

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит \_\_\_\_\_ страниц, \_\_\_\_\_ рисунков, таблиц \_\_\_\_\_.  
Графическая часть содержит \_\_\_\_\_. Количество использованных источников 16.

Ключевые слова: энергоэффективность, асинхронный двигатель, ротор с фигурными пазами, статор, станина, обмотка, сопротивление, кратность пускового тока, кратность пускового момента.

В данной работе будет произведён расчёт энергоэффективного асинхронного двигателя. Исходными данными для расчета энергоэффективного асинхронного двигателя являются: номинальная мощность  $P_{2H} = 18,5$  кВт; число фаз  $m = 3$ ; номинальное напряжение  $U_H = 220$  В; число полюсов  $2p = 4$ ; частота сети = 50 Гц; КПД  $\eta = 89,5\%$ ; степень защиты IP54; способ монтажа IM1002; система охлаждения IC0141.

Следует учитывать, чтобы при изготовлении машины расход материалов и трудоёмкость были наименьшими, а при эксплуатации машина обладала бы наилучшими энергетическими показателями. Проектирование двигателя производится с учётом требований ГОСТ. Проведены расчёты с помощью численного моделирования на ЭВМ, что снижает погрешность расчётов.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007, чертежи выполнены в графических редакторах AutoCAD и Kompas-3D V16.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Мировое научно-техническое сообщество уделяет вопросам энергосбережения и, следовательно, повышению энергоэффективности оборудования исключительное значение. Такое внимание обусловлено двумя критическими факторами:

1. Повышение энергоэффективности позволяет замедлить процесс невосполнимого уменьшения медленно возобновляемых энергетических ресурсов, запасов которых осталось всего на несколько поколений;
2. Повышение энергоэффективности напрямую ведет к улучшению экологической обстановки.

В связи с возросшими требованиями к эффективности за счет решения вопросов энергосбережения и повышения надежности функционирования электротехнических систем, приобретают особую актуальность задачи модернизации асинхронных двигателей (АД) для улучшения их энергетических характеристик (КПД и коэффициента мощности). А также для получения новых потребительских качеств (совершенствование защиты от окружающей среды, в том числе герметизация), обеспечения надежности при проектировании, изготовления и эксплуатации АД.

Асинхронные двигатели - основные потребители энергии в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, ЖКХ. На их долю приходится около 60% всех энергозатрат в названных отраслях. Такая структура энергопотребления существует во всех промышленно-развитых странах, в связи с чем, они активно переходят на эксплуатацию электродвигателей повышенной энергоэффективности, использование таких двигателей становится обязательным.

Концерн "РУСЭЛПРОМ" создал первый в России энергоэффективный двигатель общепромышленного назначения в двух классах энергоэффективности, применяемых в Европе и Америке: IE1 и IE2 по ЕС 60034-30 с возможностью

модификации в класс энергоэффективности "Premium" ( IE3), внедряемый сегодня в США [15].

Серия 7AVE создана с применением российского стандарта ГОСТ Р 51689-2000, вариант I, и европейского стандарта CENELEC, IEC 60072-1, что позволит устанавливать новые энергосберегающие двигатели как на отечественное оборудование, так и на импортное, где в настоящее время используются двигатели иностранного производства. Серия 7AVE предусматривает повышение КПД от 1,1% (старшие габариты) до 5% (младшие габариты) и охватывает самый востребованный диапазон мощностей от 1,5 до 500 кВт. Создание серии энергоэффективных двигателей гармонируется и с таким важнейшим направлением в деле энергосбережения. Здесь действует простое правило: чем больше класс энергоэффективности общепромышленного двигателя, тем шире его зона применения в частотно-регулируемом приводе.

В данной работе спроектирован трехфазный энергоэффективный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

## 2. Специальная часть

Проблема энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Только в России энергоемкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей. Эта проблема еще более обостряется в связи с постоянным увеличением в нашей стране стоимости энергоносителей: природного газа, нефтепродуктов, электроэнергии. В себестоимости продукции в России доля энергозатрат часто становится доминирующей, конкурентоспособность отечественной продукции все больше зависит от экономного расходования энергетических ресурсов [12].

Так потенциал энергосбережения России по данным Минпромэнерго РФ и Гринпис оценивается в 360-430 млн. тонн условного топлива в год. Это составляет около 30% внутреннего потребления энергии в стране. Внедрением энергоэффективных двигателей в России (без учета эффекта от регулируемого привода) можно сэкономить около 120000 МВт/ч в год или более 240 млн. руб. на каждые 100 тыс. двигателей. Дополнительная экономия за счет снижения установленной мощности около 10 млрд. рублей. Без преувеличения - разработка асинхронных электродвигателей, призванных снизить энергоемкость экономики РФ и реализовать потенциал энергосбережения - проблема государственного масштаба.

Вышесказанное отнюдь не пафосный лозунг: В начале июня 2008 президент Дмитрий Медведев подписал указ, в котором снижение энергоемкости не менее чем на 40% к 2020 году стало требованием [13].

Актуальность данной проблемы, так же, была подтверждена и в ноябре 2009 года, когда Президент РФ Д.А. Медведев подписал закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный закон формирует принципиально новое отношение к процессу энергосбережения. В нем четко обозначены полномочия и требования в этой области для всех уровней власти, а также заложена основа для достижения реального результата. Законом

вводится обязанность по учету энергетических ресурсов для всех предприятий. Организации, совокупные годовые затраты которых на потребление энергоресурсов превышают 10 миллионов рублей, предлагается обязать до 31 декабря 2012 года и далее не реже 1 раза в 5 лет проходить энергетические обследования, по результатам которых составляется энергетический паспорт предприятия, фиксирующий продвижение по шкале энергоэффективности.

С принятием закона об энергоэффективности, одними из ключевых статей документа стали поправки в Налоговый кодекс (Статья 67 часть 1), которые освобождают от налога на прибыль предприятия, использующие объекты, имеющие наивысший класс энергоэффективности. Правительство РФ готово оказывать субсидии и снижение налогового бремени тем предприятиям, которые готовы поднять своё оборудование до уровня энергосберегающей техники.

По данным РАО «ЕЭС России» за 2006-й год около 46% вырабатываемой электроэнергии в России потребляется промышленными предприятиями (рис.8), половина этой энергии посредством электродвигателей преобразуется в механическую.



Рисунок 8 – Структура потребления электроэнергии в России

В процессе преобразования энергии, часть ее теряется в виде тепла. Величина потерянной энергии определяется энергетическими показателями двигателя. Применение энергоэффективных электродвигателей позволяет

существенно снизить потребление энергии и уменьшить содержание углекислого газа в окружающей среде [14].

Разработки по созданию энергоэффективных АД, проектируемых в соответствии с новейшими требованиями по снижению энергопотребления, ведутся большей частью зарубежными фирмами, но и в России этим вопросом стали активно заниматься последнее десятилетие. Разработка новой серии АД требует огромных вложений в производство, именно с этим связаны основные сложности с созданием энергоэффективных АД в России [15].

Энергоэффективность АД характеризуется уровнем коэффициента полезного действия (КПД) и коэффициентом мощности  $\cos \varphi$

В Европейском сообществе (ЕС) и Российской Федерации были приняты нормы на КПД асинхронных двигателей.

Евро нормы SEMEP для двух и четырех полюсных двигателей мощностью от 1,1 до 90 кВт предусматривают три уровня КПД:

- Нормальный-EFF3;
- Повышенный - EFF2;
- Высокий - EFF1.

