расчет потерь	34
1.8 Расчет рабочих характеристик	38
1.9 Расчет пусковых характеристик	41
2. Тепловой и вентиляционный расчет	
2.1 Тепловой расчет обмотки статора	47
2.2 Вентиляционный расчет	50
3. Механический расчет	
3.1 Расчет вала на жесткость	51
3.2 Выбор подшипников	56
4.4. Специальная часть	58
5. Технологическая часть	
5.1 Анализ технологичности конструкции сборки ротора	67
5.2 Расчет усилия запрессовки сердечника ротора на вал, сравнение с горячей посадкой и выбор пресса	70
5.3 Составление схемы сборки и маршрутной технологии сборки	73
5.4 Выбор сборочного оборудования, механической обработки и балансировки ротора	74
5.5 Нормирование сборочных работ	78
6. Экономическая часть	
6.1 Смета затрат на проектирование	87
6.1.1 Смета затрат на подготовку проекта	88
6.1.2 Отчисления на социальные нужды	
6.1.3 Материальные затраты на канцелярские товары	

6.1.4 Амортизация вычислительной техники	90
6.1.5 Прочие неучтенные затраты	
6.1.6 Накладные расходы	
6.1.7 Себестоимость проекта	91
6.2.1 Определение материальных расходов	92
6.2.2 Затраты на силовую электроэнергию	94
6.3 Оценка конкурентоспособности создаваемого продукта	95
7. Социальная ответственность	
7.1 Анализ опасных и вредных факторов	102
7.2 Производственная санитария	103
7.3 Микроклимат	104
7.4 Техника безопасности слесаря-сборщика электрических машин	106
7.5 Расчет заземления станка	108
7.6 Пожарная безопасность	
7.6.1 Содержание зданий и помещений на объединении	112
7.6.2 На территории объединения и в помещениях запрещается	113
Заключение	117
Список использованных источников	119
Приложения:	
Приложение 1 Паз статора в штампе	122
Приложение 2 Эскиз паза статора с заполнением	123
Приложение 3 Паз ротора в штампе	124
Приложение 4 Рабочие характеристики	125
Приложение 5 Пусковые характеристики	126
Приложение 6 Схема сборки статора	127
Приложение 7 Схема сборки ротора асинхронного двигателя	128
Графический материал:	
ФЮРА.526.100.009 СБ Двигатель асинхронный	
ФЮРА.520.400.009 Вал	
ФЮРА.520.400.009 Ротор	
ФЮРА.520.200.009 Чертеж по специальной части	
ФЮРА.520.200.009 Электромагнитный расчет	
ФЮРА.520.200.009 Чертеж по технологической части	

4. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Насосные агрегаты — это неотъемлемая часть в наше время. В основном насосы используются для коммунального и промышленного водоснабжения, для транспортировки нефти, угля и других продуктов и т.д.

Необходимость регулирования производительности насосов в основном для регулирования количества подаваемой жидкости. Например, производительность циркуляционного насоса системы охлаждения нужно регулировать в зависимости от количества тепла, подлежащего отводу, или производительность насоса водоснабжения должна изменяться соответственно режиму водопотребления.

Регулировка подачи центробежных насосов в основном происходит двумя способами — изменение характеристики системы (Изменение положения задвижек на всасывающих или напорных линиях) и изменение частоты вращения рабочего колеса насоса. С помощью первого способа можно только сократить подачу насоса, что является не экономичным способом, однако в быту способ части используется. Кроме этого, нужно иметь в виду, что системы с центробежными насосами могут непроизвольно регулироваться при изменении характеристики системы.

Регулирование путем изменения частоты вращения рабочего колеса насоса. Наиболее экономичным способом регулирования работы насосного агрегата является изменение частоты вращения рабочего колеса. Такое регулирование осуществляется с помощью гидромуфт, электромагнитных муфт, электродвигателей с изменяемым числом оборотов и другими способами.

По нашим параметрам принимаем консольный насос К 100-65-200 предназначены для перекачивания воды производственно-технического назначения с pH от 6 до 9 (кроме морской) и других схожих с водой жидкостей

по химическим показателям, плотности и вязкости используемых в системах водоснабжения, отопления, циркуляции.

Таблица 4 Технические характеристики

Название агрегата	б/мин	Намин. подача $м^3/ч$	Намин. напор, м	КПД %	Мощность насоса, кВт	Мощность эл. дв., кВт
К 100-65-200	900	100	50	76	17,9	22

