

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 асинхронного двигателя для привода насосного агрегата <u>УДК_621.313.333.2:621.67</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Азизов Умид Баходирович		

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.	канд.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 Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Азизов Умид Баходирович

Тема работы:

Проектирование асинхронного двигателя для привода насосного агрегата.

Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.03.2016 №1804/С
---	--------------------

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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.).</p>	<p>Номинальная мощность $P_{2н}=90$ кВт; Число фаз статора $m=3$; Номинальное напряжение $U_n=380/660$ В; Число полюсов $2p=6$; Частота сети равна $= 50$Гц; Высота оси вращения $h=280$ мм; Степень защиты IP44; Способ монтажа IP1001; Система охлаждения IC0141.</p>
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>В данном дипломном проекте было целью спроектировать Анализ особенностей работы асинхронного двигателя с турбомеханизмом, расчет совместной работы насосного агрегата и асинхронного двигателя работающего от преобразователя частоты.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Сборочный чертеж асинхронного двигателя. Электромагнитный расчет Двухслойная петлевая обмотка статора, паз статора, паз ротора. Специальная часть. Двигатель в сборе.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Электромагнитный расчет, тепловой и механический расчеты. Специальная часть.</p>	<p>Бейерлеин Е.В.</p>
<p>Технологическая часть</p>	<p>Баранов П.Р.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.А.</p>
<p>Экономическая часть</p>	<p>Кузьмина Н.Г.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>К-7303</p>	<p>Азизов Умид Баходирович</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Азизову У.Б.

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	140601.65 Электромеханика

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

1. Сборочный чертеж асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, спецификация, 90 кВт;

2. Годовая программа выпуска изделия 1900 штук

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конструкции электрической машины на технологичность

2. Рассчитать размерные цепи методом полной взаимозаменяемости (проектный метод, два замыкающих звена)

3. Составить схему сборки электрической машины

3. Выбрать оборудование, приспособления для сборки и испытаниям электрической машины

4. Разработать маршрутную технологию сборки электрической машины

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 электрической машины

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
К-7303	Азизов У.Б.		

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Азизов Умид Баходирович

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	Азизова У.Б.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Азизов Умид Баходирович

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	Азизов У.Б.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 120 _____ с., _____ 18 _____ рис., _____ 15 _____ табл., _____ 23 источника, _____ 6 _____ прил.

Ключевые слова: _____ насосный, асинхронный двигатель, короткозамкнутый ротор, статор, обмотка.

Объектом исследования является (ются) насосный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором

Цель работы – произвести электромагнитный, тепловой, вентиляционный, механический и специальный расчёт, разработать технологию общей сборки электродвигателя на программу выпуска 1900 шт./год, оценить ресурсоэффективность и ресурсосбережение для проекта асинхронного двигателя, создать безопасность и экологичность проекта, разработать чертежи по данным разделам

В процессе исследования проводились расчёты с помощью программы Mathcad, выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, чертежи выполнены в графических редакторах Kompas 3D V12 , Visio, T-FLEX CAD V14.

В результате исследования были выбраны главные размеры, определены параметры двигателя, масса активных материалов, потери и КПД, а так же рассчитаны пусковые и рабочие характеристики асинхронного насосного двигателя. Построены графики при частотном регулировании.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: способ монтажа IM1001, степень защиты IP44, система охлаждения IC0141.

Степень внедрения: ВКР выполнено по заданию кафедры ЭКМ

Область применения: насосные установки

В будущем планируется использовать для настройки АД в насосных установках

Содержание

	с.
Введение	10
1. Электромагнитный расчет	14
1.1. Выбор основных размеров статора	14
1.2. Расчет обмотки статора	15
1.3. Расчет размеров зубцовой зоны статора	19
1.4. Расчет ротора	21
1.5. Расчёт магнитной цепи	25
1.6. Параметры рабочего режима	29
1.7. Расчет потерь	35
1.8. Расчет рабочих характеристик	38
1.9. Расчет пусковых характеристик	43
2. Тепловой и вентиляционный расчет	51
3. Механический расчет вала	55
3.1. Определить критической частоты вращения	57
3.2. Расчет вала на прочность.	58
4. Специальная часть	59
5. Технологическая часть	64
5.1 Введение.	64
5.2. Оценка технологичности конструкции	65
5.3. Размерный анализ конструкции электродвигателя методом полной взаимозаменяемости.	71
5.4. Составление схемы сборки и маршрутной технологии общей сборки.	74
5.5. Выбор сборочного оборудования и оснастки	75
5.5.1. Выбор оборудования.	77
5.5.2. Выбор инструмента.	77
5.5.3. Выбор подъемно-транспортных средств	78
5.6. Нормирование сборочных работ	78

	с.
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	85
6.1 Технические характеристики двигателя	85
6.2 Смета затрат на проектирование	86
6.2.1. Смета затрат на подготовку проекта	87
6.2.2. Отчисления на социальные нужды	88
6.2.3. Материальные затраты на канцелярские товары	89
6.2.4. Амортизация вычислительной техники	89
6.2.5. Прочие неучтенные затраты	89
6.2.6. Накладные расходы	90
6.2.7. Себестоимость проекта	90
6.3. Оценка технического уровня	90
7. Социальная ответственность	94
7.1. Анализ опасных и вредных факторов производственной среды.	94
7.1.1 Производственные факторы.	96
7.1.2 Расчет искусственного освещения	99
7.2 Техника безопасности	104
7.3 Требования безопасности в аварийных ситуациях	107
7.4 Охрана окружающей среды	110
Заключение	112
Список литературы	114
Графическая часть проекта	

Введение

Фабрика введена в эксплуатацию в 1961 году. Перерабатывает медномолибденовые руды месторождений Кальмакыр и Сары-Чеку. Производственная мощность 29,12 млн. тонн руды в год. В настоящее время в составе фабрики два дробильных цеха № 1 и № 2, цех измельчения и флотации с 12-тью технологическими секциями, цех селекции и сушки медного и молибденового концентратов. Технологическая схема дробления предусматривает трех стадийное дробление в замкнутом цикле до крупности дробленой руды – 16мм.

Сооружения хвостового хозяйства обогатительной фабрики ОАО Алмалыкский ГМК (Узбекистан) приняты в эксплуатацию в 1964 году с последующими расширениями и реконструкцией. Складируемые хвосты до 24 млн. тонн в год, расход пульп до 12500 м³/час, максимально дальность подачи хвоста до 15 км, высота ограждающего дамбы до 60 м.

Основные сооружения хвостового хозяйства:

- пульп насосная станция с насосами 28 Гр-8Т;
- хвост хранилище с ограждающей дамбой;
- напорные пульповоды диаметром 1200 мм;
- насосной оборотной воды с насосами Д4000-125;

В хвостовом хозяйстве и в цехе измельчения для транспортировке пульпы на расстояния применяются насосы ГраТ. Для насосов ГраТ и Д4000 изготавливаются электродвигатели типа АМН. В данной работе было спроектировано электродвигатель типа АМН с короткозамкнутым ротором. Асинхронный двигатель являются наиболее, часто востребован во всех хозяйствах электрическими двигателями. Эти двигатели выпускают мощностью от 0,1 кВт до нескольких тысяч киловатт. Основными достоинствами асинхронного двигателя являются невысокая стоимость и

простота конструкции. Особое внимание следует обратить на то, что во избежание значительных потерь энергии, и следовательно для короткозамкнутых асинхронных двигателей во избежание перегрева его ротора двигатель должен работать в длительном режиме с минимальными значениями скольжения. Частотный преобразователь позволит плавно изменять скорость и момент, а также избавиться от пусковых токов.

Частотные преобразователи применяются для регулирования скорости вращения асинхронный электродвигатель благодаря изменению частоты напряжения питания электродвигателя. Применение частотного преобразователя позволяет осуществлять регулирование скорости вала в широком диапазоне, как в процессе работы, так и при разгоне и торможении.

Преобразователь частоты также осуществляет защиту электродвигателя от перегрузок, что увеличивает срок его службы электрической и механической части оборудования. Экономически применение частотного преобразователя в различных механизмах позволяет достичь до 60% энергосбережения.