Нормы EFF2 и EFF1 приведены в табл. 3. К уровню EFF3 относят значения КПД ниже уровня EFF2

Таблица 3 - Нормы EFF1 и EFF

Р,кВт		1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
кпд, %	EFF2	78,5	81	82,6	84,2	85,7	87	88,4	89,4	90	90,5
	EFF1	84,1	85,6	86,7	87,6	88,6	89,5	90,5	91,3	91,8	92,2

Есть мнение, что органы государственной власти должны вести протекционистскую политику, направленную на поощрение предприятий, производящих АД высокой энергоэффективности. Для этого необходимо установить обязательное соблюдение стандарта по энергоэффективности не только для предприятий, но и для потребителей асинхронных машин. Россия должна стать страной, присоединившейся к движению MEPS (MinimumEnergy Performance Standards). MEPS - это минимальные нормы на потребление электроресурсов.

Создание серии энергоэффективных двигателей гармонируется и с таким важнейшим направлением в деле энергосбережения, как разработка двигателей для частотно-регулируемого привода, поскольку энергоэффективный двигатель

обладает лучшими регулировочными свойствами, в частности, большим запасом по максимальному моменту. Здесь действует простое правило, чем больше класс энергоэффективности общепромышленного двигателя, тем шире его зона применения в частотно-регулируемом приводе.

Общие мероприятия по созданию энергоэффективных двигателей очевидны и связаны со снижением потерь: в обмотках статора; в короткозамкнутой клетке ротора; в сердечнике статора; вентиляционном узле и подшипниках. Это обеспечивается проведением большого объема исследований при разработке и изготовлении опытных образцов, применением новых изоляционных и конструктивных материалов. Ключевым фактором в деле создания энергоэффективного АД является так же внедрение современных технологических процессов и оборудования, позволяющего снизить трудоемкость изготовления и обеспечить стабильность качества изготовления электродвигателей.

В данной выпускной квалификационной работе была цель взять АД и на его базе, сохраняя размеры и параметры машины, изменяя технологический процесс сборки по минимуму, повысить значение энергоэффективности. В качестве базового двигателя спроектирован АД, который имеет параметры: мощность 18,5 кВт, частота вращения 1500 об/мин и КПД 91% и удовлетворяет нормам EFF3.

Трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором переменного тока общего назначения находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в электроприводах различных устройств, энергетики и коммунального хозяйства. Применяются в таких установках, как насосы, вентиляторы, компрессоры, конвейеры и др. Частота 50 и 60 Гц, напряжение 220-660 В.

По исполнению беличьей клетки короткозамкнутого ротора - состоит из алюминиевых стержней, замкнутых накоротко с торцов короткозамыкающими кольцами (рис. 9, а). В двигателях малой и средней мощности беличью клетку обычно получают путем заливки расплавленного алюминиевого сплава в пазы сердечника ротора (рис. 9, б). Вместе со стержнями беличьей клетки отливают короткозамыкающие кольца и торцовые лопасти, осуществляющие вентиляцию машины. Для этой цели особенно пригоден алюминий, так как он обладает малой плотностью, легкоплавкостью и достаточно высокой электропроводимостью. У взятого за основу асинхронного двигателя на роторе фигурные пазы с двойной беличьей клеткой (рис. 9, г-з).

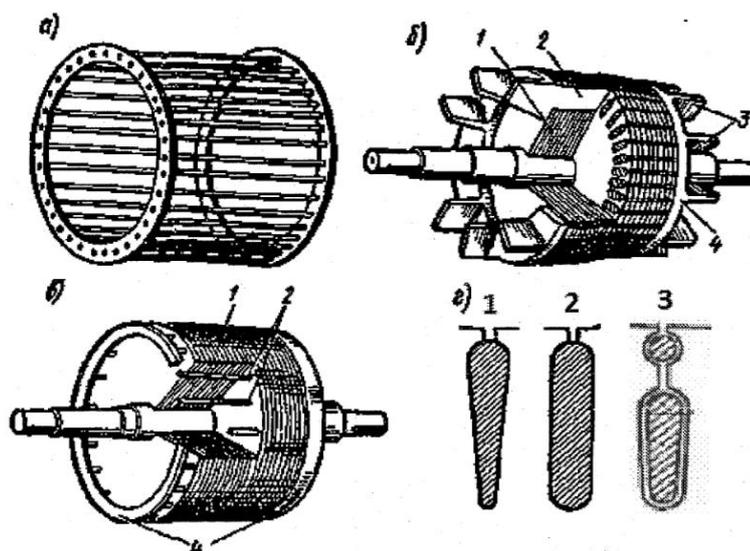


Рисунок 9 - Конструкция короткозамкнутого ротора:

1— сердечник ротора; 2 —стержни; 3 —лопасти вентилятора;  
4 — короткозамыкающие кольца

В электрическом отношении беличья клетка представляет собой многофазную обмотку, соединенную по схеме Y и замкнутую накоротко. Число фаз обмотки  $m_2$  равно числу пазов ротора  $z_2$ , причем в каждую «фазу» входят один стержень и прилегающие к нему участки короткозамыкающих колец.

Двойная фигурная беличья клетка способствует улучшению пусковых свойств асинхронного двигателя, улучшая его энергоэффективность. Это достигается использованием эффекта вытеснения тока в роторе за счет специальной конструкции беличьей клетки. Эффект вытеснения тока состоит в следующем: потокосцепление и индуктивное сопротивление  $X_2$  проводников в пазу ротора тем выше, чем ближе ко дну паза они расположены рис.10. Также  $X_2$  прямо пропорционально частоте тока ротора. Следовательно, при пуске двигателя, когда  $s=1$  и  $f_2 = f_j = 50$  Гц, индуктивное сопротивление  $X_2 = \max$  и под влиянием этого ток вытесняется в наружный слой паза. Плотность тока  $j$  по координате  $h$  распределяется по кривой, показанной на рис. 11. В результате ток в основном проходит по наружному сечению проводника, т.е. по значительно меньшему сечению стержня, и, следовательно, активное сопротивление обмотки ротора  $R_2$  намного больше, чем при нормальной работе. За счет этого уменьшается пусковой ток и увеличивается пусковой момент  $M_{II}$ . По мере разгона двигателя скольжение и частота тока ротора падает и к концу пуска достигает 1-4 Гц. При такой частоте индуктивное сопротивление мало и ток распределяется равномерно по всему

сечению проводника. При сильно выраженном эффекте вытеснения тока становится возможным прямой пуск при меньших бросках тока и больших пусковых моментах [16].

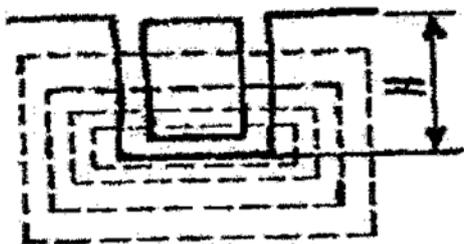


Рисунок 10 – Эффект вытеснения тока

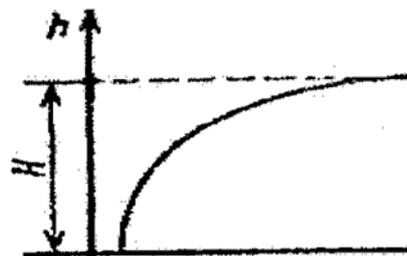


Рисунок 11 - Распределение плотности тока

На основании базового АД была создана модель двигателя в математической программной среде «Mathcad». Базовая модель получилась с параметрами: мощностью 18,5 кВт, частота вращения 1500 об/мин,  $\cos \varphi = 0,913$  и КПД 91% . Путем математического моделирования было установлено, что соотношение числа пазов подобрано наиболее оптимально: на статоре/роторе - 48/40, изменение геометрии пазов на роторе или изменение воздушного зазора ведет к снижению энергоэффективности. Однако если изменить обмотку на статоре - энергоэффективность поднимается. Был выбран другой обмоточный провод марки ПЭТ - 155, который имеет большее сечение. Число параллельных ветвей обмотки  $a=2$ , число элементарных проводников  $p_{эл}=3$  (осталось неизменно, как было в базовой модели). Так же было изменено количество витков в фазе с 88 до 94. После этого плотность тока в статоре снизилась до  $0,6 \text{ А/мм}^2$  . Как следствие - были изменены пазы статора, они стали больше по высоте. Был изменен коэффициент, учитывающий влияние обработки поверхности головок зубцов ротора на удельные потери, он стал меньше. Снизились потери, как в статоре, так и в роторе, в рабочих режимах и при холостом ходе. Ток холостого хода снизился на 0,2 А, намагничивающий ток снизился на 1,98 А. Скольжение - увеличилось. Коэффициент полезного действия поднялся до 91%,  $\cos \varphi$  увеличился до 0,913 что свидетельствует о снижении потерь и увеличении энергоэффективности проектируемой асинхронной машины. На рис. 12 представлено графически характеристики эффективности - значение КПД базового и разработанного энергоэффективного асинхронного двигателя.