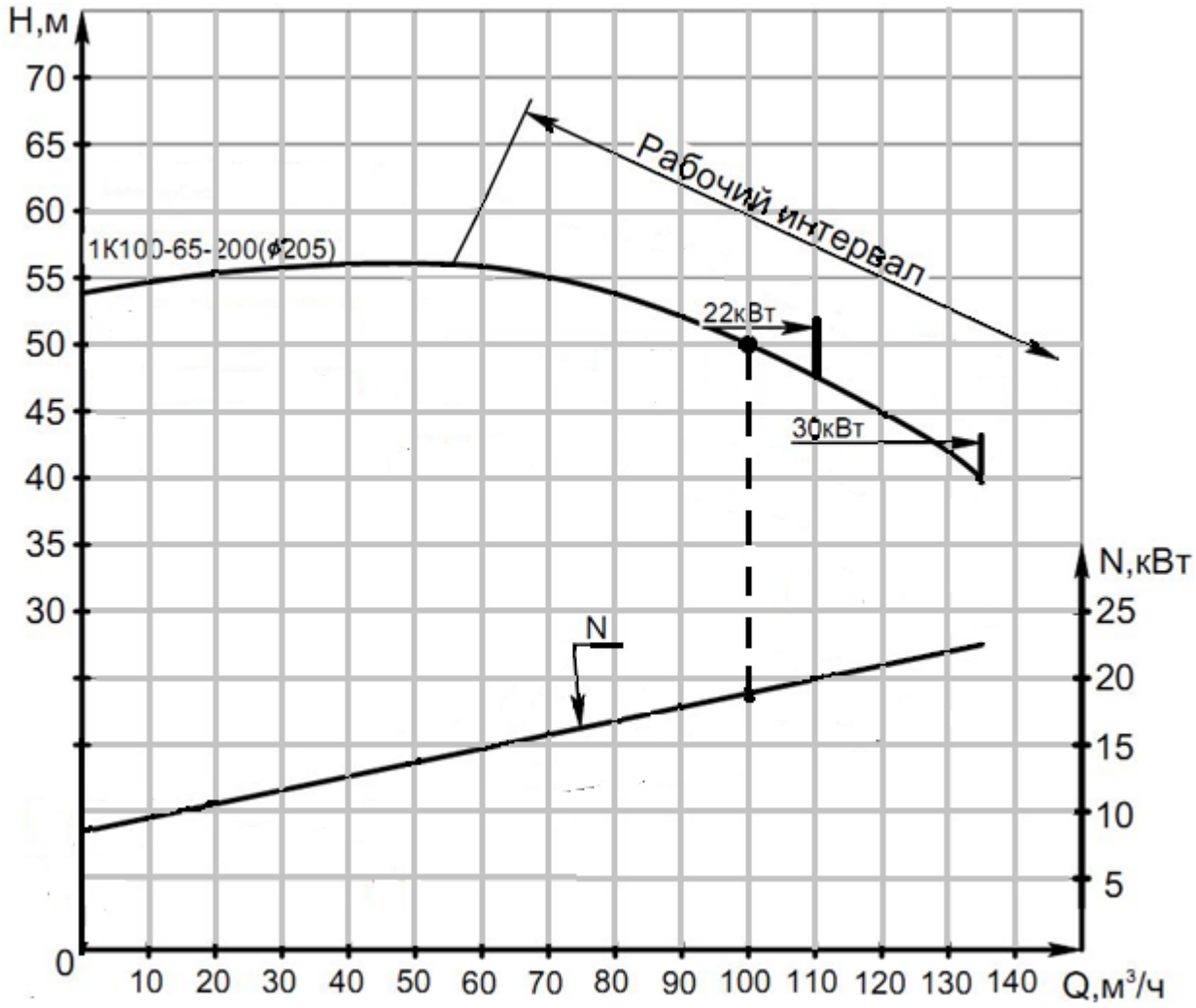

Рисунок 8 Гидравлическая характеристика насоса К 100-65-200

По рисунку 8 можем наблюдать как изменяются все рабочие параметры при изменении частоты вращения рабочего колеса. Меняется положение характеристик насоса. Пересчет характеристик насоса на другую частоту осуществляется с помощью так называемых формул приведения.

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2$$

$$H_1 / H_2 = \left(n_1 / n_2 \right)^2$$

$$N_1 / N_2 \approx \left(n_1 / n_2 \right)^3$$

$$M_1 / M_2 \approx \left(n_1 / n_2 \right)^3$$

Равенство в последних формулах приблизительно, поскольку при изменении напора H и подачи Q приводит к изменению КПД.

При изменении частоты вращения гидравлические характеристики остаются подобными, только изменяется значения Q и H. Что можем наблюдать на графике совместной работы насоса, работающего с переменной частотой вращения (рис. 9). На этом графике представлен статический момент, при котором работает насос. Статический момент описывается зависимостью пересечений характеристик насоса, последовательно изменяющего свою частоту вращения. Положение рабочих точек определяются значения рабочих параметров насоса: напор H и подача Q.