Применение частотных преобразователей для регулирования производительности насосного агрегата, которые традиционно выполнялось с помощью дросселирующих устройств на нагнетающих трубопроводах насосов. Регулирование дросселированным связано с энергопотерями на местных сопротивлениях, создаваемых регулирующим устройством. Эти потери отсутствуют при управлении производительностью насосного агрегата путем регулирования скорости его приводного двигателя.

Выпускная квалификационная работа посвящена:

проектированию трехфазного асинхронного кранового электродвигателя с короткозамкнутым ротором на базе железа кранового двигателя 4АМН 280М6 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.

2. Специальная часть

Гидравлическая машина, создающая напорное перемещение жидкости при сообщении ей энергии, называется насосом. Насос в совокупности с электроприводом и передаточным механизмом муфтой, шкивом образует насосный агрегат.

Основными параметрами, характеризующим работы насосной установки, является напор и подача.

Давления – разность удельных энергий жидкости в напорном и всасывающем патрубках насоса, необходимых для подъема жидкости на заданную высоту и для преодоления сил трения в трубопроводе.

Напор – объем жидкости, перекачиваемый насосной установкой за единицу времени.

Режимом работы насосного агрегата называют определенный порядок работы ее оборудования в соответствии с изменяющимся условиями работы системы в целом. В зависимости от назначения и рода перекачиваемой жидкости насосные установки подразделяются на водопроводные, канализационные, мелиоративные, теплофикационные нефтеперекачивающие и другие.

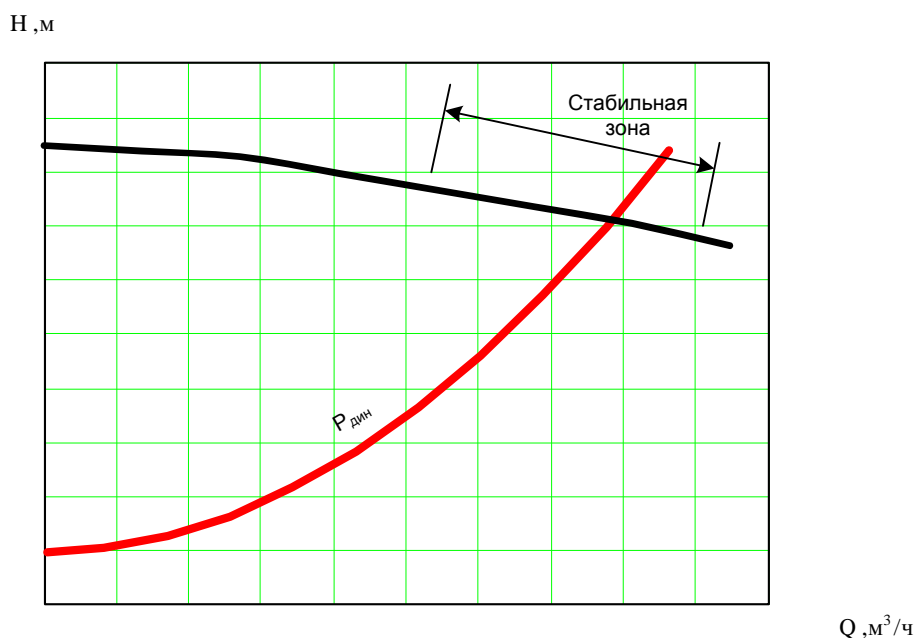


Рисунок 1. Диапазон работы насоса.

Широкое применения получили насосные установки, предназначенные для транспортировки нефтепродуктов. Находят применение насосных установок в строительном производстве: для водопонижения, откачки загрязненных вод

из котлованов, подачи различного рода жидких и полужидких компонентов, на пример растворов, бетонов и тому подобных. Применяются насосные установки и горнорудной промышленности для транспортировки различного рода пульп.

Характеристика показывает (рис.2.), что рабочие параметры насоса могут изменяться в относительно широких пределах. При этом увеличение подачи влечет за собой уменьшение напора, а уменьшение подачи связано с увеличением напора.

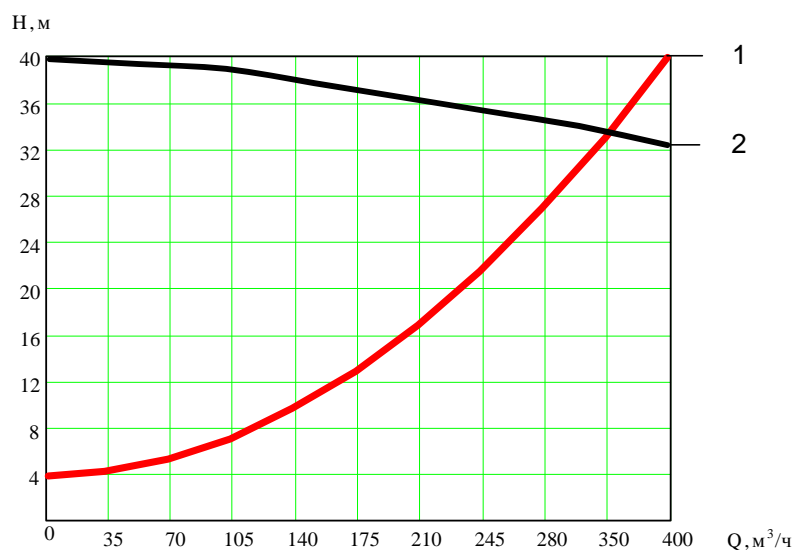


Рисунок 2. Рабочая характеристика

При изменении частоты вращения асинхронного двигателя, ведет к изменению всех рабочих параметров насоса (рис. 2.). При этом изменяется положение характеристик насоса. Все характеристики насоса при изменении частоты вращения могут быть найдены с помощью формул приведения:

$$Q = Q_i / (n_i / \dot{n}_i); \quad \dot{I} = \dot{I}_i / (n_i / \dot{n}_i)^2; \quad N = N_i / (n_i / \dot{n}_i)^3$$

Где Q – расход жидкости м³/ч, H –напор м, N –мощность насоса кВт, n – частота вращения насоса об/мин.

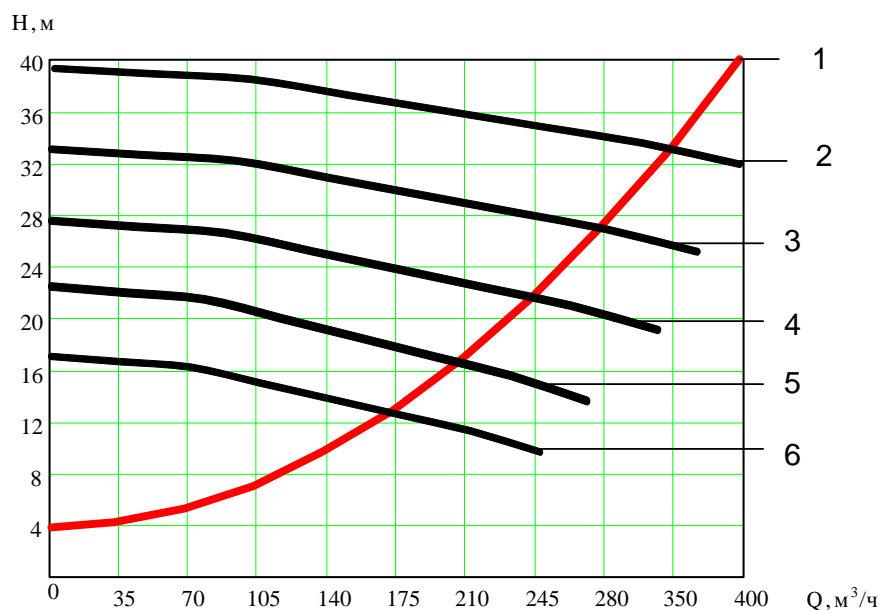


Рисунок 3. Характеристика насоса при регулировании производительности снижением частоты вращения АД, работающего совместно с трубопроводом.

На рис. 3. Характеристика 2 при номинальной частоте вращения, характеристики 3÷6 при уменьшении частоты вращения, 1 – характеристика трубопровода

Для получения механической характеристики насоса воспользуемся формулами подобия и характеристиками насоса согласно зависимости:

$$M = 9.55 \frac{N}{n_t}$$

На рис. 4 представлены характеристики мощности насоса при изменении расхода жидкости, полученные при частотном регулировании и соответствующее изменение расхода жидкости (характеристика 1 номинальная, а 2÷5 соответственно при уменьшении частоты вращения насоса от номинального).

