

## ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование является ответственной и серьезной работой, так как представляет собой последний рубеж, отделяющий студента от молодого специалиста. По своему содержанию, объему и срокам разработки он отличается от предыдущих проектов; он объединяет в себе теоретический и практический материал по нескольким профилирующим дисциплинам, знание которых обязательно для успешной работы и карьерного роста в условиях функционирования современного депо и других объектов хозяйствования железной дороги Республики Беларусь. Если говорить конкретно, то основу отдельных разделов дипломного проектирования составляют такие инженерные дисциплины, как “Технология ремонта электроподвижного состава”, “Организация, планирование и управление производством”, “Экономика железнодорожного транспорта”, “Охрана труда и Экологическая безопасность” и другие.

Основной целью данного дипломного проекта является разработка электромашинного отделения электровозного депо, отвечающего последним требованиям научно-технического прогресса и рыночных отношений. В ходе проекта будет проанализирован технологический процесс ремонта основной сборочной единицы тягового двигателя – якоря, составлена технологическая документация к нему, спроектировано и описано специальное оборудование – электрическая печь для сушки двигателей. Далее будет разработано непосредственно электромашинное отделение: рассчитан фонд рабочего времени, численность работников, выбрана форма организации производства, разработан график процесса ремонта тягового двигателя, спроектирован план отделения, используемое оборудование, подъемно-транспортные устройства. Доказательством успешной работы отделения станет технико-экономическое обоснование объекта проекта, которое будет заключаться в расчете себестоимости ремонта двигателя. Также в дипломном проекте присутствуют исследовательский раздел и раздел, посвященный охране труда либо защите

Размещено на <http://www.allbest.ru/>

окружающей среды.

## 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА ЯКОРЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НБ - 418К6

### 1.1 Основные неисправности якоря тягового электродвигателя НБ - 418К6

Эксплуатационная надежность электроподвижного состава в большой степени зависит от надежности его электрических машин и в первую очередь его тяговых двигателей. Именно поэтому их техническому состоянию должно уделяться особое внимание.

К факторам, определяющим условия работы электроподвижного состава, относят: динамические усилия, возникающие в механической части и передаваемые на электрооборудование при движении локомотивов; токи, создающие нагрев элементов электрической цепи; высокие напряжения, приложенные к токоведущим частям, иногда приводящие к пробоям и перекрытиям изоляционных частей и воздушных промежутков.

Динамические усилия, возникающие при прохождении колесами различных неровностей пути, могут сообщать тяговым двигателям динамические инерционные ускорения, достигающие 10—15 g при опорно-осевой подвеске. Особенно велики эти силы при низких температурах, когда верхнее строение пути становится более жестким, а также при больших скоростях движения.

Под действием этих сил в деталях тяговых двигателей возникают ударные мгновенные напряжения, которые вызывают ослабление соединительных узлов, появление трещин и приводят к повышенному износу трущихся частей. При наличии в двигателях несбалансированных элементов возникает вибрация, дополнительно ухудшающая работу тяговых двигателей и ускоряющая появление повышенного износа элементов машин и возможных их поломок. Помимо непосредственного воздействия на механические элементы тяговых двигателей, эти силы нарушают нормальную

работу щеточного аппарата. Подпрыгивание щеток ухудшает качество щеточного контакта, приводит к усилению искрения под щетками, значительно ухудшает и без того достаточно трудные условия коммутации, способствует появлению неравномерной выработки рабочей поверхности коллектора и повышенному износу самих щеток.

Колебания напряжения на зажимах тяговых двигателей могут возникать в результате изменения напряжения в контактном проводе. Значительное повышение напряжения наблюдается также на зажимах тяговых двигателей, связанных с боксующими колесными парами.

Повышенное напряжение на коллекторе машины приводит к увеличению межламельного напряжения, что ухудшает ее коммутационную устойчивость и может вызвать появление электрических дуг между отдельными коллекторными пластинами, а при определенных условиях и образование кругового огня на коллекторе. При значительных всплесках напряжения, подводимого к двигателям, повышается межвитковое напряжение в его обмотках, что может привести к пробоем их витковой изоляции. Одновременно возрастает потенциал отдельных токоведущих элементов машин, в результате чего может произойти пробой их изоляции (например, изоляции кронштейна щеткодержателя, покровной изоляции обмоток, изоляции соединительных проводов, выводных кабелей) или переброс электрической дуги с токоведущих на заземленные части машины.

Перегрузки тяговых двигателей могут возникать в моменты трогания поезда (особенно при тяжеловесных составах), при прохождении им участков пути с большими затяжными подъемами, движении локомотива с неполным числом работающих двигателей, боксовании (на двигателях, связанных с не боксующими колесными парами), в результате ошибочных действий локомотивной бригады при управлении локомотивом и в отдельных аварийных режимах. Любые, даже кратковременные, перегрузки отрицательно влияют на коммутационную устойчивость двигателей, приводят к усилению искрения под щетками, а при определенных условиях и

к образованию кругового огня на коллекторе.

Круговой огонь может возникнуть также и в результате быстрого нарастания тока при переходных процессах, протекающих в тяговых двигателях. Наиболее опасны переходные режимы, возникающие в результате образования кругового огня на соседнем, параллельно включенном двигателе или при пробое плеча выпрямительной установки.

Частота вращения якорей тяговых двигателей в процессе эксплуатации изменяется в широких пределах. Так, при значительном уменьшении нагрузки она может вдвое превысить номинальную и в еще большей степени при боксовании связанной с двигателем колесной пары. Возникающие при этом большие центробежные силы могут вызвать повреждение валов якорей тяговых двигателей, соединительных эластичных муфт, ослабление или повреждение якорных бандажей. Кроме того, при повышенной частоте вращения якоря заметно усиливается искрение под щетками, ухудшается коммутация машины и создаются условия для возможного возникновения кругового огня на коллекторе.

При нарушении сцепления колес с рельсами частота вращения якоря тягового двигателя быстро возрастает, достигая больших значений, а при восстановлении сцепления происходит почти мгновенное ее уменьшение. При этом запас кинетической энергии вращающегося якоря превращается в удар, передающийся на зубчатую передачу, вал якоря, подшипники и другие элементы двигателя, вызывая их повышенный износ, а иногда и поломку.

Окружающая среда с ее загрязненностью, влажностью, сезонными колебаниями температуры и атмосферными разрядами значительно ухудшает и без того трудные условия работы тяговых двигателей. Влага, попадая вместе с охлаждающим воздухом, а также через возможные неплотности между крышками коллекторных или смотровых отверстий и остовом внутрь двигателя, проникает в поры изоляции его обмоток, вызывает отсыревание изоляции, снижает ее электрическую прочность и создает условия для возникновения теплового или электрического пробоя изоляции.

При низких температурах влага окружающего воздуха конденсируется, в результате чего коллекторы тяговых двигателей покрываются инеем, обледеневают, щетки примерзают к окнам щеткодержателей, что приводит к ухудшению щеточного контакта, повышенному искрению под щетками, а иногда и к их излому.

Проникшая в машину пыль загрязняет коллектор и щеточный аппарат и также способствует появлению повышенного искрения на коллекторе.

Немаловажен и тот факт, что каждый unplanned ремонт электрической машины, как бы качественно он ни был выполнен, всегда приводит к сокращению ее срока службы. Примером тому обточка коллектора, сопровождающаяся снятием определенного слоя металла и, следовательно, уменьшением его диаметра, что приводит к необходимости его преждевременной замены.

В якорях электрических машин под действием динамических ударов от неровностей пути, центробежных сил и вибраций могут возникать повышенные износы, трещины, забоины и задиры. Одновременно резкие колебания напряжения, значительные броски тока могут вызывать в машинах повышенное искрение, перебросы электрических дуг. Это, в свою очередь, будет приводить к прожогам и оплавлениям отдельных элементов якорей, к появлениям дефектов в их изоляции.