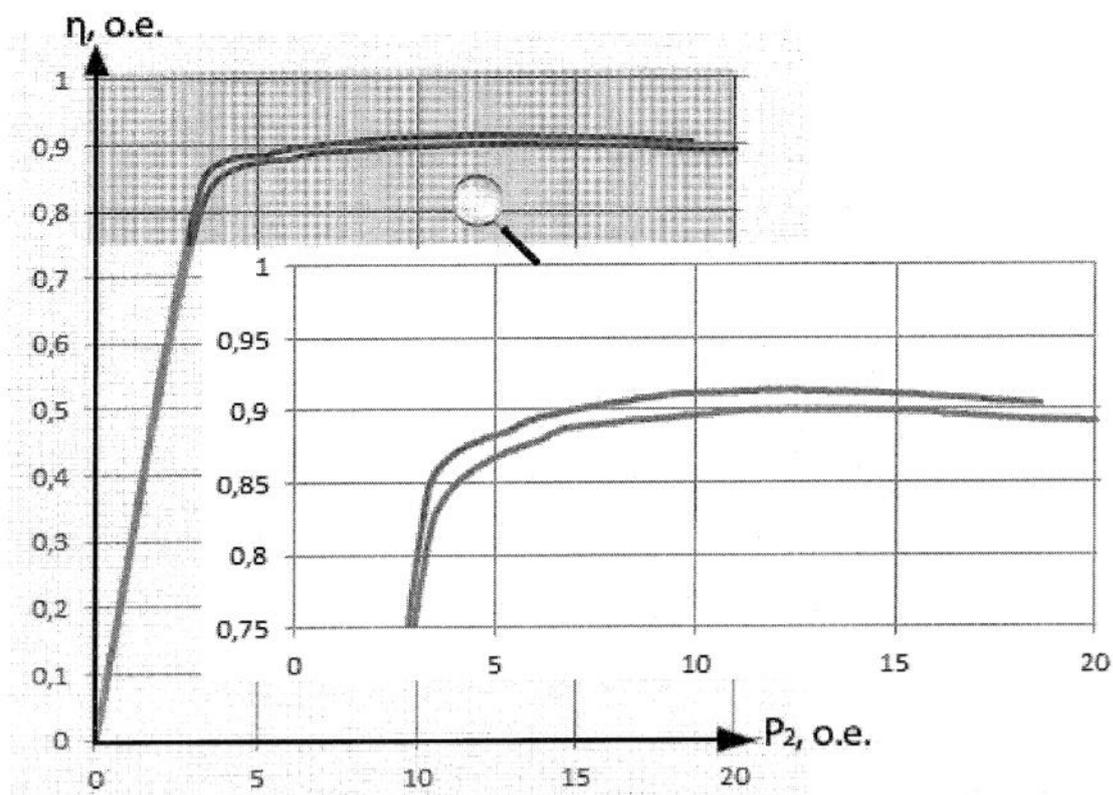


Рисунок 12 – Характеристика эффективности

Результатом выпускной квалификационной работы стал более энергоэффективный АД. Удалось сохранить большинство параметров и размеров базового двигателя, изменив технологический процесс сборки машины лишь незначительно. Путем математического компьютерного моделирования было установлено, что соотношение числа пазов на статоре/роторе подобрано наиболее оптимально. Мощность и частота вращения вала остались как у базовой модели двигателя. Изменилась обмотка статора - на обмоточный провод марки ПЭТ - 155, который имеет большее сечение, число параллельных ветвей обмотки  $a=2$ , число элементарных проводников  $n_{эл} = 3$ , изменено количество витков в фазе на 94. Паз статора стал больше по площади. Энергоэффективность поднялась более чем на 1,7%. КПД увеличилась до 91% , и двигатель стал удовлетворять нормам EFF2.

### **3. Технологическая часть**

#### **Общая сборка асинхронного двигателя**

Электротехническая индустрия считается материальной основой электрификации страны, автоматизации и механизации производственных действий, ускорения темпов технического прогресса во всех секторах экономики этнического хозяйства. Поднятие свойства, технического значения, прочности, долготии электротехнических изделий принципиальные причины интенсификации общественного изготовления.

Создание электрических машин и трансформаторов в наше время характеризуется значимым повышением механизации и автоматизации научно-технических действий в взаимосвязи с выходом в свет вычислительной техники и разных НИИ, которые разрабатывают, усовершенствуют и вводят новейшие технологии. Освоенные индустрией новейшие серии электро автомашин и трансформаторов изготавливаются на предназначенных предприятиях с широким внедрением самодействующих установок и рядов. Освоен разряд новейших которые были использованы, позволивших механизировать научно-технические процессы.

Водящими научно-исследовательскими и проектно-научно-техническими институтами изобретены стандартные научно-технические процессы и особое научно-техническое оснащение, будто позволяет грубо уменьшить время научно-технической подготовки изготовления и трудозатратность издаваемых продуктов. Для производства особого научно-технического оснащения построены и введены в строй специализированные компании.

В настоящее время пред технологами стоят задачи не только улучшения технологии и технологического оборудования для повышения производительности труда, однако и сотворения новейших научно-технических действий и научно-технического оснащения, позволяющих совершенствовать конструкции машин и трансформаторов. Тесное совместная работа конструкторов и технологов при исследованию новейших изделий и подготовке их изготовления является совершенно необходимым условием, как для увеличения отдачи изготовления, так и для получения наиболее экономичных изделий.

Процесс изготовления изделий состоит из комплекса работ, нужных для изготовления заготовок, их отделки, производства из подробностей узлов и, в конце концов, производства из узлов готовых изделий. Совокупность отдельных взаимосвязанных действий, в результате которых исходные материалы и

полуфабрикаты превращаются в готовое изделие, называется производственным процессом.

Технологический процесс производится на трудящихся местах, которые предполагают собой участок производственной площади, оснащенный в согласовании с исполняемой работой. Технологический процесс разбивается на операции. Технологической операцией называют часть технологического процесса, исполняемого на одном рабочем месте и обхватывающего все поочередные деяния рабочего и станка при обработке детали. Операция является основной частью технологического процесса, и по ней определяется трудоемкость процесса, необходимое число рабочих, станков, приспособлений, инструмента.

При этом необходимо: оценить технологичность конструкции сборочной единицы, провести размерный анализ, разработать схемы сборки и маршрутной технологии, выбрать необходимое оборудование и рассчитать оснастку, выполнить нормирование и расчет для годовой программы для изготовления 20000 двигателей.

### **3.1 Оценка технологичности конструкции**

Общая сборка асинхронного двигателя с ротором, имеющим фигурные пазы, осуществляется из ранее собранных узлов, что позволяет существенно сократить общее время сборки, повысить производительность труда.