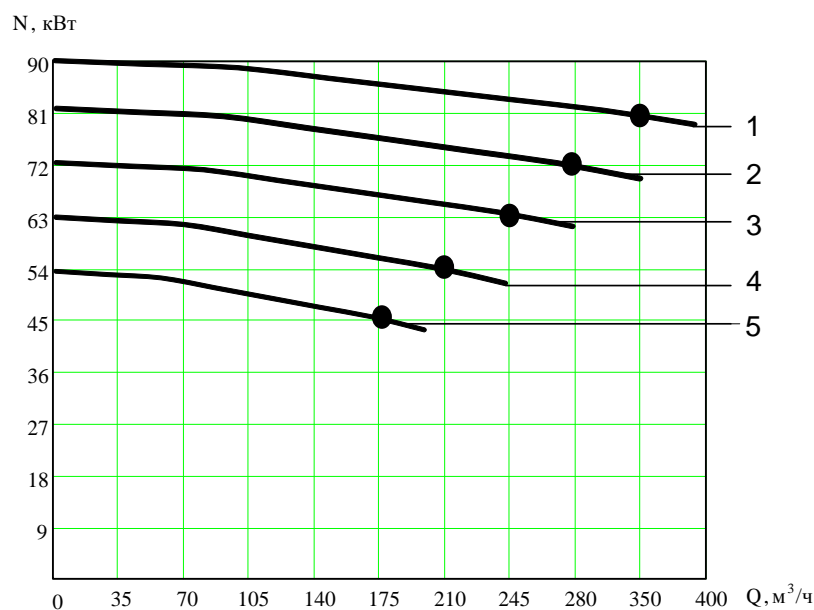


Рисунок 4. Характеристики мощности насоса при изменении расхода жидкости.

Скорость вращения электромагнитного поля статора трехфазных электродвигателей переменного тока пропорциональна частоте питающей сети, что позволяет регулировать их скорость плавным изменением частоты напряжения статора. Для насоса, которой механическая характеристика описывается уравнением квадратичной параболы, должно соблюдаться соотношение;

$$\frac{U}{f} = const$$

Для расчета используем насос для перекачки пульпы на обогатительных фабриках (ГРА 350/40/II-14-1.6-К), для двигателя мощностью $P=90$ кВт, $n=1000$ об/мин. Были произведены расчеты совместной работы АД и данного насоса при частотном регулировании.

Максимальный момент асинхронного двигателя, а следовательно, и жесткость его характеристик можно регулировать, изменяя по величине напряжение, подводимое к статору, причем момент двигателя изменяется пропорционально напряжению.

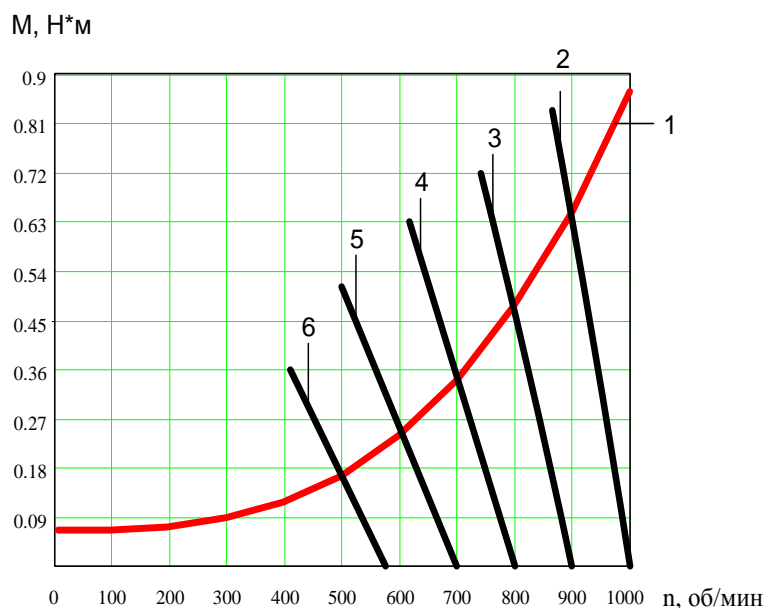


Рисунок 4. Совместная работа системы асинхронный двигатель и насоса при частотном регулировании: 2÷6 –механические характеристики насоса при $U/f=\text{const}$; 7 –механическая характеристика насоса.

Из рис. 4 видно, что при уменьшении частоты напряжения f меняется положение механической характеристики асинхронного двигателя при этом механическая характеристика насоса остается не изменой. Частотное управление двигателем переменного тока является экономичным, поскольку оно позволяет сохранить режимы работы, хорошую жесткость характеристик и, позволяет использовать в качестве приводного асинхронный короткозамкнутый двигатель.

Рассмотрена совместная работа системы насоса – асинхронный двигатель на примере насоса типа ГРА 350/40/П-14-1.6-К и асинхронный короткозамкнутым ротором. На основе напорных характеристик насоса были получены его механическая характеристика. Для анализа совместной работы системы рассчитаны механические характеристики асинхронного двигателя при изменении частоты вращения, для обеспечения требуемого диапазона измерения напора (H) и расхода жидкости (Q) насоса.

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 – 90кВт,

Номинальная частота вращения 1000 об/мин

Номинальное напряжение (линейное) 380 В

Частота питающей сети – 50 Гц,

Число пар полюсов – $2p=6$.

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.

№ п/п	Перечень выполняемых работ	Исполнители		Разряд	Продолж. (дней)
		Кол- во	Должность		
1	Получение тех. задания на разработку проекта	2	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
2	Сбор исходных данных	1	инженер	10	5
3	Ознакомление с технической документацией	1	инженер	10	5
4	Электромагнитный расчет двигателя	1	инженер	10	11
5	Электромагнитный расчет двигателя с другими данными (Спеч. часть)	1	инженер	10	7
6	Проверка выполненных расчётов	2	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
7	Выполнение чертежей, схем	2	инженер	10	6
			инженер	9	
8	Расчет технологической части проекта	2	инженер	10	6
			инженер	9	
9	Технико-экономическое обоснование выбора оборудования	1	инженер	10	6
10	Разработка раздела БЖД	1	инженер	10	5
11	Оформление пояснительной записки	1	инженер	10	6
12	Проверка пояснительной записки и чертежей	1	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
Занятости исполнителей			научный руководитель	15	6
			инженер	10	63
			инженер	9	12
Длительность работы, дней					63

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	6	6 630,0
Инженер 10р	14500		1,1	1,3	20735	987,4	63	62 205,0
Инженер, 9р	14500		1,1	1,3	20735	987,4	12	11 848,6
Итого					64675	3079,8	61	80 683,6

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

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

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 + D) \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{(14500 \cdot 1.1 + 1900) \cdot 1.3}{21} \cdot 6 = 6630 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 9 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500 \cdot 1.1 \cdot 1.3)}{21} \cdot 12 = 11848,6 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 10 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 63 = 62205 \text{ (руб.)}$$

Тогда

$$I_{з.пл\Sigma} = \sum I_{з.пл} = 6630 + 11848 + 62205 = 80683,6 \text{ (руб.)}$$

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.

$$I_{соц} = 0,3 \cdot I_{з.пл\Sigma} = 0,3 \cdot 80683,6 = 24205,1 \text{ (руб.)}$$

6.2.3 Материальные затраты на канцелярские товары.

Материальные затраты на канцелярские товары примем в размере 3000 руб. (в условиях цен на канцелярские товары в настоящее время).

$$I_{mat} = 3000 \text{ (руб.)}$$

6.2.4 Амортизация вычислительной техники.

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 17 тысячи рублей.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot \Phi_{кт} \cdot H_{ф} = \frac{63}{365} \cdot 17000 \cdot \frac{1}{10} = 293,4 \text{ (руб)}$$

где T_u - количество отработанных дней на ПК;

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

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

$H_{ф} = \frac{1}{T_{сл}}$ - 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.

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам}) = \\ = 0,1 \cdot (80683,6 + 24205,1 + 3000 + 293,4) = 10818,2 \text{ (руб)}$$

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.