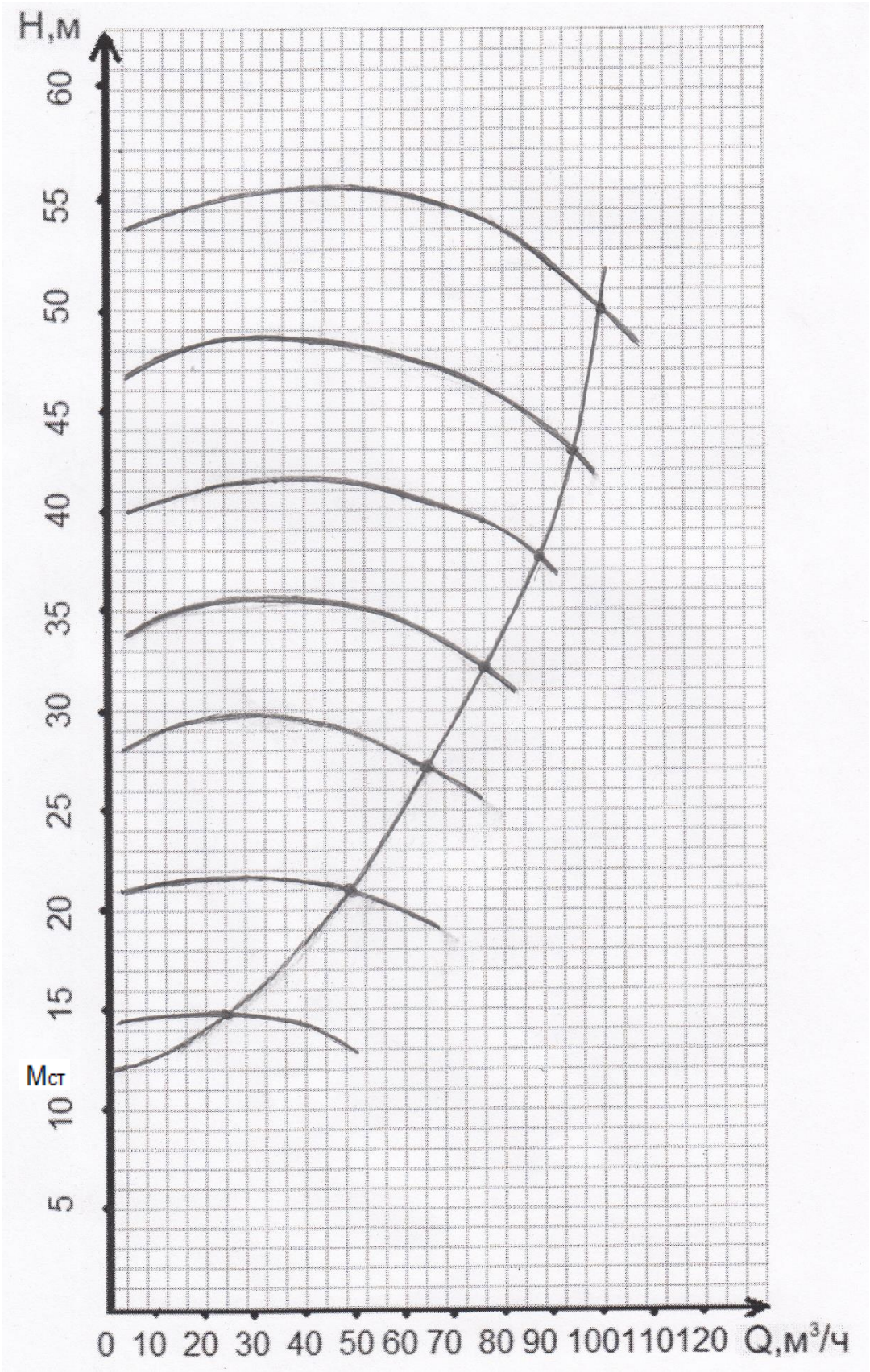

Рисунок 9 График совместной работы насоса К 100-65-200, работающего с переменной частотой вращения

С использованием формул приведения и подстановкой значений Q и H получены зависимости для определения мощности, потребляемой насосом, от подачи при изменении частоты вращения.