Износы в виде местной выработки могут возникать как в металлических деталях, так и в изоляции. Повышенный износ посадочных поверхностей будет приводить к ослаблению посадки колец, втулок; износ резьб – к нарушению прочности болтовых соединений; потертости изоляции – к снижению ее электрической прочности, а иногда и к пробоям. Наиболее часто повышенные износы возникают на рабочей поверхности коллектора, в результате чего ухудшаются условия токосъема и сокращается срок его службы.

Задиры и забоины чаще всего возникают в результате попадания в машину твердых загрязнений (например, песка), ударов, наносимых друг

другу деталями с ослабшим креплением, а иногда и в результате случайных ударов, нанесенных при осмотре или ремонте. Наиболее опасны задиры и забоины на ответственных поверхностях - на рабочей части коллектора и посадочных поверхностях вала. Трещины могут возникать в валах, якорных коробках, фланцах, нажимных шайбах, в маслоотбойных уплотняющих кольцах, в крепежных элементах, втулках, болтовых соединениях, в пластмассовых корпусах коллекторов и во многих других элементах.

Следует помнить, что некоторые, на первый взгляд незначительные, повреждения могут приводить к тяжелым последствиям. Раковины или трещина на валу якоря, особенно в случае заклинивания колесной пары, могут привести к излому вала, а плохое качество притирки или слабая посадка на вал шестерни – к ее проворачиванию. Трещины в коллекторных болтах могут привести к их излому, что, в свою очередь, ослабит затяжку коллектора. Прожоги возникают обычно в результате перебросов электрических дуг. В эксплуатации наблюдаются случаи прожогов как металлических элементов якорей, так и их изоляции, например, прожог листов пакета якоря, лобовых вылетов якорной обмотки, бандажей и передних нажимных конусов коллектора. Прожоги весьма опасны, так как часто являются причинами выхода якорей из строя и постановки машин на неплановый ремонт.

Подгары и оплавления чаще всего возникают на коллекторах машин в результате повышенного искрения под щетками или от кругового огня. Подгорают или оплавляются коллекторные пластины, выгорает миканитовая изоляция между ними. Подгары могут возникать и на миканитовых конусах коллекторов при перебросах электрических дуг. От повышенного нагрева, возникающего в якорных обмотках при прохождении по ним больших токов, происходит ухудшение контакта в местах впайки секций обмотки в петушки коллекторных пластин, а иногда и выплавление проводников обмотки из петушков.

Старение изоляции якорей, являющееся процессом длительным, будет

заметно ускоряться в результате возникающих в эксплуатации перегревов, повышенной влажности, воздействия электрического поля. При этом сопротивление изоляции и ее механическая прочность снижаются и в ней могут возникать тепловые и электрические пробой, особенно при значительном повышении напряжения, подводимого к коллектору машин, или при местных перенапряжениях. В результате в обмотках могут возникать короткие замыкания между отдельными витками катушек, между катушками, а также между обмоткой и прилегающими металлическими частями.

Ослабление крепления различных элементов якорей в основном происходит из-за воздействия на них динамических, магнитных, центробежных сил и вибраций. В результате ослабляется посадка коллектора и втулки якоря на валу, сердечника нажимной шайбы на втулке, слабнут болтовые крепления, снижается плотность затяжки коллектора, слабнут, а иногда и лопаются бандажи крепления обмотки в пазах, ослабляется ее клиновое крепление.

Таблица 1.1 – Характерные неисправности якоря тягового электродвигателя НБ-418К6 и методы их устранения

Неисправность, вероятные причины	Метод устранения
<p><b>1.</b> Повышенный износ щеток и сколы щеток. Некачественная обработка рабочей поверхности коллектора, недопустимое биение коллектора, большая выработка коллектора, большой зазор между щетками и окном щеткодержателя, большой зазор между щеткодержателем и рабочей поверхностью коллектора, загрязнен коллектор, повышенное или пониженное нажатие на щетки, выступает межламельная изоляция, сильное искрение под щетками, щетки не соответствуют техническим условиям.</p>	<p>Внимательно осмотреть все щеткодержатели и коллектор. Найти причину повреждения и устранить ее. При необходимости поставить новые щетки, притереть их к рабочей поверхности коллектора.</p>
<p><b>2.</b> Повышенный или неравномерный износ коллектора. Чрезмерное нажатие на щетки, некачественные щетки, неправильная расстановка щеток в осевом направлении, неравномерное нажатие на отдельные щетки, повышенное искрение щеток, вибрация щеток.</p>	<p>Сменить щетки. Проверить нажатие на щетки, расстановку щеток на коллекторе, крепление кронштейнов, установку траверсы на нейтраль.</p>



## 1.2 Составление структурной схемы ремонта якоря тягового электродвигателя НБ-418К6

Структурная схема наглядно отображает процесс ремонта узла, дает возможность проследить за очередностью ремонтных операций и облегчает последующую разработку технологической документации. Структурная схема ремонта якоря тягового двигателя изображена на рисунке 1.

## 1.3 Разработка технологических документов по ремонту якоря тягового электродвигателя НБ-418К6

Маршрутную карту заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104 – 81\*, ГОСТ 3.1105 – 84\*, ГОСТ 3.1119 – 83\*, ГОСТ 3.1120 – 83, используя формы 2 и 1б (ГОСТ 3.1118 – 82).

Технологические документы выполнены в соответствии с Правилами ремонта и опыта Локомотивного депо г. Барановичи.

Информацию в маршрутную карту записывают в нижней части строки, оставляя верхнюю свободной для внесения возможных изменений.

Информацию по каждой операции вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует определенный служебный символ в виде буквы русского алфавита, проставляемый в графе перед номером соответствующей строки листа маршрутной карты.

Служебные символы определяют состав информации, размещаемый в графах данного типа строки листа маршрутной карты.

В случае отсутствия информации по отдельным символам записывают информацию со следующим символом. Информацию всех типов строк, относящуюся к одной операции, записывают в маршрутную карту без пропуска строк.

После записи операции обязателен пропуск строки.

Карту эскизов заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104 –

81\*, ГОСТ 3.1105 – 84\*, ГОСТ 3.1107 – 81, ГОСТ 3.1120 – 83, используя формы 7 и 7а (ГОСТ 3.1105 – 84\*).

Технологическая инструкция содержит описание приемов работ технологических процессов ремонта или изготовления изделий, правил эксплуатации средств технологического оснащения, описание химических или физических явлений возникающих при выполнении отдельных операций.

На карте эскизов помещают графические иллюстрации, таблицы к текстовым документам.

Все документы оформляются на специальных бланках формата А4 и изложены в приложении А.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

### 2.1 Назначение печи

Сушильные печи предназначены для удаления влаги из пор диэлектрических материалов машин, которая способствует их пробою и преждевременному выходу из строя, а также для сушки изоляции после восстановления ее свойств пропиткой электроизоляционными лаками.

В процессе ремонта электрических машин пропитка и сушка изоляции занимают 30-50% общего времени ремонта машины [2]. Основной целью этих технологических процессов является повышение диэлектрической и механической прочности, химической стойкости, теплопроводности, влагостойкости и как общий результат – повышение надежности и долговечности работы изоляции электрических машин.

Различают предварительную сушку изоляции перед пропиткой и сушку после пропитки узлов электрической машины. Предварительная сушка изоляции электрических машин предназначена для удаления влаги, содержащейся в материале изоляции. Во время сушки изоляции при

атмосферном давлении интенсивное удаление влаги происходит при температуре 110 – 130°C.

Для получения максимальной величины электрического сопротивления изоляции и сокращения периода сушки температура нагрева должна быть высокой, но не вызывающей термического разрушения и резкого сокращения сроков службы изоляции.

Промежуточная и окончательная сушка изоляции после пропитки преследует две цели: удаление из лака растворителей и твердение (полимеризация) основы лака. В соответствие с этим сушка делится на две стадии:

- температура медленно поднимается до 70-80°C. Данная температура достаточна для удаления летучих веществ.