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{з.пл} = 2 \cdot 80683,6 = 161367,1 \text{ (руб)}$$

6.2.7 Себестоимость проекта

$$\sum I_{проекта} = I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам} + I_{пр} + I_{накл} = \\ = 80683,6 + 24205,1 + 3000 + 293,4 + 10818,2 + 161367,1 = 280367,4 \text{ (руб)}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Смета затрат на подготовку проекта

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$I_{з.пл}\Sigma$	80683,6
2	Социальные отчисления	$I_{соц}$	24205,1
3	Материальные затраты	$I_{мат}$	3000
4	Амортизационные отчисления	$I_{ам}$	293,4
5	Прочие издержки	$I_{пр}$	10818,2
6	Накладные расходы	$I_{накл}$	161367,1
7	Себестоимость проекта	$\sum I_{проекта}$	280367,4

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 единичный 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 , 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 - 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_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.

$$K_{ТП} = 0,816/0,755 = 1,08$$

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
		d _i						
1.1	Коэффициент полезного действия, %	0,140	91	0,938	88	0,907	97	1
1.2	Коэффициент мощности Cosφ, %	0,158	91	0,958	87	0,916	95	1
1.3	Пусковой ток, А	0,211	0,158	0,789	0,143	0,714	0,2	1
1.4	Пусковой момент, Н*м	0,175	1,322	0,601	1,2	0,545	2,2	1
1.5	Номинальный ток, А	0,193	0,010	0,944	0,009	0,818	0,01	1
1.6	Степен защиты IP	0,123	44	0,647	44	0,647	68	1
	Итого			0,816		0,755		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	1	0,5	1	0,5	1,5	4	0,140
1.2	Коэффициент мощности Cosφ, %	1	1	0,5	1,5	0,5	1,5	4,5	0,158
1.3	Пусковой ток, А	1,5	1,5	1	1	1	1	6	0,211
1.4	Пусковой момент, Н*м	1	0,5	1	1	1,5	1,5	5	0,175
1.5	Номинальный ток, А	1,5	1,5	1	0,5	1	1	5,5	0,193
1.6	Степен защиты IP	0,5	0,5	1	0,5	1	1	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 1,08

Заключение

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы в соответствии с заданием спроектирован асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором мощностью $P_{2H}=90$ кВт, числом полюсов $2p=6$, напряжением $U_H=380/660$ В., высотой оси вращения $h=280$ мм.

Главные размеры двигателя, выбранные в электромагнитной расчете, составили: наружный диаметр магнитопровода статора $D_a=0.52$ м; внутренний диаметр магнитопровода статора $D=0.364$ м; длина воздушного зазора $l_\delta=0.227$ м; длина сердечника статора $l=0.227$ м.

Число пазов статора и ротора $Z_1=72$, $Z_2=88$. Обмотка статора выбрана двухслойная петлевая. Номинальные токи обмоток статора и ротора составили $I_{1НОМ}=95,34$ А., $I_{2НОМ}=87,7$ А.

Рассчитанные пусковые и рабочие данные двигателя при номинальной нагрузке составили: КПД $\eta_{НОМ}=0.91$; коэффициент мощности $\cos\varphi_{НОМ}=0.91$, пусковой ток $I_{п}=6,3352$ о.е.; пусковой момент $M_{п}=1.322$ о.е. Полученные значения удовлетворяют требованиям, предъявляемые к двигателю.

В результате проведенного теплового расчета найдено, что превышения температуры статора и ротора над температурой окружающей среды составляют $\theta_{m1}=93,2464$ °С для статора. Данный расчет показал, что полученные температуры входят в допустимые пределы для выбранного класса изоляции F.

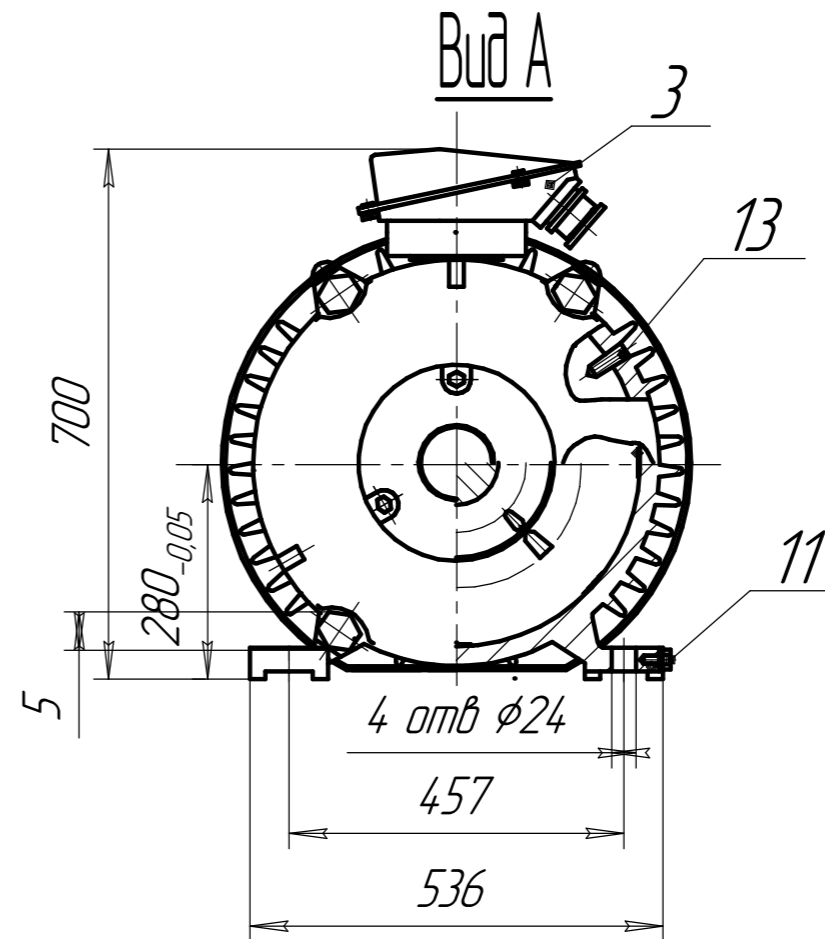
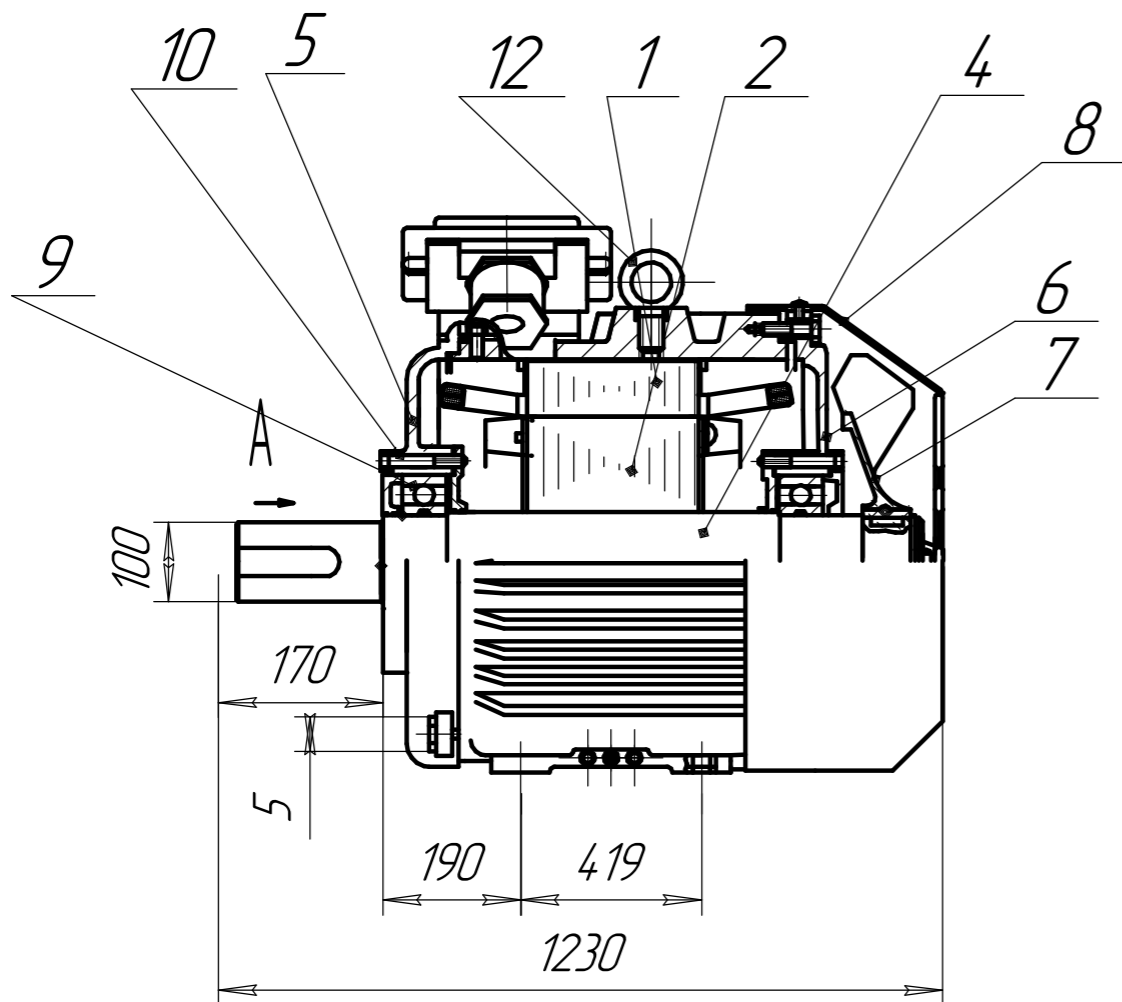
Механический расчет вала показал, что жесткость и критическая частота вращения вала удовлетворяют требуемым условиям.