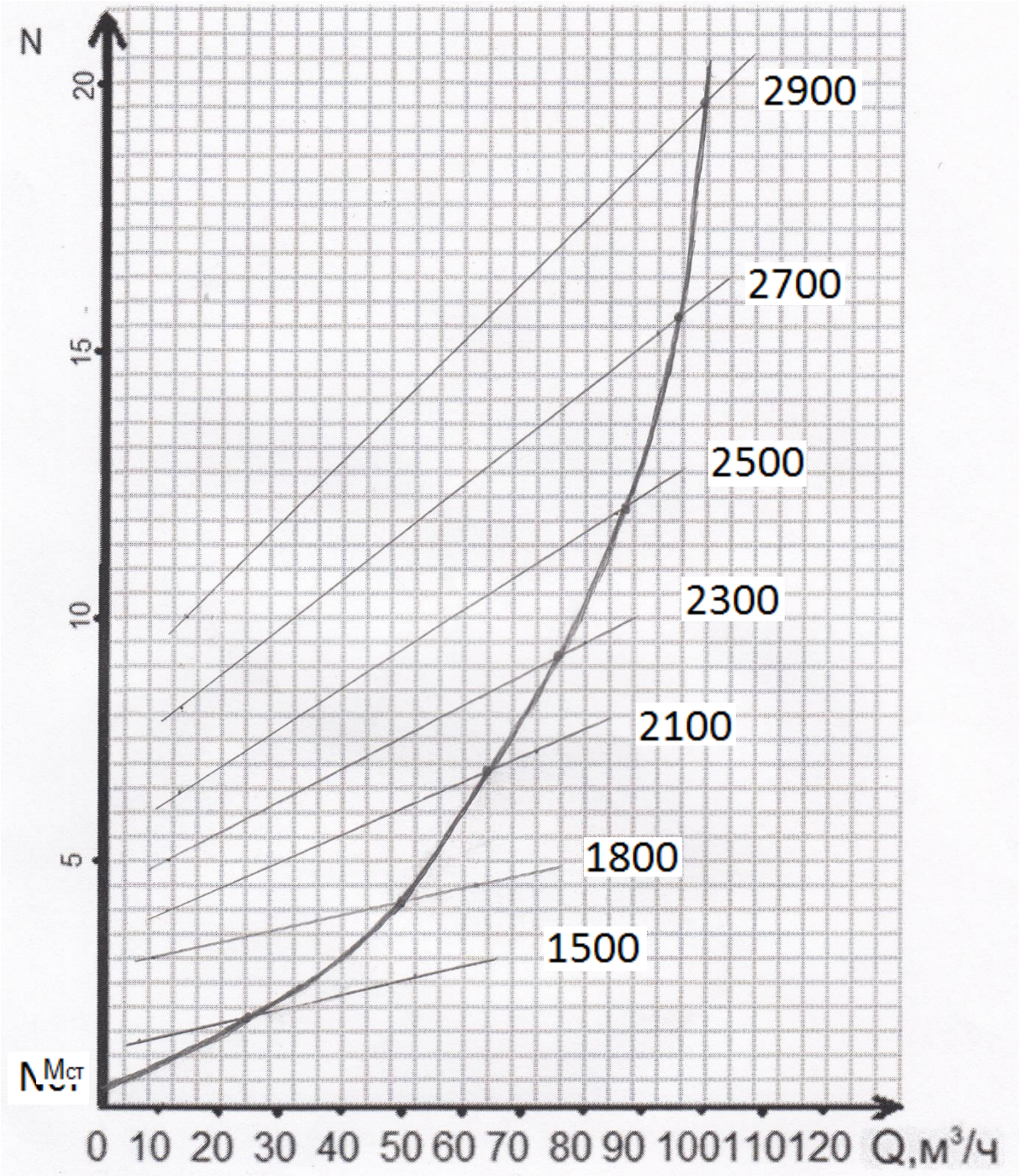

Рисунок 10 Изменение потребляемой насосом К 100-65-200 мощности в зависимости от частоты вращения

Оценив пусковые и рабочие свойства двигателя, как частотно-регулируемого, определим механическую характеристику двигателя, рассчитанным при изменении напряжения и частоты питающего напряжения.

Предполагается, что частота напряжения и напряжение изменяются по закону, U/f=const обеспечивающего неизменность момента на валу двигателя.

Расчёт механической характеристики двигателя M=f(s) происходит с изменением скольжения *s* от единицы до нуля. При этом подразумеваем включение двигателя, где частота и напряжение, равны значениям(номинальным) которые не изменяются как во время пуска двигателя, так и в процессе работы. При расчёте механической характеристики прямого включения двигателя требует вести учет влияния вытеснения тока в стержнях короткозамкнутой обмотки ротора, на активное сопротивление обмотки и насыщения на индуктивные сопротивления рассеяния обмоток. Это существенно усложняет расчёт механической характеристики двигателя.

Обычно не учитывают влияние насыщения и вытеснение тока на механическую характеристику двигателя при частотном пуске. Причина в некоторых факторах. При частотном пуске, когда двигатель набирает разгон, частота и напряжение возрастают практически от нулевых до своих установившихся значений. Поэтому не берем во внимание влияние вытесняемого тока в стержнях на активное сопротивление короткозамкнутой обмотки ротора. Частотный преобразователь имеет ограничение по току обмотки статора, что позволяет не обращать внимания влияние на индуктивные сопротивления рассеяния обмоток от насыщения магнитопровода а, следовательно, и на механическую характеристику двигателя.

При прямом пуске, когда диапазон скольжения S от 1 до Sкр 1,67 появляется влияние вытеснения тока и насыщения магнитопровода в стержнях на механическую характеристику, где Sкр – критическое скольжение, когда максимальный момент двигателя. С помощью этого значения можем произвести расчет механической характеристики двигателя в диапазоне от 1,67 до 0, не учитывая насыщения и вытеснения тока(при постоянных параметрах)