Статор представляет сборочную единицу, состоящую из станины, сердечника статора и обмотки статора. Станина отливается из чугуна. Наличие поперечных ребер охлаждения позволяет нарастить прочность системы и понизить расход конструкционных которые были использованы. Сердечник статора дает собой шихтованный пакет, взятый из листов электротехнической стали.

Ротор дает собой вал с насаженным на него сообразно шпонке сердечником, набранным из листов электротехнической стали. Обмотка короткозамкнутого ротора производится с заливкой пазов и короткозамыкающих колец алюминием. Подшипниковые щиты отливаются из чугуна. Отбор чугуна в качестве который был использован для производства подшипниковых щитов объяснен тем, что двигатель работает в тяжелых условиях и воспринимает большие механические нагрузки.

Недостатками чугунного подшипникового щита по сравнению с алюминиевым является его низкая коррозионная стойкость и относительная большая масса.

Контроль объемов этих подробностей позволяет понизить дефектность общей сборки.

Контроль размеров этих деталей позволяет снизить дефектность общей сборки.

К преимуществам данной конструкции асинхронного двигателя можно отнести:

1) возможность сборки электродвигателя из отдельных узлов, контроль которых уменьшает дефектность общей сборки, что позволяет сократить общее время изготовления (параллельно работающие люди) и повысить производительность труда;

2) максимальное применение стандартных и унифицированных сборочных единиц и деталей таких как метизы, подшипники и клеммная колодка;

3) отверстия для подвода питающих проводов расположены с двух сторон коробки выводов, что позволяет подводить питание, как с левой стороны двигателя так и с правой;

4) наличие рым-болта - для удобства транспортировки двигателя в процессе сборки;

5) так как в процессе работы двигателя вал может увеличиваться от нагрева и смещать тем самым задний подшипник, то чтобы избежать возникновения осевой нагрузки на подшипник предусмотрен зазоры со стороны выходного конца вала между этим подшипником и краем подшипниковой крышки;

6) станина, подшипниковые щиты и подшипниковые крышки отливаются из одной марки чугуна СЧ 15-32 ГОСТ 1412-70;

7) чтобы исключить самопроизвольное сворачивание болтов, вследствие повышенных нагрузок и вибраций, используются пружинные шайбы.

Недостатками данной конструкции являются:

1) вследствие большой массы - необходимость применения дополнительных транспортных и грузоподъемных механизмов при перемещении сборочных единиц;

2) необходимость дополнительной механической обработки при сборке;

3) использование резьбовых соединений, неполная и неравномерная затяжка может появиться причиной некачественной сборки, ведущей к более быстрому износу сборочной единицы или машины.

Таким образом основные требования обеспечения технологичности конструкции проектируемого двигателя в целом соблюдены.

### **3.2 Размерный анализ конструкции двигателя**

При конструировании машин и проектировании научно-технических действий их производства создают размерный анализ, с помощью которого добиваются верного соотношения взаимосвязанных размеров и характеризуют возможные отличия (допуски). Испытание более оптимального способа достижения требуемой точности машины либо ее составных частей, изучение связи ее сборочных единиц, разработка очередности их комплектации - таковы главные задачи размерного анализа, базирующегося на теории и практике решения размерных цепей.

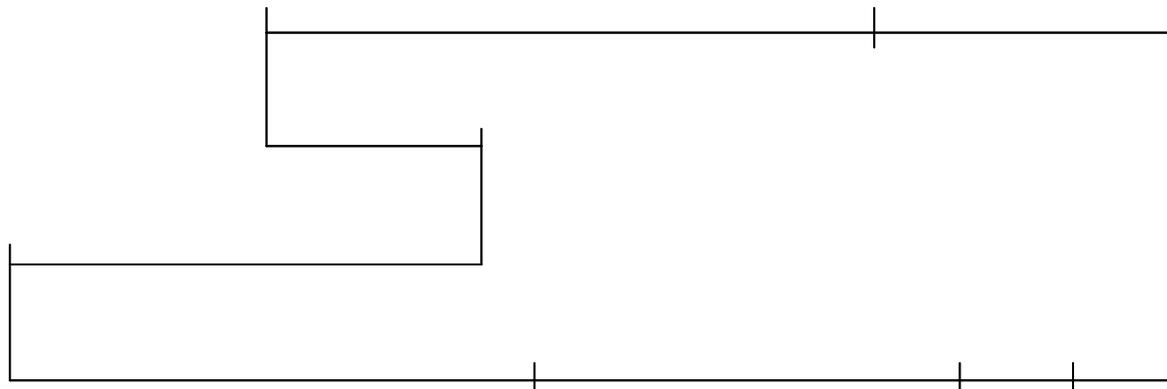
Размерной цепью именуют совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и характеризующих взаимное состояние плоскостей (либо осей) одной или нескольких деталей. Каждый из размеров, образующих размерную цепь, именуют звеном. Неважно какая размерная цепь имеет одно замыкающее звено и одно или несколько составляющих. Замыкающим звеном размерной цепи называют звено начальное при постановке задачи расчета размерной цепи либо полученное в итоге ее решения. Составляющие звенья могут существовать увеличивающимися, если при увеличении их замыкающее звено возрастает, либо убавляющимися, если при увеличении их замыкающее звено уменьшается. Размерные цепи используются для решения прямой и обратной задач. При решении непосредственной задачи по заданному номинальному размеру и допуску исходного звена определяют номинальные размеры, допуски и предельные отклонения всех составляющих звеньев размерной цепи. При решении обратной задачи по установленным номинальным размерам, допускам и максимальным отклонениям составляющих звеньев, характеризуют номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена.

Заключение той либо другой задачи расчета размерных цепей при разработке технологического процесса сборки производится с целью определения базовых размеров на деталях, выявления не указанных на чертежах зазоров в многозвенных цепях, проверки возможности сборки и отсутствия задеваний крутящихся и неподвижных частей, понижения точности задания размеров составных частей, определения размеров компенсирующего звена.

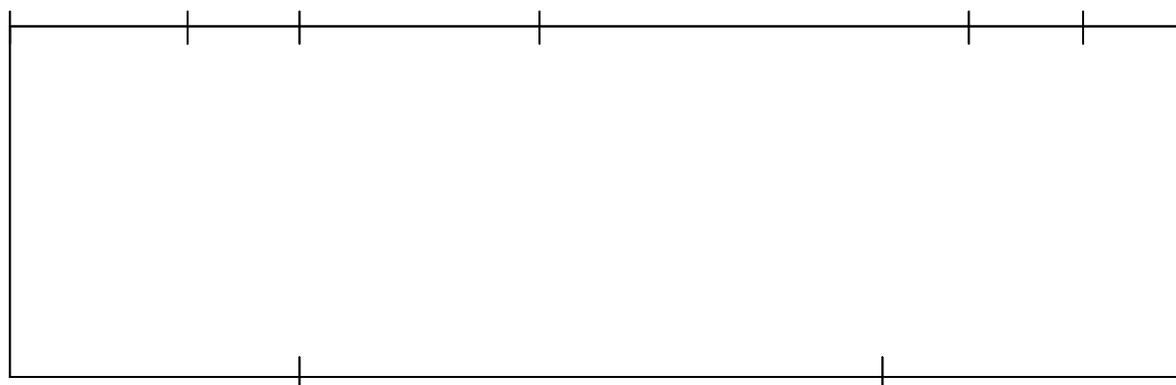
Для выявления замыкающих звеньев и составления размерных цепей вычертим масштабный конструктивный эскиз двигателя, рис. 14.

Схемы размерных цепей представлены на рис. 1.





1)  $[X_1] = L_7 + L_6 + L_5 + L_4 + L_1 - L_2 - L_3$



2)  $[X_2] = L'3 + L_2 + L_3 - L_4 - L_5 - L_6 - L_{10} - L_9$

Рисунок 2. - Размерные цепи

Замыкающее звено:  $X_1 = 105 \pm 1,5$  мм.