В специальной части проекта определено, что частотный преобразователь позволит плавно изменять скорость и момент в широком диапазоне, а также избавится от пусковых токов. Преобразователь частоты также осуществляет защиту электродвигателя от перегрузок, что увеличивает срок службы электрической и механической части оборудования

Разработан технологический процесс сборки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, проанализированы исходные данные, оценена технологичность конструкции. Разработана схема сборки 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, ресурс эффективность и ресурсосбережения рассматриваем вопросы технико-экономического обоснования проекта асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Путем сравнение двух вариантов базового и предлагаемого двигателя. Результаты технико-экономического обоснования позволили оценить целесообразность проекта насосного двигателя, рассчитать затраты на его изготовления, заработной платы. В настоящей выпускной квалификационной работе произведен расчет затрата на изготовление проекта насосного двигателей.

В разделе «Социальная ответственность» произведен 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.



Технические требования.

- 1.Площадку под болты заземления предохранить от покраски.
- 2.Перед сборкой подшипники нагреть в масле до 80°C.
- 3.При сборке двигателя жировые канавки крышек подшипников покрыть смазкой УННОЛ-1 ТУ33 УССР 201.15-78 в количестве 0,027 кг на двигатель.
- 4.Подшипник заменить через 20000 часов.
- 5.Допуски на габаритные и установочно-присоединительные размеры по ГОСТ 8592-74.

				ФЮРА. 525000.023.СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Азизов Ч.Б.					Т	310	1:10
Проб.	Бейерлейн Е.В.					Лист 1	Листов 1	
Т.контр.	Баранов П.Р.				ТПУ ИнЭО Группа К-7303			
Н.контр.								
Утв.	Бейерлейн Е.В.				Копировал Формат А3			

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.

Справ. №

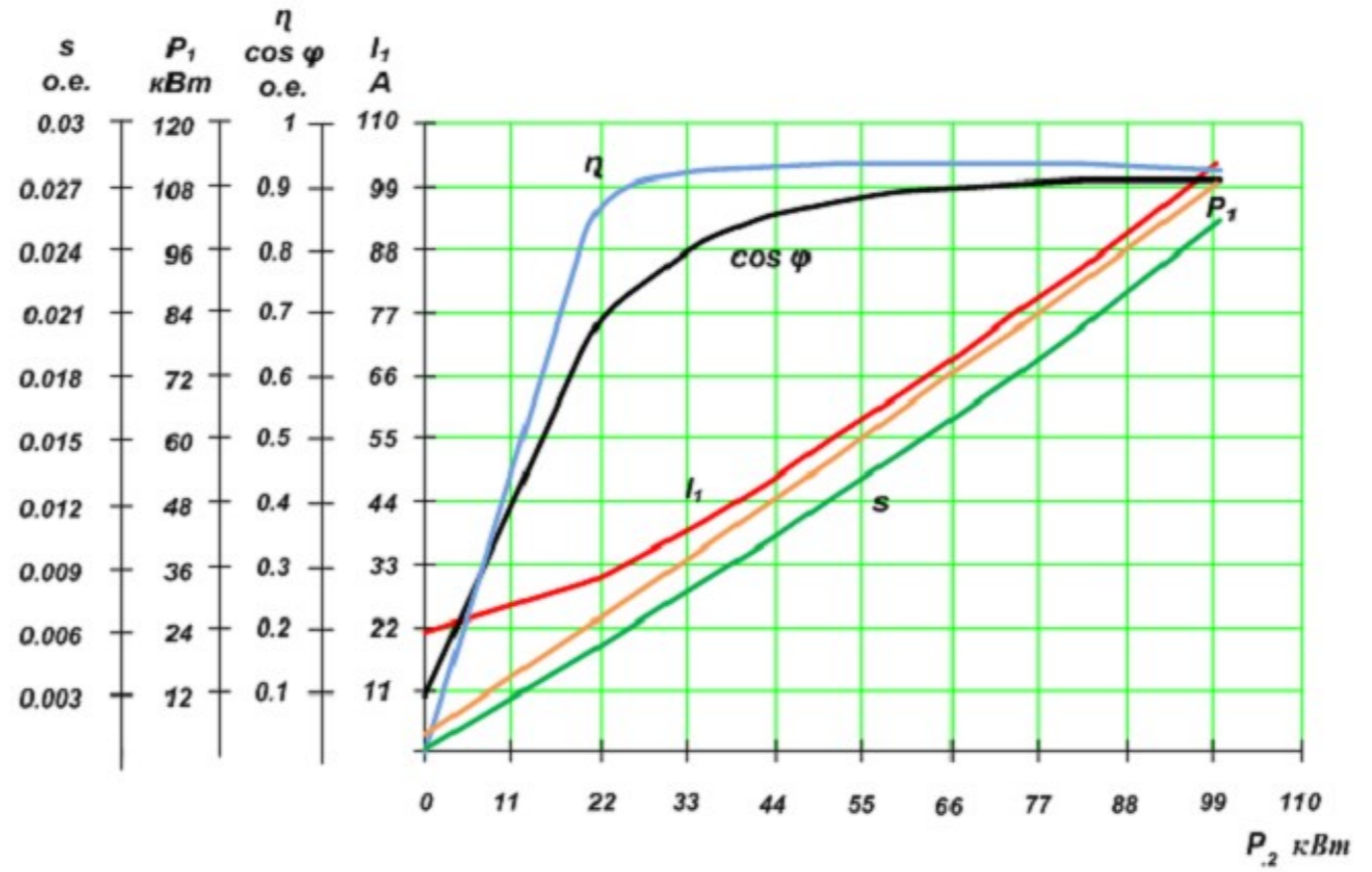
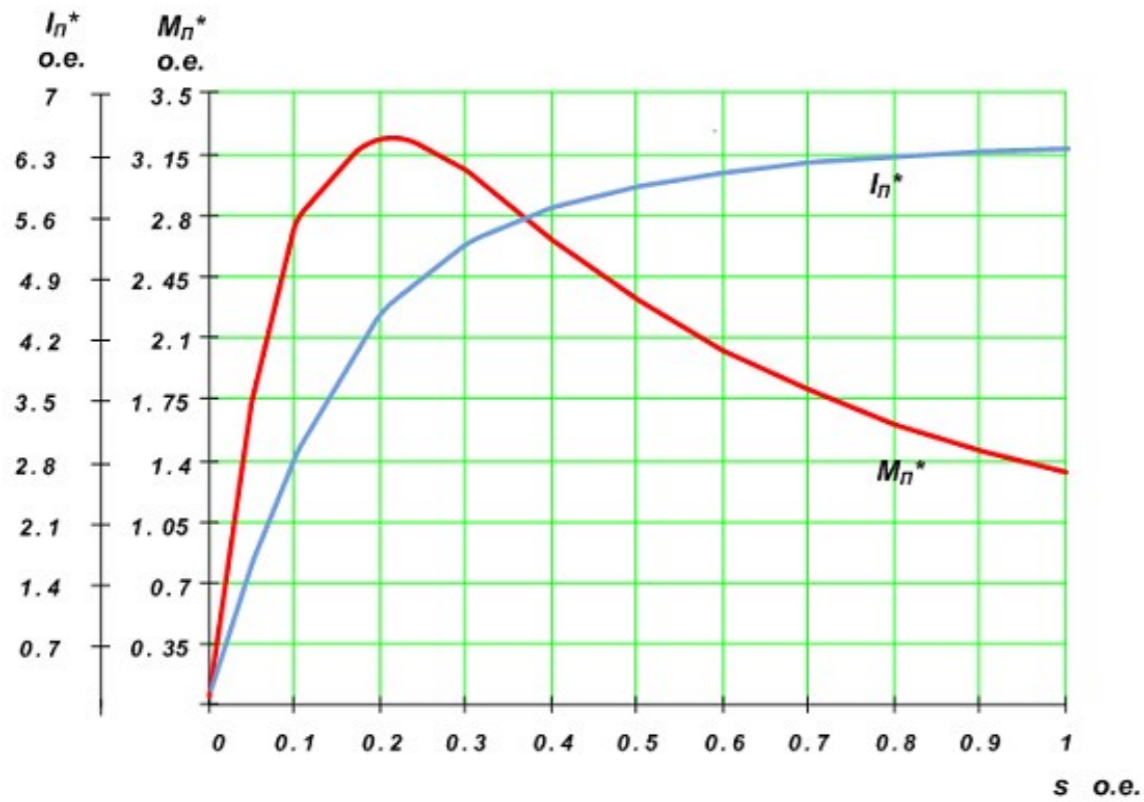
Подп. и дата