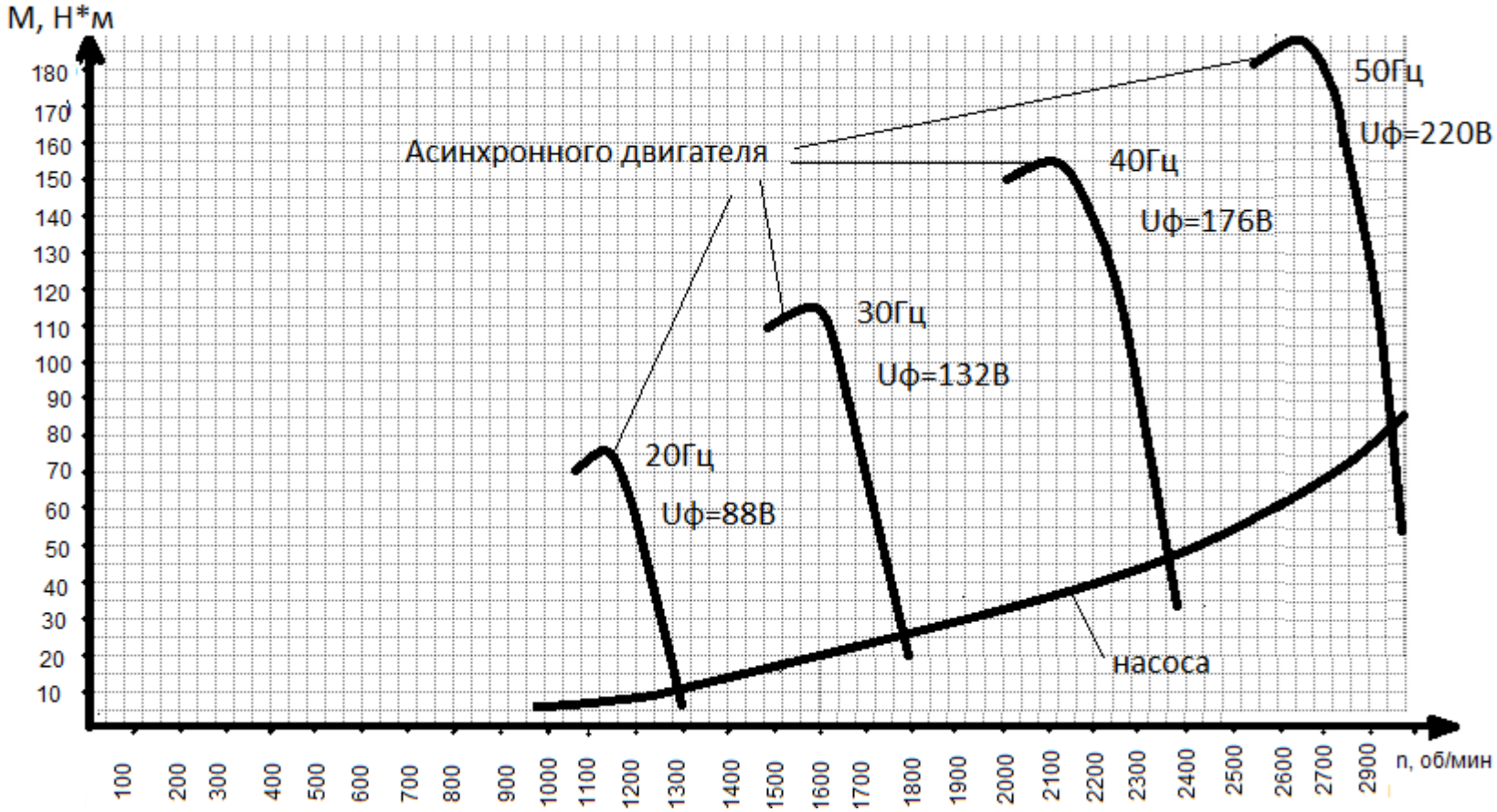

Рисунок 11 Механическая характеристика насоса как нагрузочной машины и двигателя

Регулировка расхода жидкости при помощи клапанов или заслонок, происходит при полной скорости двигателя, лишь изменяя гидравлическое сопротивление тракта. В отличии от способа снижением частоты вращения приводного двигателя насоса.

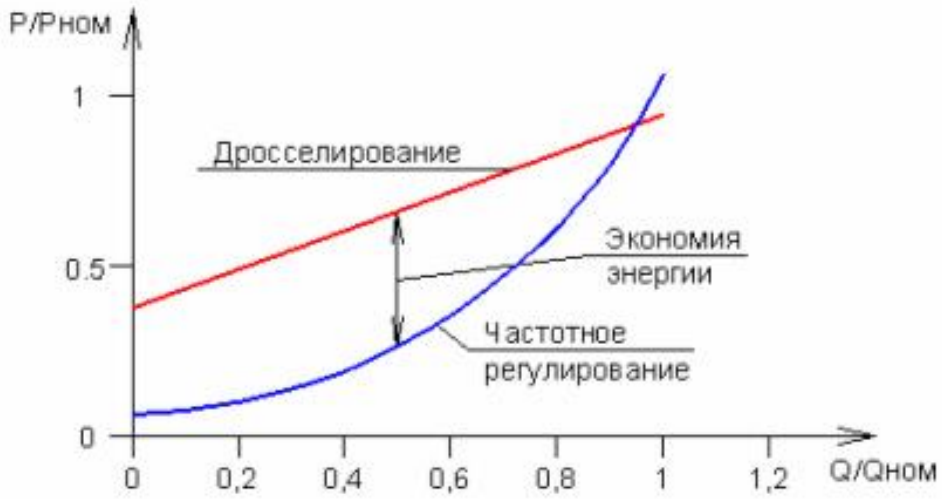

Рисунок 12 Экономия эл энергии от способа регулирования напора.

Используя такой вид регулирования, мы получаем экономию электроэнергии до 60%. В связи с тем, что стабильность давления регулируется частотой, снижается расход подаваемой жидкости и уменьшается износ т.к отсутствует дополнительное оборудование, необходимое при дроссельном регулировании увеличивается срок службы технологического оборудования.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

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

Мощность – 22000 Вт,

Номинальная частота вращения $n_H = 3000$ об/мин

Номинальное напряжение (линейное) $U_н = 220$ В

Частота питающей сети – 50 Гц,

Число пар полюсов – 2p=2.