- твердение смолы, составляющей основу лака, происходит при температуре 120-200°C – в зависимости от класса изоляции машины.

Режим сушки электрической изоляции обмоток зависит от состава, содержания влаги и ее связи с материалом, от структуры, геометрических размеров и формы изоляции, от массы и теплоёмкости частей электрической машины, а также от требуемого сопротивления изоляции после сушки, режим сушки зависит также от способа нагрева, скорости циркуляции и кратности обмена воздуха в печи.

Сушильные печи должны обеспечивать требуемую технологией пропитки температуру воздуха, для нагрева которого используют электрические и паровые калориферы. Для получения заданной температуры в печи при паровом обогреве необходимо наличие постоянно действующей котельной при давлении насыщенного пара не ниже 80 кПа.

Наиболее удобными в эксплуатации являются печи с электрическим обогревом, воздух в которых нагревается с помощью проволочных нагревательных элементов. Для предотвращения взрыва паров растворителей при сушке обмоток электрических машин электрические нагревательные элементы должны быть изолированы от прямого соприкосновения с

циркулирующим воздухом. Для этого нагревательную спираль размещают в трубу с засыпкой песком и герметизацией торцов трубы. Также в качестве нагревательных элементов могут использоваться трубчатые нагревательные элементы (ТЭН), в которых спираль размещается в металлических герметизированных оболочках.

Циркуляция нагретого воздуха в печи осуществляется вентилятором. Система задвижек печи позволяет регулирование обмена и освежения воздуха с тем, чтобы в начале сушки вся смесь воздуха с растворителями во избежание взрыва могла удаляться наружу, а в дальнейшем после удаления основной массы летучих веществ, для ускорения нагрева и экономии электроэнергии, возможно было бы установить режим замкнутой циркуляции нагретого воздуха с минимально необходимым его освежением.

## 2.2 Расчет и разработка чертежей и схем печи

### Расчет электрических нагревателей

Так как нагрев изделия производится в воздухе, рассчитаем количество тепла, которое необходимо затратить для нагрева изделия. Полезное тепло, идущее на нагрев изделия в печи, определяется по формуле

,

кДж.

Мощность нагревателя определяется по формуле

,

где	1,3	–	коэффициент запаса, учитывающий неучтенные потери тепла;
	$Q_{пол}$	–	расход тепла на нагревание изделия, Дж;
	$t$	–	время нагрева, с; принимаем 1 с.

кВт.

Так как данная печь имеет две ступени регулирования, то для реализации этого в конструкции печи, рассчитанной на работу от сети с рабочим напряжением 380 В, необходим один калорифер. Однако его мощность окажется слишком большой. При такой мощности целесообразнее сконструировать печь, воздух в которой будет нагреваться двумя калориферами. Таким образом, мощность одного из них будет равняться

,

кВт.

Мощность одной фазы калорифера

,

кВт.

Определим диаметр проволоки, необходимый для нагрева объема воздуха для сушки заданного количества якорей и остовов. Для этого, воспользовавшись рисунком 2.2, построим графики зависимостей диаметра проволоки от удельной мощности и диаметра проволоки от скорости воздуха в калорифере.

1- кривая, построенная по зависимостям удельной поверхностной мощности проволоки от мощности фазы калорифера

2- кривая, построенная по зависимостям удельной поверхностной мощности проволоки от скорости обдуваемого воздуха

В точке пересечения двух кривых и будет находиться искомый диаметр проволоки:  $d = 6,25$  мм,  $W_{\text{доп}} = 4$  Вт/см<sup>2</sup>.

По [3] примем стандартный диаметр проволоки  $d = 6,3$  мм, удельная поверхностная мощность  $W_{\text{доп}} = 3,7$  Вт/см<sup>2</sup>.

Длина нагревателя

,

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление нагревателя, Ом·м; при температуре окружающей среды  $t_k = 400$  0С,  $\rho = 1,32$  Ом·мм<sup>2</sup>/м; (материал нагревательного элемента фехраль);

$U$  – напряжение сети, В; по заданию  $U = 380$  В;

$d$  – диаметр проволоки, мм;

$S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>.

,

мм<sup>2</sup>.

м.

Диаметр спирали

$$D = (6 - 8) d,$$

$$D = \text{мм.}$$

Длина витка спирали

$$l_B = \pi D ,$$

$$l_B = \text{м.}$$

Шаг витка проволоки

,

мм.

Количество всех витков спирали

,

шт.

Длина спирали

,

м.

Электрический калорифер обдувается смесью воздуха и паров растворителей, поэтому во избежание взрыва спираль нагревателя должна быть помещена в металлическую трубу с засыпкой песком и герметизацией торцов трубы.

Для получения компактных размеров шахты калорифера трубу со спиралью поделим на  $n = 18$  труб, длина каждой из которых составит

,

м.

Для размещения спирали диаметром мм в заданном количестве труб примем стандартный диаметр каждой такой трубы 57 мм.

Определим живую площадь калорифера

,

где  $V$  – необходимая скорость воздуха в калорифере, м/с;  $V = 8$  м/с.

м<sup>2</sup>.

Расстояние между трубками

,

м.

Ширина калорифера

,

где  $d_{tr}$  – диаметр трубы калорифера с учетом толщины стенок, мм;  
 $d_{tr} = 61$  мм.

мм.

Принимаем окончательно ширина калорифера,  $a = 1,11$  м, длину калорифера равную длине трубки  $b = 1,14$  мм.

Тепловой расчет электронагревательной установки

Определим количество тепла необходимое для нагревания изделия

,

,

Рассчитаем удельные тепловые потери, Вт/м<sup>2</sup>

,

Определим удельные тепловые потери для пола

Вт/м<sup>2</sup>.

Определим удельные тепловые потери для потолка



Вт/м<sup>2</sup>.

Определим удельные тепловые потери для стенок

Вт/м<sup>2</sup>.

Делаем проверку

$t_2 =$  ,

Для пола

$t_{2.1} =$  °С.

Для потолка

$t_{2.2} =$  °С.

Для стенок

$t_{2.3} =$  °С.

Расхождение полученной температуры наружной стенки печи с температурой по заданию составляет менее одного процента, значит, окончательно принимаем толщину пола, потолка и стенок 0,05 , 0,08 и 0,06 м соответственно.

Для определения потерь тепла необходимо найти площади внутренней и внешней поверхности. Внутренняя поверхность печи, как показано на рисунке 2.5, будет определяться размером тележки и размерами узлов тяговых двигателей. По заданию в печи сушатся либо четыре якоря либо два остова, то определяющими размерами будут габариты остовов, т.к. они

занимают большую площадь. На электровозах серии ВЛ80 принимается двигатель НБ-418К6, согласно [4] габаритные размеры остова которого составляют:

- наружный диаметр остова 1045 мм;
- длина остова между торцами поверхностей 955 мм.

С помощью рисунка 2.4 определяем линейные размеры внутренних поверхностей печи.

Длина внутренней поверхности печи, мм

$$A_{вн} = 2 \cdot 50 + 2 \cdot 955 + 100 + 2 \cdot 340 = \text{мм.}$$

$$C_{вн} = 2 \cdot 500 + 2 \cdot 50 + 1045 = \text{мм.}$$

Приняв средний рост работающего 1800 мм, задаемся соответствующей высотой потолков внутри печи;  $V_{вн} = 1800$  мм.

Тогда внутренняя площадь пола найдем по формуле

$$F_{вн1} = C_{вн} A_{вн},$$

$$F_{вн1} = 2,145 \cdot 2,97 = 6,4 \text{ м}^2.$$

Внутренняя площадь потолка будет равна площади пола за вычетом площади отверстия под калорифер

где – внутренняя площадь калорифера, м<sup>2</sup>.

,  
м<sup>2</sup>,  
м<sup>2</sup>.