Таблица .1. Звенья размерной цепи.

Звенья	
Увеличивающие	Уменьшающие
L1 = 48 мм	L2 = 304 мм
L4 = 2 мм	L3 = 37 мм
L5 = 27 мм	
L6 = 318 мм	
L7 = 51 мм	

Средний размер составляющих звеньев:

Допуск на замыкающее звено:  $TX_1 = 1,5 + 1,5 = 3$  мм.

Величина среднего допуски:  $T_{cp} = \frac{3}{8-1} = \frac{2}{7} = 0,42$  мм.

Применяя средний размер составляющих звеньев и значение среднего допуска найдем квалитет для каждого звена. Квалитет на средний размер составляющих звеньев равен 12 квалитету:  $112,4 h12(-0,35)$ .

Расставим для всех составляющих звеньев допуски соответствующие 12 квалитету, чей допуск близок к  $T_{ср}$ . Полученные значения занесем в таблицу 2:

Таблица 2. Звенья размерной цепи с допусками.

Звенья	
Увеличивающие	Уменьшающие
$L1 = 48 h12(+0,25)мм$	$L4 = 304 h12(-0,52)мм$
$L4 = 2 h12(+0,1)мм$	$L5 = 37 h12(-0,25)мм$
$L5 = 27 h12(+0,21) мм$	
$L6 = 317 h12(+0,57) мм$	
$L7 = 51 h12(+0,3) мм$	

Величина ожидаемого поля рассеивания:

$$\omega_0 = TL1 + TL2 + TL3 + TL4 + TL5 + TL6 + TL7 =$$

$$= 0,25 + 0,52 + 0,25 + 0,1 + 0,21 + 0,57 + 0,3 = 2,2 \text{ мм}$$

Таким образом, условие  $TX_1 \geq \omega_0$  выполняется.

Проверка:

$$X1^{\max} = (L1^{\max} + L4^{\max} + L5^{\max} + L6^{\max} + L7^{\max}) - (L2^{\min} + L3^{\min}) =$$

$$= (48 + 2 + 27 + 318 + 51) - (303,74 + 36,875) = 105,385 \text{ мм}$$

$$X1^{\min} = (L1^{\min} + L4^{\min} + L5^{\min} + L6^{\min} + L7^{\min}) - (L2^{\max} + L3^{\max}) =$$

$$= (47,875 + 1,95 + 26,895 + 317,715 + 50,85) - (304 + 37) = 104,284$$

$$X1_{\text{расчет}} = 105^{+0,385}_{-0,716} \text{ мм.}$$

Вывод: расчетное значение замыкающего звена входит в диапазон заданного допуска звена.

Замыкающее звено:  $X2 = 1^{+0,5}_{-0,3} \text{ мм.}$

Таблица 3. Звенья размерной цепи.

Звенья	
Увеличивающие	Уменьшающие
L 3 = 37 мм	L4 = 2 мм
L2 = 304 мм	L5 = 27 мм
L3 = 37 мм	L6 = 318 мм
	L9 = 2 мм
	L10 = 28 мм

Средний размер составляющих звеньев:

$$L_{cp} = \frac{L3 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6 + L9 + L10}{8} =$$

$$= \frac{37 + 304 + 37 + 2 + 27 + 318 + 2 + 28}{8} = 94,37 \text{ мм}$$

Допуск на замыкающее звено:  $TX2 = 0,5 - (-0,3) = 0,8 \text{ мм}$ .

Применяя средний размер составляющих звеньев и значение среднего допуска найдем квалитет для каждого звена. Квалитет на средний размер составляющих звеньев равен 12 квалитету:  $94,37 \text{ h}12(-0,35)$ .

квалитету, чей допуск близок к  $T_{cp}$ . Полученные значения занесем в таблицу4:

Таблица 4. Звенья размерной цепи с допусками.

Звенья	
Увеличивающие	Уменьшающие
L 3 = 37 h12(+0,25)мм	L4 = 2 h12(-0,1)мм
L2 = 304 h12(+0,52)мм	L5 = 27 h12(-0,21)мм
L3 = 37 h12(+0,25) мм	L6 = 318 h12(-0,57) мм
	L9 = 2 h12(-0,1) мм
	L10 = 28 h12(-0,21) мм

Величина ожидаемого поля рассеивания:  $\omega_0 = TL_3 + TL_2 + TL_3 + (-TL_4) + (-TL_5) + (-TL_6) + (-TL_9) + (-TL_{10}) = 0,25 + 0,52 + 0,25 + (-0,1) + (-0,21) + (-0,57) + (-0,1) + (-0,21) = -0,97 \text{ мм}$

Таким образом, условие  $TX_2 \geq \omega_0$  выполняется.

Проверка:

$$X2^{\max} = (L3^{\max} + L2^{\max} + L3^{\max}) - (L4^{\min} + L5^{\min} + L6^{\min} + L9^{\min} + L10^{\min}) =$$

$$= (37 + 304 + 37) - (1,95 + 26,895 + 317,715 + 1,95 + 27,895) = 1.631 \text{ мм}$$

$$X2^{\min} = (L3^{\min} + L2^{\min} + L3^{\min}) - (L4^{\max} + L5^{\max} + L6^{\max} + L9^{\max} + L10^{\max}) =$$

$$= (36.875 + 303.74 + 36.875) - (2 + 27 + 318 + 2 + 28) = 0.49 \text{ мм}$$

$$X_{2_{\text{расчет}}} = 1_{-0,51}^{+0,63} \text{ мм.}$$

Вывод: расчетное значение замыкающего звена входит в диапазон заданного допуска звена.

### **3.3 Составление схемы сборки и маршрутной технологии общей сборки**

Схема сборки позволяет отобразить маршрут сборки изделия, отметить составные части изделия, которые можно составить отдельно (осуществить параллельную сборку составных частей); оценить предварительно трудоемкость производства отдельных составных частей; время от времени выявить конструктивные неувязки; выявить и сравнить варианты. После изучения сборочных чертежей и точностного анализа конструкции необходимо разбить изделие на сборочные единицы - составные части. Это основная работа при проектировании технологического процесса сборки при выполнении предоставленной работы целесообразно измерить из следующих принципов.

1. Сборочная единица никак никак не должна быть очень большой по габаритным размерам и массе или быть из большого количества деталей и сопряжений. В то же время лишнее «деление» машины на сборочные единицы никак не правильно, так как это усложняет процесс комплектования при сборке, создает дополнительные трудности в организации сборочных работ.

2. Если в процессе сборки потребуется проведение испытаний, обкатка, специальная слесарная пригонка узла машины, то он должен быть выделен в особую сборочную единицу.

3. Сборочная единица при монтаже ее в машине никак не должна подвергаться какой либо разборке, а если этого избежать невозможно, то соответствующие разборочные работы нужно предугадать в технологии.

4. Большинство деталей машины, исключая ее базовые детали (станину, раму и пр.), а еще детали креплений резьбовых соединений, должны войти в те или другие сборочные единицы, чтобы уменьшить численность отдельных деталей, подаваемых на общую сборку.

5. Трудоемкость сборки должна быть приблизительно одинакова для основной массы сборочных единиц составных частей машины.

Последовательность сборки в основном ориентируется конструкцией изделия компоновкой деталей и способами достижения требуемой точности и может быть представлена в виде технологической схемы сборки.

Схема сборки, являясь главным шагом разработки технологического процесса, в приятной форме отражает маршрут сборки изделия и его составных частей. Технологическую схему сборки составляют на основе сборочных чертежей изделия. технологического процесса. На базе схемы сборки разрабатывается маршрутная технология, устанавливающая последовательность и содержание операций.