6.1 Смета затрат на проектирование

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

Распределение работы между работниками, проектирующими сводим, в таблицу 7

Таблица 7 План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполняемых работ	Исполнители		Разряд	Продолж. (дней)
		Кол-во	Должность		
1	Получение тех.задания на разработку проекта	2	научный руководитель инженер	15 10	1
2	Сбор исходных данных	1	инженер	10	2
3	Ознакомление с технической документацией	1	инженер	10	2

Продолжение таблицы 7

4	Электромагнитный расчет двигателя	2	инженер	10	3
5	Расчет и выбор блока добавочных сопротивлений двигателя	1	инженер	10	4
6	Расчет технологической части проекта	2	инженер	10	6
7	Проверка выполненных расчётов	2	научный руководитель инженер	15 10	1
8	Выполнение чертежей, схем	2	инженер	10	2
9	Технико-экономическое обоснование выбора оборудования	1	инженер	10	4
10	Разработка раздела БЖД	1	инженер	10	4
11	Оформление пояснительной записки	2	инженер	10	1
12	Проверка пояснительной записки и чертежей	2	научный руководитель. инженер	15 10	1
Длительность работы, дней					31

6.1.1 Смета затрат на подготовку проекта

Суммарные издержки на проектирование определяем по выражению:

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

где $И_{з.пл}$ - издержки на заработную плату;

$И_{соц}$ - издержки на социальные отчисления;

$И_{мат}$ - материальные издержки;

$И_{ам}$ - амортизационные издержки;

$И_{пр}$ - прочие издержки;

$И_{накл}$ - накладные расходы.

Издержки на заработную плату

Таблица 8 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	2200,0	1,1	1,3	33319	1586,6	3	5168,4
Инженер 10р	14500		1,1	1,3	20735	987,3	31	30608,8
Итого					54054	2573,9	34	35777,2

$$И_{з.пл.} = \frac{(З \cdot k_1 + Д) \cdot k_2}{21} \cdot X \quad \text{или} \quad И_{з.пл.} = \frac{(З \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X \qquad (6.2)$$

где: $З$ –оклад;

$Д$ – доплата за интенсивность труда

k_1 - коэффициент за отпуск (1,1);

k_2 - районный коэффициент (1,3);

21 - количество рабочих дней в месяце;

Расчет для научного руководителя 15 разряда

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

Зарплата.

$$И_{з.пл.} = \frac{(З \cdot k_1 + Д) \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{(23300 \cdot 1.1 + 2200) \cdot 1.3}{21} \cdot 3 = 5168.4 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 10 разряда

$$И_{з.пл.} = \frac{(З \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 31 = 30608.8 \text{ (руб.)}$$

Тогда

$$И_{з.пл\Sigma} = \sum И_{з.пл} = 5168,4 + 30608,5 = 35777,2 \text{ (руб.)}$$

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.

$И_{соц}=0,3 \cdot И_{з.пл\Sigma} = 0,3 \cdot 35777,2 = 10733,2$ (руб)

6.1.3 Материальные затраты на канцелярские товары

Материальные затраты на канцелярские товары примем в размере 950 руб. (в условиях цен на канцелярские товары в настоящее время).

$$И_{мат} = 950(руб)$$

6.1.4 Амортизация вычислительной техники

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 25 тысяч рублей.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$И_{ам} = \frac{T_и}{T_{кал}} \cdot Ф_{кт} \cdot H_ф = \frac{30}{365} \cdot 28700 \cdot \frac{1}{8} = 294,9 \text{ (руб)}$$

где $T_и$ - количество отработанных дней на ПК;

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

$Ф_{кт}$ - первоначальная стоимость ПК;

$H_ф = \frac{1}{T_{сл}}$ - 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 статях), 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.

$$И_{пр} = 0{,}1 \cdot \left(И_{з.пл} + И_{соц} + И_{мат} + И_{ам} \right) =$$
$$= 0{,}1 \cdot \left(35777.2 + 10733{,}2 + 950 + 294{,}9 \right) = 4775{,}5 \left(руб \right)$$

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.

$И_{накл}=2 \cdot И_{з.пл\Sigma}=2 \cdot 35777{,}2=71554{,}4$ (руб)

6.1.7 Себестоимость проекта

$$\sum И_{проекта} = И_{з.пл} + И_{соц} + И_{мат} + И_{ам} + И_{пр} + И_{накл} =$$
$$= 35777{,}2 + 10733{,}2 + 950 + 294{,}9 + 4775{,}5 + 71554{,}4 = 124085{,}2 \left(руб \right)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 9.

Таблица 9 Смета затрат на подготовку проекта

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$И_{з.пл\sum}$	35777,2
2	Социальные отчисления	$И_{соц}$	10733,2
3	Материальные затраты	$И_{мат}$	950
4	Амортизационные отчисления	$И_{ам}$	294,9
5	Прочие издержки	$И_{пр}$	4775,5
6	Накладные расходы	$И_{накл}$	71554,4
7	Себестоимость проекта	$\sum И_{проекта}$	124085,2

6.2.1 Определение материальных расходов

Материальные затраты – это затраты, связанные с приобретением и заготовлением материалов для изготовления единицы продукции. Представим перечень материалов, необходимых для изготовления одного образца (см. таблицу 6.4).

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

$$M_{осн} = P \cdot Ц_{М},$$

где $Ц_{М}$ – 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 таблице 10.

Таблица 10 Затраты на материалы.