Внутреннюю площадь боковых стенок определим по формуле

$$F_{вн3} = 2 (B_{вн}A_{вн} + B_{вн}C_{вн}),$$

$$F_{вн3} = 2(1,8 \cdot 2,97 + 1,8 \cdot 2,145) = 18,4 \text{ м}^2.$$

Для определения наружных площадей поверхностей определим наружные размеры печи поверхностей, которые будут отличаться от внутренних на величину толщин теплоизоляционных стен. Схематично это, указано на рисунке 2.6.

Длина наружной поверхности печи мм

$$A_{нар} = A_{вн} + 2\delta_3 ,$$

$$A_{нар} = \text{мм.}$$

Высота наружной поверхности печи, мм

$$B_{нар} = B_{вн} + \delta_1 + \delta_2 ,$$

$$B_{нар} = \text{мм.}$$

Ширина наружной поверхности, мм

$$C_{нар} = C_{вн} + 2\delta_3 ,$$

$$C_{нар} = \text{мм.}$$

Тогда наружная площадь пола найдем по формуле

$$F_{нар1} = C_{нар}A_{нар},$$

$$F_{нар1} = 2,265 \cdot 3,09 = 7,0 \text{ м}^2.$$

Наружная площадь потолка

$$F_{нар2} = F_{нар1} - ,$$

м<sup>2</sup>.

Наружная площадь боковой стенки равна

$$F_{нар3} = 2(B_{нарA_{нар}} + B_{нарC_{нар}}) ,$$

$$F_{нар3} = 2(1,93 \cdot 3,09 + 1,93 \cdot 2,265) = 20,7 \text{ м}^2.$$

Для определения потерь тепла определим площадь среднего слоя поверхности печи, м<sup>2</sup>

Для пола

,

м<sup>2</sup>.

Для потолка

м<sup>2</sup>.

Для боковой стенки

м<sup>2</sup>.

Тогда определяем потери пола печи

Дж.

Тогда потери потолка печи будут равны

Дж.

Потери боковой стенки печи

Дж.

Для определения общих потерь печи определим также потери в калорифере, учитывая, что калорифер отдает тепло только через боковые стенки. Сначала определим площади стенок калорифера. Принимаем, что толщина стенок калорифера равна толщине стенок печи.

Внутренняя высота калорифера будет определяться

,

Наружная высота калорифера будет определяться

,

м.

м.

Внутренняя площадь стенок калорифера

,

м<sup>2</sup>.

Наружная площадь стенок калорифера

м<sup>2</sup>.

Для определения потерь через стенки калорифера определим площадь среднего слоя печи , м<sup>2</sup>

,

м<sup>2</sup>.

Тогда потери в калорифере определяются следующим образом

Дж.

Тогда общие потери будут равняться сумме потерь печи и потерь в двух калориферах

,

кДж.

Уточнение размеров и мощности калорифера

Мощность калорифера можно найти по формуле

,

кДж.

Уточненная мощность нагревателя

кВт.

Уточненная мощность одного калорифера

кВт.

Мощность одной фазы калорифера

кВт.

Определим диаметр проволоки, необходимый для нагрева при уточнённой мощности калорифера. Для этого воспользуемся зависимостями диаметра от удельной мощности, которые приведены в [3]. Новый диаметр проволоки находим в точке пересечения двух кривых:  $d = 5,1$  мм,  $W_{\text{доп}} = 4,0$  Вт/см<sup>2</sup>.

Примем [3] стандартный диаметр проволоки  $d = 5,6$  мм, удельная поверхностная мощность  $W_{\text{доп}} = 2,9$  Вт/см<sup>2</sup>.

Уточненное сечение проводника

мм<sup>2</sup>.

Уточненная длина провода

м.

Уточненный диаметр спирали

$D =$  мм.

Уточненная длина витка спирали

$l_{\text{в}} =$  м.

Уточненный шаг витка проволоки

мм.

Уточненное количество витков

.

Уточненная длина спирали

м.

Уточнённая длина трубки

Принимаем количество трубок  $n = 22$

м.

Тогда расстояние между трубками

м.

Для размещения спирали диаметром мм в заданном количестве труб примем стандартный диаметр каждой такой трубы 40 мм.

Уточнённая ширина калорифера

м.

Окончательно принимаем длину калорифера равную длине трубки,  $b =$  м; ширина калорифера,  $a =$  м.

Электрокалорифер и его уточненные геометрические размеры представлены на рисунке 2.7.

Аэродинамический расчет печи

Для выбора электродвигателя вентилятора калорифера при заданной производительности необходимо определить потерю напора на всех участках воздухопровода печи. На рисунке 2.8 показаны отдельные участки аэродинамического расчета, указаны их длины.

Определим диаметр воздухопровода, м



Скорость воздуха в воздухопроводе выразим из формулы (2.39)

$0,93$  ,

где  $L$  – производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/с;

$V$  – скорость воздуха, м/с.

м.

Принимаем воздухопровод круглого сечения диаметром 400мм<sup>2</sup>.

Потеря давления, Па, на каждом аэродинамическом участке печи определяется по формуле

,

где  $l$  – длина соответствующего участка воздухопровода, м; принимаем по аэродинамической схеме печи, изображенной на рисунке 2.8.

$\lambda$  – коэффициент сопротивления трения,  $\lambda = 0,02$  ;

$d$  – диаметр воздухопровода, мм;

$\zeta$  – коэффициент местного сопротивления ;

$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость воздуха, м/с.

В случае если сечение имеет прямоугольную форму, то его эквивалентный диаметр определяется по формуле

,

где  $a$  – ширина сечения, мм;

$b$  – высота сечения, мм.

Рассчитаем коэффициенты местного сопротивления отдельно для

участков и полученные значения заносим в таблицу 2.1.

На первом участке коэффициент местного сопротивления не определяется, так, как для калориферов потери давления по воздуху определяют по паспортам, а не при помощи коэффициента местного сопротивления. Тогда принимаем для трёхрядных калориферов по таблице 1.24 [5]  $\Delta P = 47,5$  Па. Но с учётом, что стоит два калорифера то  $\Delta P = 28,5 \cdot 2 = 95,0$  Па.

На втором участке имеет место коэффициент местного сопротивления при входе воздуха в пространство с большей площадью

,

где  $k_{см}$  – коэффициент смягчения, определяемый опытным путём,  $k_{см} = 1$ ;

$f$  – площадь пространства из которого воздух выходит, м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь пространства в которое воздух входит, м<sup>2</sup>.

.

На третьем участке имеет место коэффициент местного сопротивления при входе воздуха в пространство с большей площадью и поворот на 90°. Коэффициент местного сопротивления при повороте на 90°  $\zeta_3 = 1,2$  [таблица 1-15 [5]] .

.

На четвёртом участке имеет место коэффициент местного сопротивления при входе воздуха в пространство с меньшей площадью

.

На пятом участке воздуховод в пространстве дважды изгибается под углом 90°. То есть коэффициент местного сопротивления на этом участке равен  $\zeta_5 = 2,4$ .

На шестом участке имеет место коэффициент местного сопротивления при повороте воздуховода на 90° и при выбросе воздуха из воздуховода выбранной формы. В нашем случае он равен  $\zeta_6 = 3,5 + 1,2 = 4,7$ .

На седьмом участке идет всасывание воздуха в систему. То есть  $\zeta_7 = 2,7$ .

На восьмом участке, как показано на рисунке 2.9, располагается конический коллектор, соединяющий всасывающую часть воздуховода и подогреватель воздуха. Согласно таблице 2.1 коэффициент местного сопротивления при следующих параметрах коллектора: относительной длине и угле раскрытия конуса  $\varphi = 120^\circ$  – составляет  $\zeta_8 = 0,3$ .

На девятом участке располагается подогреватель воздуха, конструкция которого изображена на рисунке 2.10. Девятый участок аналогичен первому и рассчитывается как двухрядный калорифер. То есть  $\Delta P_9 = 57,0$  Па.