Маршрутные технологии общей сборки снесены в приложение Г.



### **3.4 Выбор сборочного оборудования, оснастки и подъёмно-транспортных средств**

К технологическому оборудованию, предназначенному для выполнения работ по осуществлению подвижных и неподвижных сопряжений деталей, их регулированию и контролированию в процессе узловой и общей сборки относят прессы, мойки, балансировочное оснащение, сборочные станды и ряд других.

В процессе сборки энергоэффективного асинхронного двигателя проводятся следующие операции:

1. Сборка ротора делается на сборочном столе.
2. Для перемещений ротора используется кран-балка грузоподъемностью  $Q=1.5$  т инв № 5627.
3. Операция прессовки выполняется с помощью гидравлического прессы Д0443А.
4. Подшипники устанавливаются в ручную при помощи молотка и технологических втулок. Предварительно подшипники нагревают в установке индукционного нагрева.
5. Операция балансировки делается на балансировочной установке 9715Р, так как она позволяет балансировать ротора с массой от 1 до 100 кг и имеет частоту вращения при балансировке от 600 до 6200об/мин, диаметр цапф (от 11 до 90 мм) позволяет зафиксировать ротор проектируемого двигателя. Еще используется сверлильный станок НС-12 для снятия металла.
6. Операция прессовки выполняется с помощью гидравлического прессы Д0443А.
7. Обдувку статора и ротора производят при помощи автомата для продувки сжатым воздухом СМ-32
8. Сборка статора с ротором делается на сборочном столе с помощью кран-балка грузоподъемностью  $Q=1.5$  т инв № 5627.
9. Установка колодки клеммной делается вручную с помощью отвёртки электрической.
10. Установка подшипниковых щитов делается вручную, с помощью кувалды TV-1493.
11. Затяжка болтов подшипниковых щитов и подшипниковых крышек производится пневмогайковёртом ИП-3127 ТУ 22-170-002-88.
12. Высверливание отверстий под заклепки фирменной таблички делается пневмогайковёртом СП-9С.

13. Клепаются фирменная табличка вручную с помощью молотка 7850-0115 и обжимки TV-5305.

14. Рым-болты устанавливаются пневмогайковертом ИП-3125 ТУ 22-170-005-89

15. Контроль двигателя. Проводится с использованием шаблонов, микрометра МР-25-1 ГОСТ 6507-90 и штангенциркуля ПЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80.

16. Перевозка двигателя по испытательной станции делается с помощью монорельса Q-1000 кг №5041

17. Испытания проводятся на специальном стенде.

18. Установка шпонки на выходной конец вала производится вручную при помощи молотка 7850-0035 и б 12 хр ГОСТ 2311-77

19. Контроль собранного асинхронного двигателя. Проводится с использованием шаблонов, микрометра МР-25-1 ГОСТ 6507-90 и штангенциркуля ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80.

### **3.5 Техническое нормирование и расчет необходимого оборудования**

Штучным временем называют отклонение времени выполнения технологической операции к количеству изделий одновременно собираемых на одном рабочем месте.

Для неавтоматизированного производства штучное время равно:

$T_{шт} = T_o + TV + T_{об} + T_n$ , где:

$T_o$  - Основное (технологическое) время, мин.

$TV$  - вспомогательное время, мин.

$T_{об}$  - время организационного обслуживания рабочего места, мин.

$T_n$  - время перерывов для удовлетворения естественных надобностей и отдыха рабочего, мин.

Так как элементы основного и дополнительного времени тесно связаны между собой, при сборке нормируют и оперативное время

$T_{оп} = T_o + TV$

#### **Штучное время для операции.**

005 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,201$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_n = 0,201 + 0,012 + 0,06 = 0,219$  мин.

010 0107 Обдувка:

$T_{оп} = 0,665$  мин.

$t_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 665 + 0,04 + 0,02 = 0,725$  мин.

015 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 1,21$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 1,21 + 0,073 + 0,036 = 1,319$  мин.

020 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,954$  мин.

$t_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 954 + 0,057 + 0,029 = 1,04$  мин.

025 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,641$  мин.

$t_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,641 + 0,038 + 0,019 = 0,698$  мин.

030 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,943$

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,943 + 0,057 + 0,028 = 1,028$  мин.

035 8803 Балансировка:

$T_{шт} = 7$  мин.

040 8864 Слесарно-сборочная:  $T_{оп} = 0,114$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,114 + 0,007 + 0,003 = 0,124$  мин.

045 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 1,21$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 1,21 + 0,073 + 0,036 = 1,319$  мин.

050 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,911$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,971 + 0,058 + 0,029 = 1,058$  мин.

055 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,47$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,47 + 0,028 + 0,014 = 0,512$  мин.

060 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,575$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,575 + 0,035 + 0,017 = 0,627$  мин .

065 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,768$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} = 0,768 + 0,046 + 0,023 = 0,837$  мин.

070 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,384$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_n = 0,384 + 0,024 + 0,012 = 0,42$  мин.

075 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,564$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_n = 0,564 + 0,034 + 0,017 = 0,615$  мин.

080 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,31$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_n = 0,11 + 0,007 + 0,003 = 0,12$  мин.

085 8864 Слесарно-сборочная:

$T_{оп} = 0,361$  мин.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_n = 0,361 + 0,022 + 0,012 = 0,395$  мин.

090 0620 Испытания:

$T_{шт} = 2$  мин.

095 0610 Контрольная:

$T_{шт} = 1,4$  мин.

### **Штучное время на оборудование**

1. Верстак слесарный

$T_{шт} = 0,201 + 0,725 + 1,04 + 0,698 + 0,114 + 0,512 + 0,627 + 0,837 + 0,42 + 0,615 + 0,12 + 0,395 = 6,574$  мин.

2. Пресс гидравлический

$T_{шт} = 1,319 + 1,028 + 1,319 = 3,658$  мин.

3. Станок для вертикального сверления

$T_{шт} = 1,04$  мин.

4. Установка для балансировки

$T_{шт} = 7$  мин.

5. Испытательная станция

$T_{шт} = 2$  мин.

### **Определяем эффективный годовой фонд производственного времени оборудования:**

$F_d = (336 - V_d - P_d) \cdot 8 - P_{пд} = (365 - 117) \cdot 8 - 3 = 1984 - 3 = 1981$  часов.

где:  $V_d$  - количество выходных дней в году;

$P_d$  - количество праздничных дней в году;

$V_d + P_d = 117$  дней;

$P_{пд}$  - количество предпраздничных дней в году,  $P_{пд} = 3$  дней.

Расчётное число каждого из видов сборочного оборудования равно:

$$C_p = \frac{(T_{um} \cdot N)}{60 \cdot Fg \cdot B};$$

1. Верстак слесарный

$$C_p = \frac{6,574 \cdot 20000}{60 \cdot 1981 \cdot 1} = 2,2 . \text{ принимаем: Спр} = 2;$$

2. Пресс гидравлический

$$C_p = \frac{3,658 \cdot 20000}{60 \cdot 1981 \cdot 1} = 2,2 . \text{ принимаем: Спр} = 1;$$

3. Станок для вертикального сверления

$$C_p = \frac{1,04 \cdot 20000}{60 \cdot 1981 \cdot 1} = 0,35 . \text{ принимаем: Спр} = 1;$$

4. Установка для балансировки

$$C_p = \frac{7 \cdot 20000}{60 \cdot 1981 \cdot 1} = 2,38 . \text{ принимаем: Спр} = 2;$$

5. Испытательная станция

$$C_p = \frac{2 \cdot 20000}{60 \cdot 1981 \cdot 1} = 0,68 . \text{ принимаем: Спр} = 1;$$