Наименование материала	Цена, руб./кг.	Норма расхода, шт.		Сумма, руб.		Удел. вес, %	
		Баз. 1 вар	Предл. 2 вар	Баз. 1 вар	Предл. 2 вар	1вар	2вар
1. Черные металлы						60,0	63,0
Чугун СЧ-20	58,5	55.008	53.424	3217.968	3125.304		
Валовая сталь	50,1	25.358	23.328	1270.456	1168.733		
Электротехническая сталь	73,9	64.656	60.336	4778.078	4458.83		
Прочие чёрные металлы	84,4	24.768	24.048	2090.419	2029.651		
2. Цветные металлы						3,0	3,0
Алюминий сплав АК7	216,0	2.304	1.872	497.664	404.352		
Прочие цвет. Металлы	231,2	0.288	0.2448	66.5856	56.59776		
3. Прочие материалы						5,0	5,0
Подшипник 309 и 310	448,0	2	2	896	896		
4. Кабельные изделия						25,0	22,5
Обмоточный провод ПЭТ155 d=1,015	962,2	4.464	3.456	4295.261	3325.363		
Провод установочный ПВКФ d=2,5,1	244,8	2.592	2.16	634.5216	528.768		
5. Изоляция						4,5	4,0
Стеклолакоткань ЛСК	244,8	1.5552	1.5264	380.713	373.6627		
Ст.пласт ССП БИД 8,2*3,5	214,0	0.5472	0.2592	117.1008	55.4688		
Синтофлекс или Элифлекс	645,9	0.1872	0.1872	120.9125	120.9125		
Плёнка ПЭТ-Э	520,0	0.0129	0.02736	6.7392	14.2272		
Резина трубка ТСКП	54,4	4.032	3.744	219.3408	203.6736		

Продолжение таблицы 10

6.Лакокраски	205,0	2.16	1.584	442.8	324.72	2,5	2,5
Всего				19034.56	17086.26	**100,**	**100,**

Как видно по расчетам из таблицы 6.4 –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%. Затраты на основные материалы с учётом транспортных расходов составят:

1вариант технологии $C_M = M * K_{тзр} = 19034 * 1{,}14 = 21{,}8$ тыс. руб

2вариант технологии $C_M = M * K_{тзр} = 17086 * 1{,}14 = 19{,}5$ тыс. руб

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.

6.2.2 Затраты на силовую электроэнергию

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Э = \frac{\sum N \cdot t_{шт} \cdot k_з \cdot k_{ор} \cdot k_{зд} \cdot k_{п.с} \cdot Ц_э}{k_{п.д}}, \; руб / шт$$

где *N*– установленная мощность электродвигателей, Квт;

Кз – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности; 0,65

Кор – коэффициент, учитывающий одновременность работы электродвигателей; 0,8

Кзд– средний коэффициент загрузки электродвигателей во времени; 0,85

Кпс– коэффициент отражающий потери электроэнергии в сети; 1,05

Цэ– цена 1кВт часа электроэнергии; 4,2руб.

КПД – средний коэффициент полезного действия двигателей; 0,88

1 вариант технологии $Э = \frac{8,5 \cdot 1,75 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,05 \cdot 4,2}{0,88} = 33$

2 вариант технологии $Э = \frac{8,5 \cdot 1,6 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,05 \cdot 4,2}{0,88} = 30,1$

Таблица 11 Расчет расходов на силовую электроэнергию.

№ п/п	Операции	Мощность двигателя, кВт	Трудоемкость. час/шт		Расход на электроэнергию руб./шт	
			1 вариант	2 вариант	1 вариант,	2 вариант,
1	Точить	8,5	1,75	1,6	33	30,1
2	Фрезеровать	7,5	0,7	0,6	11,6	9,9
3	Штамповать	7,5	0,3	0,3	4,9	4,9
4	Точить	5,5	0,6	0,5	7,3	6,1
5	Сверлить	10,0	1,5	1,3	33,2	28,8
6	Прессовочная	7,5	0,2	0,1	3,3	1,6
7	Шлифовать	5,5	0,2	0,1	2,4	1,2
Всего			5,25	4,5	95,7	82,6

Уменьшив во втором варианте время работы станков, за счет изменения конструкции двигателя на 0,75 час/шт или на 14,3% ,удалось сократить расходы на электроэнергию в предлагаемом варианте на 13,6руб./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 «ЗАРЭЛЕКТРОМОТОР» 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 «ЗАРЭЛЕКТРОМОТОР» 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 «ЗАРЭЛЕКТРОМОТОР» является действующим предприятием и использует свои существующие ресурсы для производства энергоэффективного АД КЗ ротором и частотно-регулируемый двигателей, поэтому нет необходимости в приобретении основных средств.