Инв. № дудл.

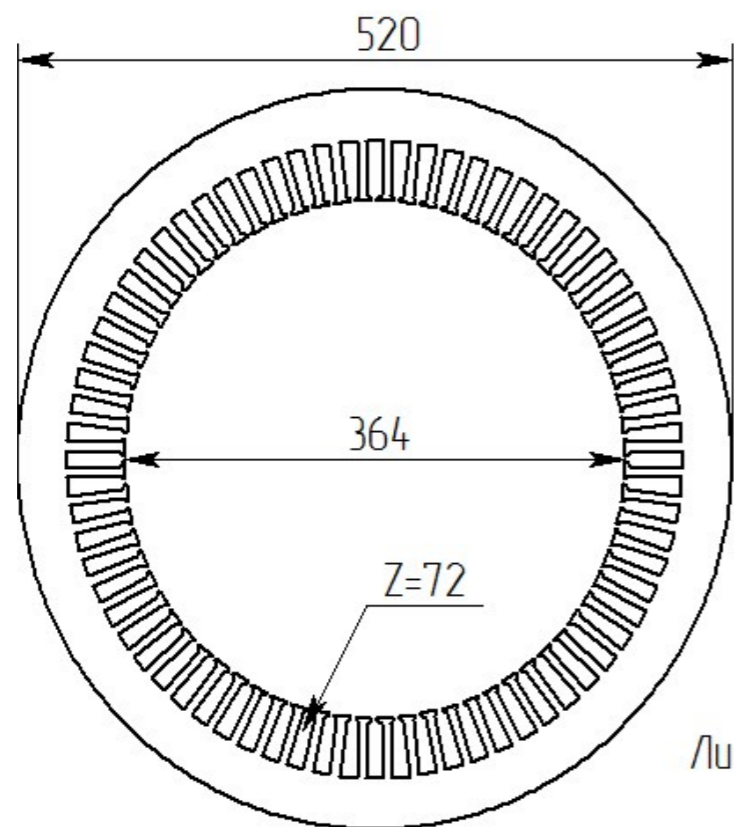
Взам. инв. №

Подп. и дата

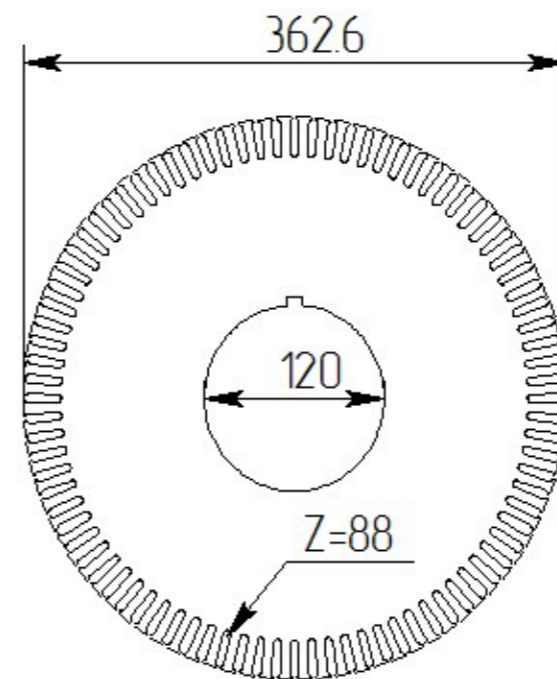
Инв. № подл.



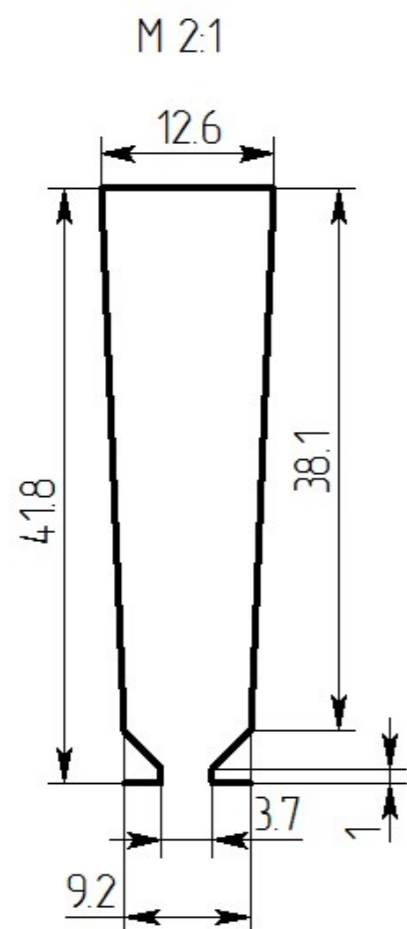
					ФЮРА 525000.023			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Электромагнитный расчет	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Азизов У.Б.							1:1
Проб.	Бейерлейн Е.В.					Лист 1	Листов 2	
Т.контр.								
Н. контр.								
Утв.	Бейерлейн Е.В.				ТПУ ИнЭО Группа К-7303			



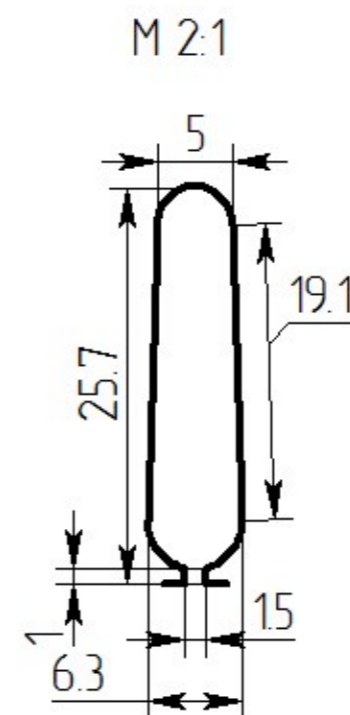
Лист статора



Лист ротора



Эскиз паза статора



Эскиз паза ротора

					ФЮРА 525000.023			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист статора и ротора. Эскиз паза статора и ротора	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Азизов У.Б.							1:5
Пров.	Бейерлейн Е.В.					Лист 1	Листов 2	
Т.контр.								
Н. контр.					ТПУ ИнЭО Группа К-7303			
Утв.	Бейерлейн Е.В.							