**Определяем коэффициент загрузки.**

$$K_z = \frac{C_p}{C_{сп}} \cdot 100\%;$$

1. Верстак слесарный

$$K_z = \left( \frac{0,55}{2} \right) \cdot 100\% = 27,5\%;$$

2. Пресс гидравлический

$$K_z = \left( \frac{0,308}{1} \right) \cdot 100\% = 30,8\%;$$

3. Станок для вертикального сверления

$$K_z = \left( \frac{0,089}{1} \right) \cdot 100\% = 8,9\%;$$

4. Установка для балансировки

$$K_z = \left( \frac{0,59}{1} \right) \cdot 100\% = 59\%;$$

5. Испытательная станция

$$K_3 = \left( \frac{0,17}{1} \right) \cdot 100\% = 17\%;$$

Таблица 5 – Загрузка оборудования

Оборудования	Верстак слесарный	Пресс гидравлический	Станок для вертикального сверления	Установка для балансировки	Испытательная станция
Загрузка, %	27	31	9	59	17

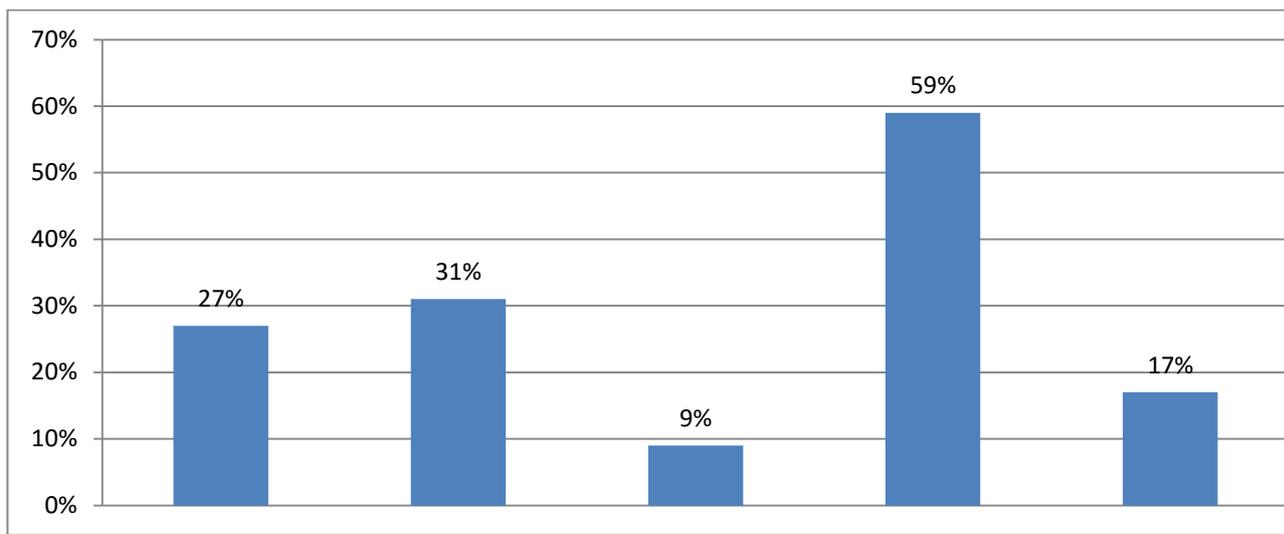


Рисунок 4 - График загрузки оборудования предприятия

В предоставленном разделе работы была сделана оценка технологичности конструкции АД с указанием позитивных и негативных сторон.

Был проведён размерный анализ, в итоге которого полученные расчётные значения максимальных отклонений замыкающих звеньев

Разработана схема сборки двигателя и его маршрутная технология, устанавливающая очередность и содержание операций, выбрано оборудование, оснастка и подъемно-транспортные средства, а еще произведено техническое нормирование сборочных работ и рассчитано необходимое численность оборудования при данной программе выпуска N=20000 шт./год.

В итоге расчёта количества оборудования пресс гидравлический и балансировочный станок оказались наиболее загруженными из-за относительно большого количества времени, затрачиваемого на балансировку двигателя и на прессовочные операции. Менее загруженным оказался станок вертикального сверления.



#### **4 Экономическая часть**

## 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 так же их реализация по приемлемым ценам. Как правило, оценка показателей конкурентоспособности осуществляется по техническим и экономическим показателям товара.

### 4.1 Смета затрат на проектирование

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

Распределение работы между работниками, проектирующими сводим, в таблицу .1.

Таблица 1.

№ 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
4	Электромагнитный расчет двигателя	2	инженер инженер	9 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 расчетов	2	научный руководитель инженер	15 10	1
8	Выполнение чертежей, схем	2	инженер инженер	9 10	2
9	Технико-экономическое обоснование выбора оборудования	1	инженер	10	4
10	Разработка раздела БЖД	1	инженер	10	4

Продолжение таблицы 1.

11	Оформление пояснительной записки	2	инженер инженер	9 10	1
12	Проверка пояснительной записки и чертежей	2	научный руководитель. инженер	15 10	1
Научный руководитель				15	3
Инженер				10	31
Инженер				9	6
Итого:		19			40

По данным таблицы 1 построим линейный график занятости исполнителей.

Исполнители	Дни для выполнения проекта																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Научный руководитель 15 р																																		
Инженер 10 р																																		
Инженер 9 р																																		

Рисунок 1 – Линейный график занятости исполнителей

#### 4.1.1 Смета затрат на подготовку проекта

Суммарные издержки на проектирование определяем по выражению:

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

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 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, 15 р	23300	2200	1,1	1,3	36179	1722,8	3	5168,4
Инженер 10р	15300		1,1	1,3	21879	1041,9	31	32297
Инженер, 9р	12100		1,1	1,3	17303	824	6	4943,7
Итого					75361	3588,6	40	42409

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

где: 3 – оклад;

D – доплата за интенсивность труда

$k_1$  - коэффициент за отпуск (1,1);

$k_2$  - районный коэффициент (1,3);

21 - количество рабочих дней в месяце;

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

Зарплата.

Расчет для научного руководителя 15 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 + D) \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{(23300 \cdot 1.1 + 2200) \cdot 1.3}{21} \cdot 3 = 5168,4 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 9 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(12100) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 6 = 4943,7 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 10 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(15300) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 31 = 32297,6 \text{ (руб.)}$$

Тогда

$$I_{з.пл. \Sigma} = \sum I_{з.пл.} = 5168,4 + 4943,7 + 32297,6 = 42409,7 \text{ (руб.)}$$

#### 4.1.2 Отчисления на социальные нужды.

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

$$I_{\text{соц}} = 0,3 \cdot I_{\text{з.пл}\Sigma} = 0,3 \cdot 42409,7 = 12722,9 \text{ (руб)}$$

#### 4.1.3 Материальные затраты на канцелярские товары.

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

$$I_{\text{мат}} = 950 \text{ (руб)}$$

#### 4.1.4 Амортизация вычислительной техники.

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 28,7 тысячи рублей.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_u}{T_{\text{кал}}} \cdot \Phi_{\text{кт}} \cdot H_{\text{ф}} = \frac{30}{365} \cdot 28700 \cdot \frac{1}{8} = 294,9 \text{ (руб)}$$

где  $T_u$  - количество отработанных дней на ПК;

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

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

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

#### 4.1.5 Прочие неучтенные затраты.

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

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

$$= 0,1 \cdot (42409,7 + 12722,9 + 950 + 294,9) = 5637,7 (\text{руб})$$

#### 4.1.6 Накладные расходы.

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

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{з.пл\Sigma} = 2 \cdot 42409,7 = 84819,4 (\text{руб})$$

#### 4.1.7 Себестоимость проекта

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

$$= 42409,7 + 12722,9 + 950 + 294,9 + 5168,4 + 84819,4 = 146834,7 (\text{руб})$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Смета затрат на подготовку проекта

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$I_{з.пл\Sigma}$	42409,7
2	Социальные отчисления	$I_{соц}$	12722,9
3	Материальные затраты	$I_{мат}$	950
4	Амортизационные отчисления	$I_{ам}$	294,9
5	Прочие издержки	$I_{np}$	5168,4
6	Накладные расходы	$I_{накл}$	84819,4
7	Себестоимость проекта	$\sum I_{проекта}$	146834,7

#### 4.1.8 Определение материальных расходов

Материальные затраты – это затраты, связанные с приобретением и изготовлением материалов для изготовления единицы продукции. Представим перечень материалов, необходимых для изготовления одного образца (см. таблицу 4).