Результаты анализа сведем в таблицу 12

Таблица 12 Оценка факторов конкурентоспособности изделия

Факторы конкурентоспособности изделия	Российские предприятия		Зарубежные предприятия	
	ОАО «ЗАРЭЛЕКТРОМОТОР»	ЗАО «ВладЭлектроРемонт»,	ПАО «Электродвигатель»,	ОАО «ПолесьеЭлектроМаш»,
Изделие	Энергоэффективный АД КЗ ротором			
1.Качество	4	4	4	4
2.Технико-экономические показатели	4	4	3	4
3.Престиж торговой марки	4	5	4	4
4. Упаковка	5	4	4	3
5.Уровень послепродажного обслуживания	5	5	5	3
6.Гарантия	2 года (5)	2 года (5)	1 года (4)	1 года(4)
7.Уникальность	(4) Встроенный темп. датчик в лобовые части	(4) Высокий класс изоляции	(4) Температурная защита	(4)Применение вентилятора с пониженным шумом
8.Надежность	5	5	4	4
9.Защищенность патента	5	5	5	5
Цена				
1.Продажная	4	4	5	5
2.Процент скидки	(5) До 10%	(4) До 8%	(3) До 6%	(4) До 8%

Продолжение таблицы 12

3.Сроки платежа	(4) До 1 мес.	(4) До 1 мес.	(4) До 1 мес.	(4)До 1 мес.
Каналы сбыта				
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
2.Система транспортировки	(5) Авто-, ж/д.,авиа	(5) Авто-, ж/д.,авиа	(5) Авто-, ж/д.,авиа	(5) Авто-, ж/д.,авиа
Продвижение изделия на рынках				
1.Реклама:				
1.1.для потребителей	5	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	4	4	4
3.Телевизионный маркетинг	4	3	4	4

Продолжение таблицы 12

4. Продажа товаров через средства массовой информации	4	3	3	4
ИТОГО	98	93	86	87

Примечание: Оценка факторов конкурентоспособности товара производится по пяти бальной шкале.

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

Заключение

В данном дипломном проекте в соответствии с заданием спроектирован трёхфазный частотно-регулируемый асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором мощностью P=22 кВт, диапазоном регулирования от 10 до 50 Гц числом полюсов 2p=2, высотой оси вращения h=180мм., напряжением U_H =220/380 В. Используемый в насосных установках.

В электромагнитном расчёте были рассчитаны рабочие и пусковые характеристики и проиллюстрированы в приложениях 4 и 5, после построения кривых уточняем значение номинального скольжения $s_н = 0{,}0219$, а также рассчитываем точку характеристики, соответствующую $\boldsymbol{s_{кр}} = 0{,}164$. Кратность пускового тока для нашего двигателя равна 7,08 и максимального момента равна 1,37 удовлетворяющие требованиям предъявляемым к двигателю 2p=2 и h=180 мм: $I_{п*} = 7...7{,}5$, $M_{п*} = 1{,}2...1{,}4$ согласно ГОСТ 19523-81.

Электромагнитный расчёт показал необходимость применения двухслойной обмотки статора и ротора, чтобы двигатель отвечал требованиям технического задания на проект.

Темой специальной части было оценка возможности регулирования работы асинхронного двигателя в насосной установке при помощи изменения частоты. По параметрам рассчитанного двигателя подходит консольный насос К 100-65-200 предназначенный для перекачивания воды производственно-технического назначения pH от 6 до 9 (кроме морской) и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности в системах водоснабжения, отопления, циркуляции. Произведен расчет и построен график совместной работы насоса, работающего с переменной частотой вращения, и изменения потребляемой им мощности. Основной оценкой является механическая характеристика насоса как нагрузочной машины и двигателя с указаниями возможного диапазона регулирования частоты, перегрузочной способности и энергетических показателей двигателя в этом диапазоне регулирования частоты при заданном законе частотного

регулирования. Произведен краткий анализ преимуществ такого вида регулирования по сравнению с регулировкой заслонкой. Используя вид регулирования изменением частоты, мы получаем экономию электроэнергии до 60%. В связи с тем, что стабильность давления регулируется частотой, снижается расход подаваемой жидкости и уменьшается износ и увеличивается срок службы технологического оборудования.

В технической части проекта был рассмотрен процесс сборки ротора электрического двигателя. Сборка ротора остается важнейшим процессом, определяющих качество двигателя. Данная программа производства (6000 шт./год) предусматривает серийное производство, которое характеризуется ограниченной номенклатурой изделия и сравнительно большим объемом выпуска.

В ходе выполнения работы было рассмотрено служебное назначение и конструкция, выполнен анализ технологичности конструкции. Так же выполнен чертеж.

Для сборки была разработана маршрутная технология, в которой отражена последовательность обработки, выбрано необходимое оборудование и приспособления, а также время, отведенное на выполнение каждой операции.

При нормировании работ определено операционное время, время на организацию обслуживания рабочего места, время перерывов, подготовительно – заключительное время и штучное время. Кроме это был рассчитан коэффициент загрузки. По нашим подсчетам самый загруженый станок, это балансировочный. Он занимает 65% от всего времени. Расчет коэффициента загрузки показал производительность 9720 штук в год что превышает наш объём, следовательно, программа выпуска выполняется.

В экономической части разработана смета затрат на проектирование нашего дипломного проекта. Провели оценку конкурентоспособности производства двигателя в сравнении с зарубежными производителями. В следствии этого проектирование новой серии асинхронного двигателя

целесообразно и прибыльно. По данным маркетингового исследования рынка, колебания цен на данный вид изделия не значительно, и поэтому основные моменты, интересующие покупателя это качество и производительность.

В разделе социальная ответственность проекта, освещены вопросы техники безопасности при обработке вала ротора, рассмотрены меры пожаробезопасности, санитарно-гигиенические условия производственного помещения. Были проанализированы опасные и вредные факторы на участке, и произведён расчёт заземления станка.

В целом спроектированный двигатель удовлетворяет требованиям, определённым заданием.