Живое сечение подогревателя воздуха и калорифера практически совпадают. Следовательно, потеря давления при их смене не будет.

К десятому участку относятся два конических коллектора, которые расположены на входе и выходе выбрасывающей трубы из подогревателя воздуха. Коэффициент местного сопротивления будет равен сумме  $\zeta_{10} = 0,3 + 0,3 = 0,6$ .

На одиннадцатом участке имеет место коэффициент сопротивления при входе потока в участок с меньшей площадью и выход потока обратно в участок с прежней площадью.

Далее по заданной производительности вентилятора и по суммарной потере напора по [5] выбираем тип и номер вентилятора в зависимости от скорости его вращения. Принимаем вентилятор Ц4–70 №5, с характеристиками:

Расчет привода вентилятора

Мощность электродвигателя вентилятора определяется по формуле

,

где  $H$  – полный напор, Па, по [5]  $H = 595$  Па ;

$\eta_v$  – КПД вентилятора по [5]  $\eta_v = 0,73$  ;

$\eta_p$  – КПД передачи, принимаем  $\eta_p = 0,96$  .

кВт.

Найденную мощность необходимо увеличить на 100%, так как она не превышает 1 кВт. То есть  $P = 1,4$  кВт.

По найденной мощности электродвигателя скорости вращения вентилятора по [5] выбираем электродвигатель взрывобезопасного исполнения ВАО мощностью 1500 Вт, и скоростью вращения 1420 об/мин.

Расчет привода тележки

Расчет тележки и ее приводного механизма начинаем с выбора сечения рамы тележки.

На рисунках 2.11 и 2.12 изображены конструкция тележки, расположение швеллеров и распределение веса по несущим балкам тележки от двух остовов и четырех якорей соответственно.

Вес одного остова можно определить следующим образом

$$F_{\text{ост}} = 9,8G_{\text{ост}},$$

где  $G_{\text{ост}}$  – масса остова тягового двигателя НБ – 418К6 в сборе,

$G_{\text{ост}} = 2350$  кг [4].

$$F_{\text{ост}} = 9,8 \cdot 2350 = 23030 \text{ Н.}$$

Соответственно вес одного якоря

$$F_{\text{я}} = 9,8G_{\text{я}},$$

где  $G_{\text{я}}$  – масса якоря двигателя НБ – 418К6,  $G_{\text{я}} = 1344$  кг.

$$F_{\text{я}} = 9,8 \cdot 1344 = 13200 \text{ Н.}$$

Для выбора размера швеллера необходимо определить опасное сечение балок тележки и найти в них изгибающий момент. На рисунке 2.13 и 2.14 построены эпюры поперечных сил и изгибающих моментов от веса двух остовов и четырех якорей соответственно. Видно, что опасное сечение в обоих случаях находится в центре балки тележки. При расположении на тележке четырех якорей изгибающий момент в нем составляет 4,4 кН·м. Однако в случае сушки двух остовов значение момента в опасном сечении достигает 7,92 кН·м. Следовательно, за максимальный момент  $M_{\text{max}}$ , используемый при выборе сечения, принимаем  $M_{\text{max}} = 5,22$  кН·м .

Проектировочный расчет балок базируется на основном условии прочности  $\sigma_{\text{max}} = M_{\text{max}} / W_{\text{сеч}} \leq [\sigma]$ ,

Из условия (2.48) определяем величину расчетного момента сопротивления искомого сечения

$$W_{\text{сеч}} = M_{\text{max}} / [\sigma],$$

На основании рассчитанного момента сопротивления по [7] выбираем швеллер №12 со следующими параметрами

-высота швеллера	$h = 120$ мм;
-ширина полки	$b = 52$ мм;
-момент сопротивления	$W_{\text{сеч}} = 50,6$ м <sup>3</sup> ;
-масса 1 метра	$m_{\text{шв}} = 10,4$ кг.

На рисунке 2.15 изображены линейные размеры тележки, зная которые можно определить общую длину всех швеллеров, из которых сварена тележка, а, следовательно, и массу рамы тележки. По рисунку 2.12 определяем общую длину всех швеллеров

$$L_{шв} = 2,07 \cdot 2 + 1,053 \cdot 3 + 1000 \cdot 2 = 9,3 \text{ м.}$$

Тогда масса рамы тележки определится произведением

$$m_{рам} = L_{шв} t_{шв},$$

$$m_{рам} = 9,3 \cdot 10,4 = 96,7 \text{ кг.}$$

Усилия от балок тележки передаются на оси колесных пар. На рисунке 2.16 изображена одна ось с действующими на нее усилиями и эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

По (2.49) определяем осевой момент сечения оси

.

С другой стороны осевой момент круглого сечения, диаметром  $D$ , равен

.

Откуда диаметр расчетного сечения

,

.

Зная диаметр и длину стальной оси, можно по следующей формуле определить ее массу

,

.

Соответственно масса двух осей

.

На оси тележки напрессованы колеса, массу которых можно принять в размере 100% от массы оси. Тогда общая масса всей тележки определится суммой

,

.

Выбор электродвигателя для привода тележки печи основан на условии его механической перегрузки, так как он работает при повторно-кратковременной нагрузке. Статическая мощность электродвигателя для передвижения тележки определяется по формуле

,

кВт.

Электродвигатель привода тележки работает в кратковременном режиме. В этом случае расчетная мощность двигателя определяется условиями механической перегрузки

,

где  $K_{м1}$  – коэффициент допустимой механической перегрузки,  $K_{м1} = 1,8$ .

кВт.

По [3] принимаем электродвигатель взрывобезопасного исполнения ВАО с параметрами  $K_M = 2,2$  ,  $K_P = 2,0$  ,  $n_n = 1000$  об/мин,  $P_n = 1,5$  кВт.

Номинальный момент выбранного двигателя, Н·м

**Ошибка! Закладка не определена.,**

где  $P_n$  – номинальная мощность выбранного электродвигателя, кВт;

$n_n$  – номинальная скорость вращения выбранного электродвигателя, об/мин.

**Ошибка! Закладка не определена. Н·м.**

Максимальный момент выбранного электродвигателя с учётом возможного снижения напряжения, Н·м

,

где  $K_M$  – кратность максимального момента.

Н·м.

Пусковой момент выбранного электродвигателя, Н·м

,

где  $K_P$  – кратность пускового момента.

Н·м.



Момент сопротивления механизма передвижения тележки, Н·м

**Ошибка! Закладка не определена.,**

где  $P_{ст}$  – статическая мощность для привода тележки, кВт;  
 $n_c$  – скорость вращения механизма, об/мин,  $n_c = 1000$  об/мин.

**Ошибка! Закладка не определена. Н·м.**

Так как пусковой и максимальный моменты принятого двигателя больше статического момента механизма, то электродвигатель удовлетворяет условиям проверки.

Следующим этапом расчета механизма привода тележки является выбор редуктора. При необходимости снижения скорости в подъемно-транспортных механизмах, работающих в повторно-кратковременном режиме работы, рекомендуется применять червячные редукторы, которые обеспечивают плавность и бесшумность работы, выдерживая нормы по КПД.

Если принять, что на выходном валу редуктора будет напрессован барабан диаметром  $D = 0,1$  м, то частота вращения вала при заданной линейной скорости тележки определится следующим образом

,

об/мин.

Тогда передаточное отношение редуктора

,

где  $n_1$  – частота вращения входного вала, об/мин;

$$n_1 = n_n = 1000 \text{ об/мин.}$$

По передаточному отношению и мощности на входном валу, которая равняется мощности выбранного электродвигателя, в соответствии с [8] выбираем редуктор РГУ-80 с передаточным отношением  $u = 35$  и мощностью  $N_p = 1,7$  кВт.

Расчет привода двери печи

На рисунке 2.17 изображен поперечный разрез двери печи. Геометрические размеры двери печи представлены на рисунке 2.5. Определим массу двери.