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ФЮРА 525000.023

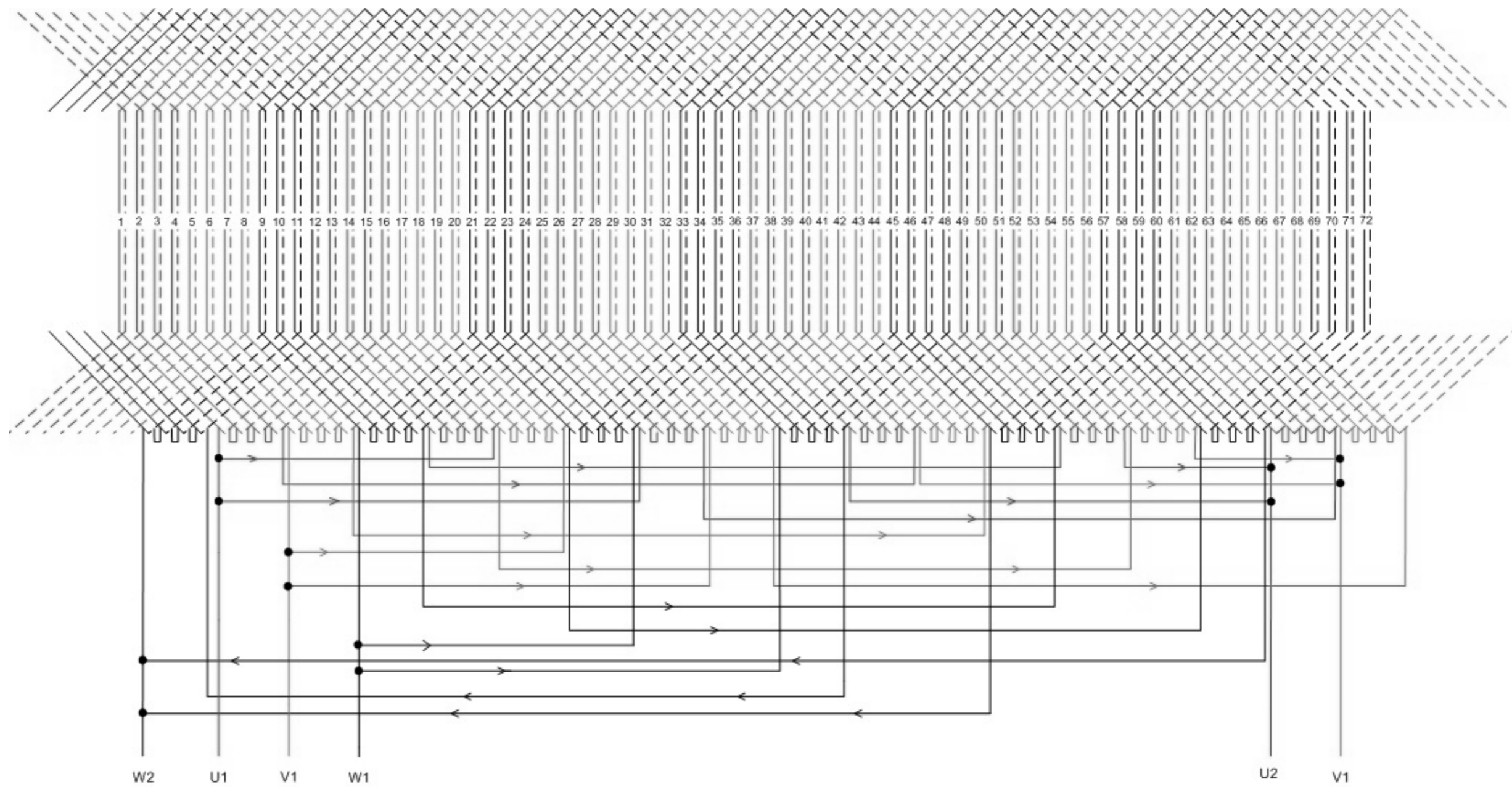


Схема трёхфазной двухслойной обмотки статора $Z=72$ $2p=6$ $q=4$ $a=3$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

				ФЮРА 525000.023				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Двухслойная обмотка статора	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Азизов Ч.Б.						1:1
Проб.		Бейерлейн Е.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИнЭО группа К-7303		
Н.контр.								
Утв.		Бейерлейн Е.В.						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

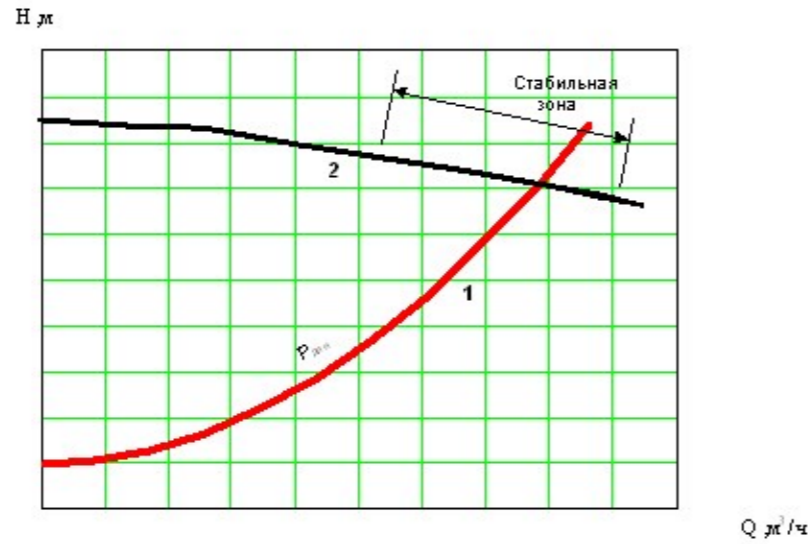
Подп. и дата

Инв. № дудл.

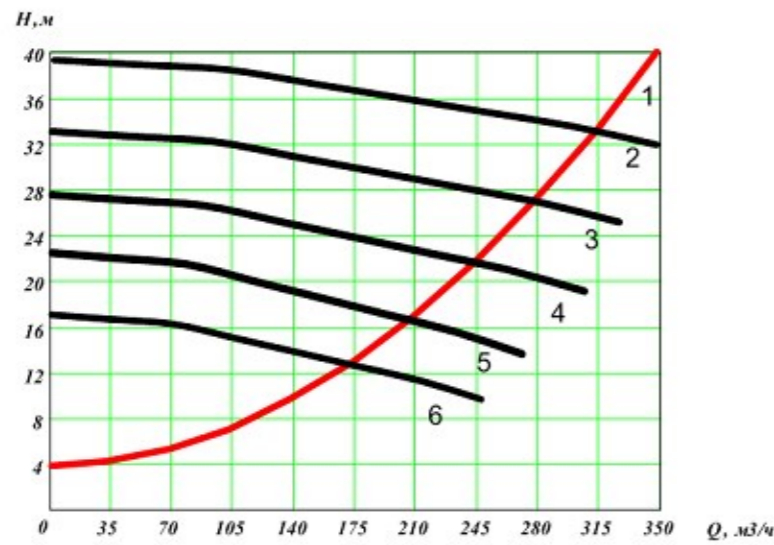
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

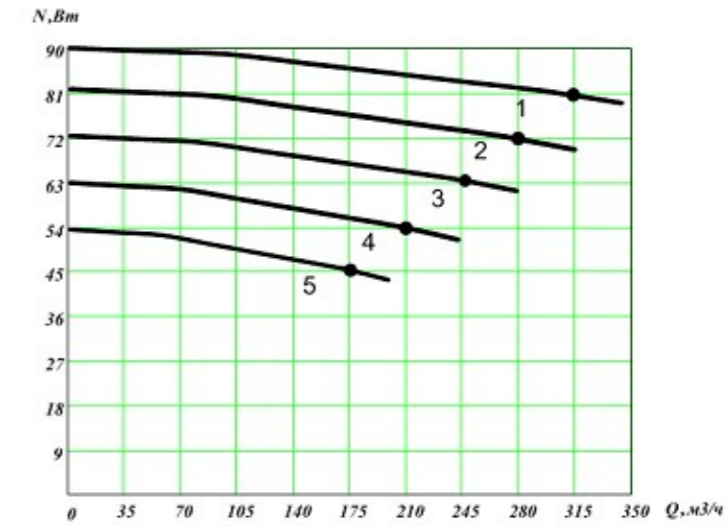


Рабочая характеристика
1-Характеристика турбопровода 2-Характеристика насоса при номинальной частоте вращения