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

$$M_{осн} = P \cdot \Pi_M,$$

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

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

Рекомендации к материальным расходам предприятия для изготовления единицы продукции рассматриваются для двух вариантов, базового (1 вариант) и предлагаемого (2 вариант). Их стоимость указана в таблице 6.4.

Таблица 4– Затраты на материалы.

Наименование материала	Цена, Руб /кг.	Норма расхода, шт.		Сумма, руб.		Удел. вес, %	
		Баз. 1 вар	Предл 2 вар	Баз. 1 вар	Пред. 2 вар	1вар	2вар
<b>1. Черные металлы</b>						60	63
Чугун СЧ-20	108,1	55.008	53.424	5946.3	5775.1		
Валовая сталь	80,1	25.358	23.328	2031.1	1868.5		
Электротехническая сталь	90,9	64.656	60.336	5877.2	5484.5		
Прочие чёрные металлы	115,4	24.768	24.048	2858.2	2775.1		
<b>2. Цветные металлы</b>						3,0	3,0
Алюминий сплав АК7	216,0	2.304	1.872	497.66	404.35		
<b>3.Прочие материалы</b>						5,0	5,0
Подшипник 210	448,0	2	2	896	896		
<b>4.Кабельные изделия</b>						25,0	22,5
Обмоточный провод ПЭТ155 d=1,25	962,2	4.464	3.456	4295.2	3325.3		
Провод установочный ПВКФ d=2,5,1	244,8	2.592	2.16	634.52	528.76		
<b>5. Изоляция</b>						4,5	4,0
Стеклолакоткань ЛСК	262,8	1.5552	1.5264	408.70	401.13		
Ст.пласт ССП БИД 8,2*3,5	214,0	0.5472	0.2592	117.10	55.468		
Синтофлекс или Элифлекс	645,9	0.1872	0.1872	120.91	120.91		
Плётка ПЭТ-Э	520,0	0.0129	0.0273	6.7392	14.227		
Резина трубка ТСКП	54,4	4.032	3.744	219.34	203.67		
<b>6.Лакокраски</b>	205,0	2.16	1.584	442.8	324.72	2,5	2,5
<b>Всего</b>				24352.	22178.	<b>100,</b>	<b>100,</b>

Как видно по расчетам из таблицы 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  $C_M = M * K_{\text{Тзр}} = 24352 * 1,14 = 27,7$  тыс. руб

2вариант технологии  $C_M = M * K_{\text{Тзр}} = 22178 * 1,14 = 25,3$  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.

#### **4.1.9 Оценка конкурентоспособности создаваемого продукта**

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

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

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

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

Завод-изготовитель предоставляет следующие гарантии после реализации продукции:

1. Бесплатный гарантийный ремонт двигателя в течение двух лет после его реализации в случае выхода его из строя по вине завода-изготовителя.
2. Замена не подлежащего ремонту двигателя в течение гарантийного периода обслуживания.

ОАО «СИБЭЛЕКТРОМОТОР» является действующим предприятием и использует свои существующие ресурсы для производства энергоэффективного АД КЗ ротором и частотно-регулируемый двигателей, поэтому нет необходимости в приобретении основных средств.

Результаты анализа сведём в таблицу 5

Таблица 5 – Оценка факторов конкурентоспособности изделия [29]

Факторы конкурентоспособности изделия	Российские предприятия		Зарубежные предприятия	
	ОАО «СИБЭЛЕКТРОМ ОТОР»	ЗАО «Электромеханический»	ОАО «Электродвигатель»	ОАО «ПолесьеЭлектромаш»
<b>Изделие</b>	Энергоэффективный АД КЗ ротором			
1.Расходов на силовую электроэнергию.	106,3 руб/шт (5)	110,2 руб/шт (3)	111,5 руб/шт (3)	108,1 руб/шт
2.Качество	4	4	4	4
3.Технико-экономические показатели	5	4	3	4
4.Престиж торговой марки	4	5	4	4
5. Упаковка	4	4	4	3
6.Уровень послепродажного обслуживания	5	5	5	3
7.Гарантия	2 года (5)	2 года (5)	1 год (4)	1 год (4)
8.Уникальность	Встроенный темп. датчик в лобовые части (4)	Высокий класс изоляции (4)	Температурная защита (4)	Применение вентилятора с пониженным шумом (4)
9.Надежность	5	5	4	4
10.Защищенность патента	5	5	5	5
<b>Цена</b>				
1.Продажная	4	5	5	5
2.Процент скидки	До 10% (5)	До 8% (4)	5% (3)	До 8% (4)
3.Сроки платежа	До 1мес.(4)	До1мес.(4)	До1мес.(4)	До1мес.(4)
<b>Каналы сбыта</b>				
1.Форма сбыта:				
1.1. прямая	4	4	3	3
2.Система транспортировки	Авто-, ж/д., авиа (5)	Авто-, ж/д., авиа (5)	Авто-, ж/д., авиа (5)	Авто-, ж/д., авиа (5)
<b>Продвижение изделия на рынках</b>	5	4	4	4
1.Реклама:				
1.1. для потребителей				
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			
3.Телевизионный маркетинг	2	3	4	4
4. Продажа товаров через средства массовой информации	4	3	3	4
Итого:	100	97	88	91

*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 данной работе был спроектирован трехфазный энергоэффективный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Такие двигатели находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в электроприводах различных устройств, энергетики и коммунального хозяйства.

В электромагнитном расчете были выбраны главные размеры, определены параметры двигателя, масса активных материалов, потери и КПД, а также рассчитаны рабочие и пусковые характеристики, кратность пускового тока и максимального момента, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к двигателю. Обмотка статора выбрана однослойной. Для обмотки статора применена изоляция класса нагревостойкости F, которая допускает длительный нагрев обмотки статора до 155° С. Короткозамкнутая обмотка ротора состоит из фигурных пазов.

В специальной части рассматривается важность энергосберегающих АД. Изменилась обмотка статора - на обмоточный провод марки ПЭТ - 155, который имеет большее сечение, число параллельных ветвей обмотки  $a=2$ , число элементарных проводников  $p_{эл}=3$ , изменено количество витков в фазе на 94. Паз статора стал больше по площади. Энергоэффективность поднялась более чем на 1,7%. КПД увеличилась до 91% , и двигатель стал удовлетворять нормам EFF2.

Тепловой расчет показал, что у двигателя имеется температурный запас при нагреве обмотки статора, а вентилятор обеспечивает необходимый расход воздуха с запасом.

При выполнении технологической части выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс общей сборки спроектированного двигателя. Выбрано оборудование и оснастка. Определены нормы времени и необходимое количество оборудования для выполнения требуемой программы выпуска.

В разделе «Безопасность и экологичность проекта» проведен анализ опасных и вредных факторов, возникающих в процессе сборки двигателя. Освещены вопросы техники безопасности, производственной санитарии,

пожарной безопасности. Проведен расчет освещения для участка механической обработки.

В экономической части работы рассчитана себестоимость данного проекта оценено технический уровень проектируемого асинхронного двигателя.

В целом спроектированный энергоэффективный асинхронный двигатель удовлетворяет требованиям, определенным заданием.