В соответствии с [7] выбираем швеллер № 6,5, масса одного метра которого равна 5,9 кг. Тогда по (50) масса двух швеллеров длиной 1,93 м

$$m_{швд} = 2 \cdot 1,93 \cdot 5,9 = 22,8 \text{ кг.}$$

Масса двух стальных листов определится формулой

$$m_{ст} = V_{рст},$$

Массу вулканита примем равной 10% от общей массы швеллеров и стальных листов. Тогда полная масса двери

$$m_{дв} = 22,8 + 195 + (22,8 + 195) \cdot 0,1 = 239,6 \text{ кг.}$$

Электродвигатель привода двери также работает в кратковременном режиме. Статическая мощность электродвигателя определяется по формуле

где  $G$  – сила тяжести поднимаемой двери,  $G = 2348,1$  Н;

$V_H$  – скорость подъёма груза,  $V_H = 0,2$  м/с;

$\eta$  – КПД механизма подъёма,  $\eta = 0,96$  .

кВт.

Расчётная мощность электродвигателя, кВт

кВт.

Принятый электродвигатель проверяется, исходя из механической перегрузки и пусковых условий  $K_M = 2,1$  ,  $K_P = 2$  ,  $n_H = 1500$  об/мин,

$P_H = 0,4$  кВт.

Номинальный момент выбранного двигателя, Н·м

**Ошибка! Закладка не определена.,**

где  $P_H$  – номинальная мощность выбранного электродвигателя, кВт;

$n_H$  – номинальная скорость вращения выбранного электродвигателя, об/мин.

**Ошибка! Закладка не определена. Н·м.**

Максимальный момент выбранного электродвигателя с учётом возможного снижения напряжения, Н·м

,

где  $K_M$  – кратность максимального момента.

Н·м.

Пусковой момент выбранного электродвигателя, Н·м

,

где  $K_p$  – кратность пускового момента.

Н·м.

Момент сопротивления механизма передвижения тележки, Н·м

**Ошибка! Закладка не определена.,**

где  $P_{ст}$  – статическая мощность для привода тележки, кВт;

$n_c$  – скорость вращения механизма, об/мин,  $n_c = 1500$  об/мин.

**Ошибка! Закладка не определена. Н·м.**

Выбранный электродвигатель удовлетворяет условиям пусковой и максимальной перегрузки, значит, он выбран верно.

На выходном валу редуктора напрессованы звездочки диаметром  $D = 0,08$  м. Частота вращения вала при заданной линейной скорости подъема двери определится по формуле (2.60)

об/мин.

Тогда передаточное отношение редуктора

,

где  $n_3$  – частота вращения входного вала, об/мин;

$$n_3 = n_n = 1500 \text{ об/мин.}$$

По передаточному отношению и мощности на входном валу, которая равняется мощности выбранного электродвигателя, в соответствии с [8] выбираем редуктор РЧ-0 с передаточным отношением  $u = 32$  и мощностью  $N_p = 0,55$  кВт.

Разработка электрической принципиальной схемы печи для сушки электродвигателей

При составлении принципиальной электрической схемы печи необходимо учесть следующие требования и ограничения:

- а) электрическая схема должна обеспечивать возможность ступенчатого автоматического и ручного регулирования температуры в печи;
- б) вентилятор печи должен включаться только при закрытых дверях печи;
- в) электрические калориферы могут быть включены в сеть только после включения вентилятора, чтобы не пережечь нагревательные элементы в отсутствие потока воздуха в калорифере;
- г) перемещение тележки в печь и из печи должно быть возможным только в случае нахождения двери печи в крайнем верхнем положении (дверь полностью открыта);
- д) подъем и опускание двери печи возможны только при нахождении тележки в двух крайних положениях: в печи и полностью выведенной из печи;
- е) при достижении тележкой двух крайних положений электродвигатель тележки должен автоматически отключаться от сети;
- ж) электродвигатели вентилятора, тележки и двери должны быть снабжены защитой от токов короткого замыкания и перегрузки;

з) электродвигатели тележки и двери должны быть снабжены реверсивными пускателями;

и) нагревательные элементы электрокалорифера должны быть обеспечены защитой от токов короткого замыкания;

к) должна быть обеспечена световая сигнализация о наличии напряжения в трехфазной сети;

л) должна быть предусмотрена возможность перехода с автоматического регулирования температуры в печи на ручное регулирование.

Требование п.п. а) может обеспечиваться переключением нагревателей со звезды на треугольник и выключением части секций калорифера. Автоматизация процесса нагрева обеспечивается введением в электрическую схему регуляторов температуры.

Требования п.п. а), г), д), е) обеспечивается введением в электрическую схему конечных выключателей.

Требование п.п. б) обеспечивается вспомогательными контактами магнитного пускателя электродвигателя вентилятора.

Защита электродвигателей от перегрузки обеспечивается при помощи электротепловых реле, которые вмонтированы в магнитные пускатели.

Защита электродвигателей и электронагревателей от токов короткого замыкания обеспечивается плавкими предохранителями.

Реверсирование электродвигателей производится применением двух нереверсивных магнитных пускателей.

Для сигнализации наличия напряжения в трех фазах питающей линии между фазами питающей линии включают электрические сигнальные лампы.

В электрической схеме предусмотрен разъединитель для снятия напряжения со всей схемы в случае необходимости ремонта или ревизии всей установки.

Принципиальная электрическая схема вычерчена с соблюдением стандартов ЕСКД, а именно ГОСТ 2.722-75\*, ГОСТ 2.745-75\*, ГОСТ 2.702-

75\* и др. Представлена на листе 2 графической части дипломного проекта. В правой части листа над основной надписью приведен перечень элементов схемы.

Выбор элементов силовой цепи и цепи управления для двигателя вентилятора

Кабель выбираем по экономической плотности тока либо по рабочему току.

Рабочий ток двигателя

,

А.

По рабочему току соответствует кабель марки ВМБ с сечением токоведущей жилы 1,5 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 20 А.

Сечение кабеля по экономической плотности тока

,

где  $j_{эк}$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;  $j_{эк} = 2$  А/мм<sup>2</sup>.

мм<sup>2</sup>.

Так как по нагревательному действию тока сечение кабеля совпадает с экономическим сечением, тогда окончательно принимаем кабель ВМБ с сечением токоведущей жилы 1,5 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 20 А.

Выбираем магнитный пускатель ПМЕ 124 с тепловым реле ТРН-8 с предельной мощностью двигателя 4 кВт и номинальным током  $I_{ном} = 10$  А, с защищенным исполнением, с потребляемым током катушки 0,06 А и напряжением 380 В.

По рабочему току катушки пускателя выбираем кнопку управления

КУВ-2 с числом кнопочных элементов 2, взрывобезопасного исполнения.

Выбор предохранителей производим по пиковому току

,

А.

Выбираем плавкие предохранители ПР-2 с номинальным напряжением 380 В, номинальным током предохранителя 15 А и номинальным током плавкой вставки 10 А.

Выбор плавких предохранителей для цепи управления производим по длительному действию тока, т.е.  $I_{дл} = I_{квент}$ ,  $I_{дл} = A$ ,  $I_{в} \geq I_{дл}$ . Выбираем плавкие предохранители ПК-45 с номинальным током плавкой вставки  $I_{в} \geq 0,5 A$ .

Выбор элементов силовой цепи и цепи управления для двигателя перемещения тележки

Расчет кабеля ведем по рабочему току.

,

А.

По рабочему току принимаем кабель марки ВМБ с сечением токоведущей жилы 1,5 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 20 А.

Сечение кабеля по экономической плотности тока

мм<sup>2</sup>.

Окончательно принимаем кабель ВМБ с сечением токоведущей жилы 1,5 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 20 А.

Выбираем магнитный пускатель ПМЕ 124 с тепловым реле ТРН-8 с предельной мощностью двигателя 4 кВт и номинальным током  $I_{ном} = 10 A$ , с защищенным исполнением, числом замыкающих контактов 2 и



размыкающих 2.