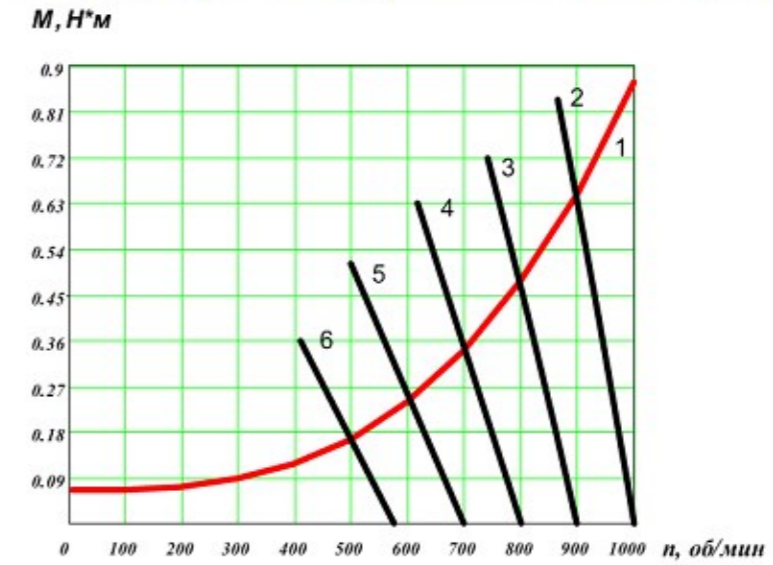


Характеристика насоса при регулировании производительности снижением частоты вращения АД работающего совместно с турбопроводом.

1-Характеристика турбопровода 2-Характеристика насоса при номинальной частоте вращения. 3-6-Характеристики при уменьшении частоты вращения



Характеристики мощности насоса при изменении расхода жидкости
1-Характеристика насоса при номинальной частоте вращения
2-5-Характеристики при уменьшении частоты вращения



Совместная работа системы АД и насоса при частотно регулировании
1-Механическая характеристика насоса 2-6-Механические характеристики насоса при $U/f=\text{const}$

					ФЮРА 525000.023			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Специальная часть	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Азизов У.Б.							1:1
Пров.	Бейерлейн Е.В.					Лист 1	Листов 2	
Т.контр.								
Н.контр.						ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
Утв.	Бейерлейн Е.В.							

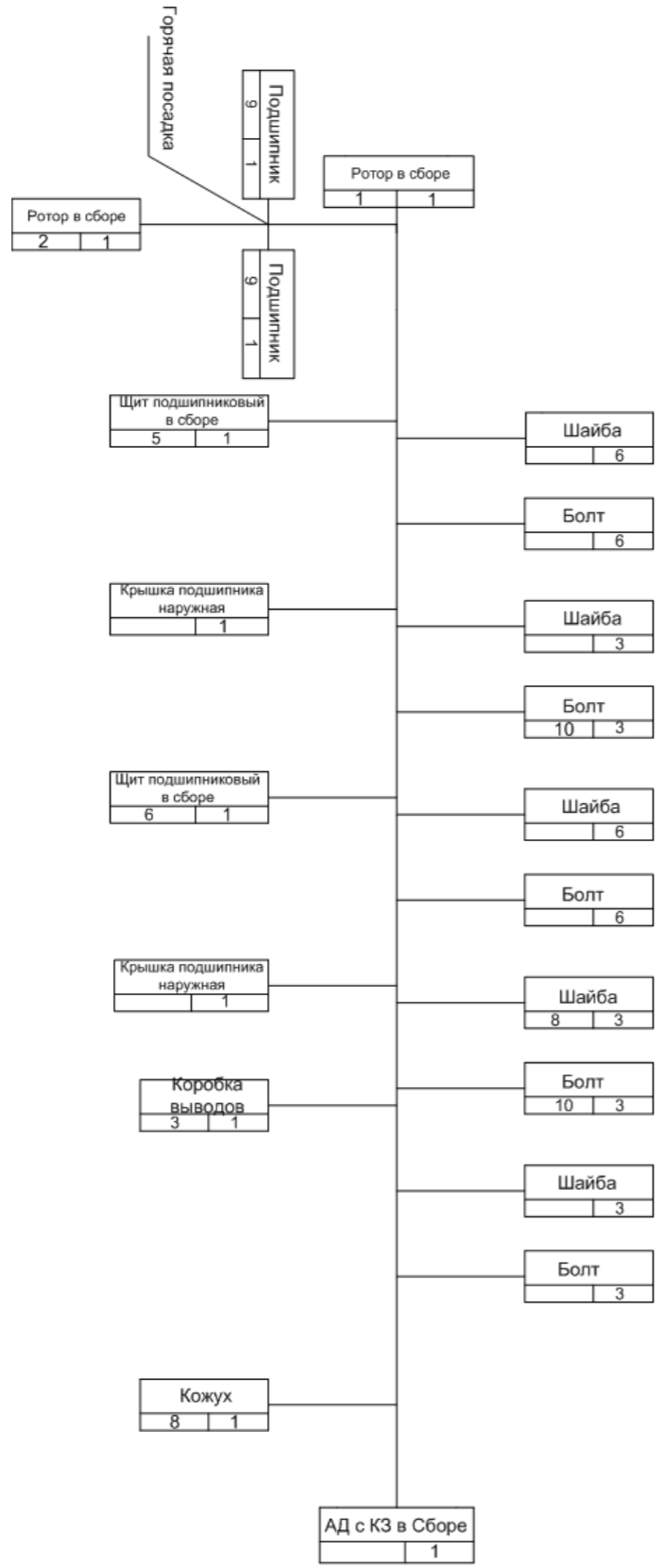


Рис.1. Схема сборки

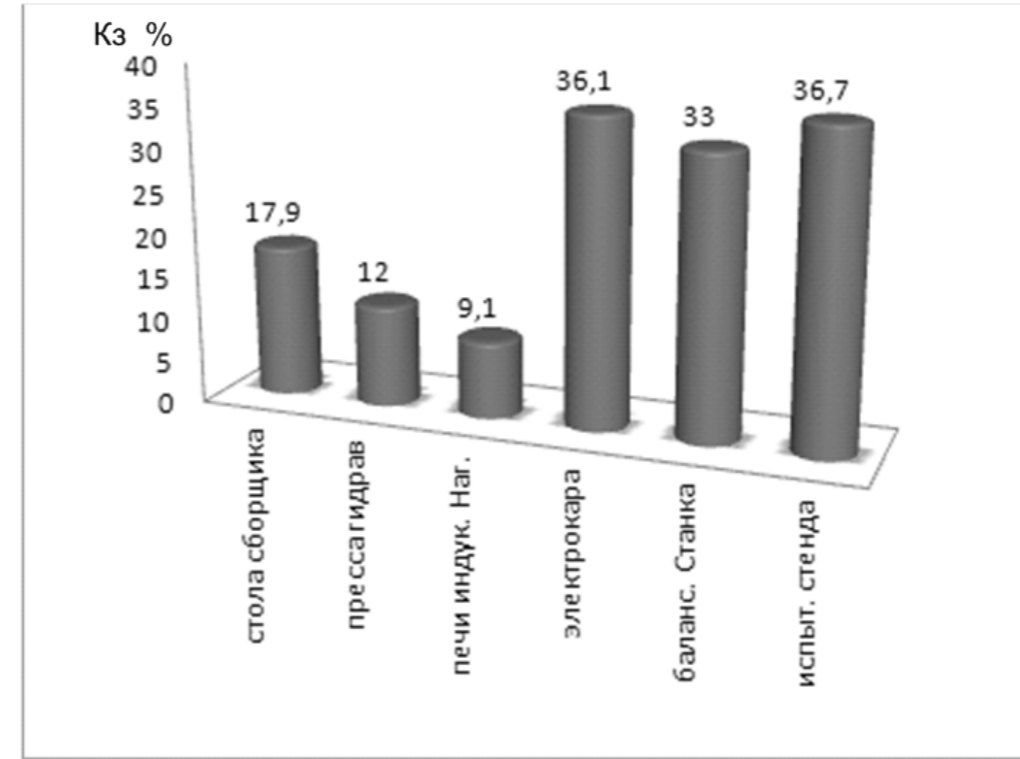


Рис.2. График загрузки оборудования

				ФЮРА 525000.023		
				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		1:1
Разраб.		Азизов Ч.Б.				
Пров.		Бейерлей Е.В.				
Т.контр.					Лист	Листов 1
Н.контр.					ТПУ ИнЭО Группа К-7303	
Утв.		Бейерлей Е.В.				