Выбираем кнопку управления типа КУВ-3 с числом кнопочных элементов 3 («вправо», «влево», «стоп»), продолжительным током 2,5 – 10 А, взрывобезопасного исполнения.

Выбор предохранителей производим по пиковому току

,

А.

Выбираем плавкие предохранители ПР-2 с номинальным напряжением 380 В, номинальным током предохранителя 15 А и номинальным током плавкой вставки 10 А.

Выбор плавких предохранителей для цепи управления производим по длительному действию тока, т.е.  $I_{дл} = I_{к\text{тел}}$ ,  $I_{дл} = А$ ,  $I_{в} \geq I_{дл}$ . Выбираем плавкие предохранители ПК-45 с номинальным током плавкой вставки  $I_{в} \geq 0,5 А$ .

Выбор элементов силовой цепи и цепи управления для двигателя поднятия двери

Расчет кабеля ведем по рабочему току.

,

А.

По условию нагревательному действию тока принимаем кабель марки ВМБ с сечением токоведущей жилы 1,5 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 20 А.

Сечение кабеля по экономической плотности тока

мм<sup>2</sup>.

Окончательно принимаем кабель ВМБ с сечением токоведущей жилы

1,5 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 20 А.

Выбираем магнитный пускатель ПМЕ 124 с тепловым реле ТРН-8 с предельной мощностью двигателя 4 кВт и номинальным током  $I_{ном} = 10$  А, с защищенным исполнением, числом замыкающих контактов 2 и размыкающих 2.

Выбираем кнопку управления типа КУВ-3 с числом кнопочных элементов 3 («вверх», «вниз», «стоп»), продолжительным током 2,5 – 10 А, взрывобезопасного исполнения.

Выбор предохранителей производим по номинальному току плавкой вставки

,

А.

Выбираем плавкие предохранители ПР-2 с номинальным напряжением 380 В, номинальным током предохранителя 15 А и номинальным током плавкой вставки 6 А.

Выбор плавких предохранителей для цепи управления производим по длительному действию тока, т.е.  $I_{дл} = I_{кдв}$ ,  $I_{дл} =$  А,  $I_{в} \geq I_{дл}$ . Выбираем плавкие предохранители ПК-45 с номинальным током плавкой вставки  $I_{в} \geq 0,5$  А.

Выбор элементов силовой цепи и цепи управления для схемы калорифера

Рабочий ток двигателя

,

А.

По рабочему току соответствует кабель марки ВРГ с сечением токоведущей жилы 10 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 70 А.

Сечение кабеля по экономической плотности тока

,

мм<sup>2</sup>.

Окончательно принимаем кабель ВМБ с сечением токоведущей 35 мм<sup>2</sup> и токовой нагрузки 150 А.

По рабочему току одного калорифера  $I_{p1} = 63,2$  А и напряжению  $U = 380$  В выбираем электромагнитные трехполюсные контакторы с гашением дуги, марки КТ-7223 с  $I_{доп} = 100$  А и напряжением  $U = 380$  В.

Выбор плавких предохранителей производим по рабочему току, то есть  $I_{дл} = I_{рк}$ ,  $I_{дл} = 63,2$  А,  $I_{в} \geq I_{дл}$ . Выбираем плавкие предохранители ПН-2 с номинальным напряжением 380 В, номинальным током плавкой вставки 100 А.

Выбираем промежуточные реле КР1 и КР2 типа ПМ12-004220 с номинальным напряжением до 600 В, длительно допустимым током 4 А, с двумя замыкающими и двумя размыкающими контактами.

Выбор плавких предохранителей для цепи управления производим по длительному действию тока, т.е.  $I_{дл} = I_{кк}$ . Самое большое потребление тока в цепи управления калорифером происходит в начальный момент, когда работают катушки четырех контакторов и катушки двух реле, тогда их суммарный ток

,

где  $I_{к1}$  – ток, потребляемый катушкой контактора, А;  $I_{к1} = 0,98$  А;  
 $I_{к2}$  – ток, потребляемый катушкой реле, А;  $I_{к2} = 0,3$  А.

А.

Тогда  $I_{дл} = 4,52 \text{ А}$ ,  $I_{в} \geq I_{дл}$ . Выбираем плавкие предохранители ПР-2 с номинальным током плавкой вставки  $I_{в} \geq 6 \text{ А}$ .

В качестве кнопок управления принимаем КУВ-2, с числом кнопочных элементов – 2 и продолжительным током 2,5 – 10 А.

Выбор ограничивающих резисторов и ламп цепи сигнализации

Предусматриваем лампочки для сигнализации о наличии напряжения в трех фазной цепи. Выбираем лампы со следующими параметрами:  $U_{л} = 26 \text{ В}$ ,  $I_{л} = 0,12 \text{ А}$ . Для подключения этих ламп в трехфазную сеть необходимо предусмотреть ограничивающие резисторы. Номинальную величину ограничивающего резистора рассчитаем по формуле

,

где  $U_{\max}$  – максимальное напряжение в сети, В;  $U_{\max} = 400 \text{ В}$ .

Ом.

Для увеличения срока службы лампы нужно снизить на ней напряжение, увеличив ограничивающее сопротивление резистора.  $R_p = 3200 \text{ Ом}$ . Выбираем резистор ПЭВ-50,  $I_n = 50 \text{ А}$ .

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ

#### 3.1 Назначение электромашинного отделения

Перевозка грузов и пассажиров локомотивами должна быть, прежде всего, безопасной, своевременной и комфортной. Этого можно достичь только при наличии технически исправного (работоспособного) подвижного состава. Однако в процессе эксплуатации состояние электровозов ухудшается вследствие износа, нарушения регулировки, ослабления крепления, внезапных поломок и аварий и так далее. Для предупреждения преждевременного износа и нарастания потока отказов локомотивов в нашей республике создана система планово-предупредительных ремонтов, в соответствии с которой электровозы поступают в работоспособном состоянии в ремонтные цеха депо по заранее установленному плану.

Электромашинное отделение служит для ремонта тяговых двигателей и вспомогательных электрических машин электровозов. Для качественного ремонта двигателей отделение должно быть обеспечено соответствующим оборудованием, правильно расположенным по периметру. Также на качество ремонта оказывает влияние квалификация работающего персонала, грамотная организация и управление со стороны руководства.

#### 3.2 Режим работы электромашинного отделения и расчет фондов рабочего времени

Режим работы электромашинного отделения определяем как пятидневную рабочую неделю. Принимаем односменный рабочий день. Продолжительность смены 8 часов. Время работы с 800 до 1700. Перерыв на обед с 1200 до 1300.

$$\Phi_{\text{яр}} = D_{\text{п}} t_{\text{п}} + D' t',$$

где  $D_{\text{п}}$  – число полных рабочих дней в году; для 2007 года составляет 245 дней;

$t_{\text{п}}$  – продолжительность полного рабочего дня, ч;  $t_{\text{п}} = 8$  ч;

$D'$  – число предпраздничных дней, несовпадающих с общими выходными (для 2007 года  $D' = 8$  дней);

$t'$  – продолжительность предпраздничного дня, ч;  $t' = 7$  ч.

$$\Phi_{\text{п}}^{\text{я}} = 245 \cdot 8 + 8 \cdot 7 = 2016 \text{ ч.}$$

Годовой эффективный фонд времени работников списочного контингента

$$\Phi_{\text{спр}} = (\Phi_{\text{яр}} - D_{\text{о}} t_{\text{п}}) \alpha,$$

где  $D_{\text{о}}$  – количество дней отпуска;  $D_{\text{о}} = 25$  дней;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий невыход на работу по уважительной причине;  $\alpha = 0,95$ .

$$\Phi_{\text{п}}^{\text{сп}} = (2016 - 25 \cdot 8) \cdot 0,95 = 1729 \text{ ч/год.}$$

Годовой фонд работы оборудования

$$\Phi_{\text{о}} = \Phi_{\text{яр}} S_{\text{см}} \alpha_{\text{р}},$$

где  $S_{\text{см}}$  – число смен, принимаем  $S_{\text{см}} = 1$ ;

$\alpha_{\text{р}}$  – коэффициент, учитывающий простой оборудования в плановом ремонте;  $\alpha_{\text{р}} = 0,98$ .

$$\Phi_0 = 2016 \cdot 1 \cdot 0,98 = 1980 \text{ агрегато-ч/год.}$$

Таким образом, фонд работы оборудования составляет 1980 агрегато-ч/год.

### 3.3 Выбор формы организации производства

Форма организации производства – это порядок перемещения предметов труда в производственном процессе по рабочим местам (позициям). Каждая форма организации соответствует определенному типу производства.

В нашем случае целесообразным является применение прямоточной формы организации производства. Прямоточная форма характеризуется расположением рабочих мест в порядке закрепленных за ними технологических операций. Ремонтируемые единицы передаются поштучно, но время выполнения отдельных операций не всегда одинаково, то есть синхронизация времени операций имеет место не на всех участках линии. Поэтому около рабочих мест, на которых время выполнения операций больше такта, создаются заделы деталей.

### 3.4 Разработка графика процесса ремонта основной продукции и графика загрузки рабочих

Организация процесса ремонта сложных сборочных единиц осуществляется на основе технологического графика, выполняемого по линейному или сетевому принципу.

При разработке технологических графиков используют технически обоснованные нормы времени, действующие карты технологического процесса.

В данном дипломном проекте, основываясь на таблицу 3.1, представлен линейный график работы электромашинного отделения по циклу ТР-3 и график загрузки рабочих, представляющий собой эпюру потребности трудовых ресурсов (лист 3 графической части).

### 3.5 Определение оборотного запаса сборочных единиц электромашинного отделения

Норма простоя локомотива на ТР - 3 составляет 7 суток [1]. Для соблюдения необходимых норм простоя локомотива при проведении ремонтных работ в объеме ТР-3 необходимо создание оборотного запаса тяговых электродвигателей.

Оборотный фонд запасных деталей и узлов

$$O_3 = \Gamma_3 + C_3,$$

где  $\Gamma_3$  – технологический запас;

$C_3$  – страховой запас.

$$\Gamma_3 = \frac{(T_1 - T_2) \Pi_i \cdot p}{260},$$

где  $T_1$  – период от момента снятия агрегата с электровоза до окончания ремонта;

$T_2$  – период от снятия агрегата с электровоза до момента монтажа;

$p$  - число тяговых электродвигателей на секции.

$$\Gamma_3 = \frac{(5 - 4) \cdot 70 \cdot 4}{260} = 1,08 \text{ дв.}$$



Размещено на <http://www.allbest.ru/>

Тогда страховой запас запасных деталей и узлов

$$C_3 = 0,2 \frac{T_1 \Pi_i \cdot 4}{260} ;$$

$$C_3 = 0,2 \cdot \frac{5 \cdot 70 \cdot 4}{260} = 1,08 \text{ дв.}$$

Таким образом, оборотный фонд запасных деталей и узлов

$$O_3 = 1,08 + 1,08 = 2,16 \text{ дв.}$$

Следовательно, оборотный фонд составляет 2,16 тяговых электродвигателей.

### 3.6 Расчет трудоемкости производственной программы

Трудоемкость годовой программы ремонта секций электровоза

$$q_{\Sigma} = \sum q_i \Pi_i,$$

где  $q_i$  – трудоемкость ремонта  $i$ -го изделия цикла ТР-3, чел. · ч/секция, взята по опыту депо Барановичи и представляем в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Трудоемкость текущего ремонта ТР-3 секции электровоза ВЛ-80с по электромашинному отделению

Наименование работ выполняемых в объеме ТР-3	Разряд	Условия работы	Трудоёмкость, чел. · ч/секцию
Расщепитель фаз НБ 455А снять и поставить	4	2	2,07
Расщепитель фаз разобрать, восстановить, собрать	5	3	3,27
Тяговый электродвигатель разобрать, восстановить, собрать	5	3	111,00
Тяговый электродвигатель – палец кронштейна щеткодержателя отремонтировать	4	3	5,28
Тяговый электродвигатель – щеткодержатель разобрать, восстановить, собрать	4	2	12,72
Электродвигатель вентилятора АЭ-92-4 разобрать, восстановить, собрать	5	3	14,70
Электродвигатель вентилятора АЭ-92-4 с двумя центробежными вентиляторами снять и поставить	4	2	3,06
Электронасос ЭЦТ-63/10 снять и поставить	4	2	0,57
Вентилятор разобрать, собрать, зазоры отрегулировать	5	2	2,00
Шунт индуктивный ИШ-84 или ИШ-95 снять и поставить	4	3	2,68
Шунт индуктивный ИШ-84 или ИШ-95 разобрать, восстановить, собрать	4	3	5,92
Тяговый электродвигатель – якорь динамически отбалансировать	8	2	9,52
Крыльчатку мотора вентилятора отбалансировать	8	2	3,20
Электродвигатель компрессора отремонтировать	7	2	0,57
Электронасос ЭЦТ-63/10 разобрать, восстановить, собрать	5	3	1,92
Реактор переходной ПРА-3А разобрать, восстановить, собрать	4	3	3,66
Реактор сглаживающий РС-32 снять и поставить	4	2	1,60
Реактор сглаживающий РС-32 отремонтировать	4	3	2,94
Электродвигатель вентилятора АЭ-92-4 с двумя вентиляторами разобрать, восстановить, собрать	5	3	11,46
Электродвигатель вентилятора АЭ-92-4 – ротор динамически отбалансировать	8	2	1,80

Электродвигатель вентилятора АЭ-92-4 снять и поставить	4	2	3,57
Итого:			203,61

Таким образом, трудоемкость годовой программы ремонта цикла ТР-3 по электромашинному отделению составляет

$$q_{\Sigma} = 203,61 \cdot 70 = 14252,7 \text{ чел.} \cdot \text{ч.}$$

Трудоемкость ремонта тяговых электродвигателей цикла ТР-3

$$q_{\Sigma} = (111 + 5,28 + 12,72 + 9,52) \cdot 70 = 9696,4 \text{ чел.} \cdot \text{ч/год.}$$

### 3.7 Определение необходимого оборудования. Составление ведомости оборудования

При организации ремонтного производства в современных депо предусматривается узкая специализация рабочих мест, оснащенных механизмами, инструментами и приспособлениями, позволяющими снизить трудоемкость ремонта. Определение номенклатуры и количества специализированного и специального технологического оборудования электромашинного отделения производится с учетом технологического процесса ремонта электрических машин.

Количество необходимого оборудования определяется формулой

,

Тогда количество бандажировочных станков по формуле (3.8) будет равно

ед.

Принимаем один бандажировочный станок.

Аналогично рассчитывается количество остального технологического оборудования. В таблице 3.2 представлено оборудование проектируемого электромашинного отделения, его количество, габаритные размеры, потребляемая мощность, а также позиция на плане отделения, изображенного на листе 4 графической части дипломного проекта.

### 3.8 Расчет работников отделения

Явочный контингент работников, работающих в электромашинном отделении (ТР-3)

$$A_{\text{я}} = \frac{q_{\Sigma}}{\Phi_{\text{р}}^{\text{я}}},$$

Подставляя численные значения, получаем для всего отделения

$$A_{\text{я}} = \frac{14252,7}{2016} = 7,07 \text{ чел.}$$

Принимаем  $A_{\text{я}} = 7$  человек.

Списочный контингент работников в электромашинном отделении (ТР-3)

$$A_{\text{сп}} = \frac{q_{\Sigma}}{\Phi_{\text{р}}^{\text{сп}}},$$

Подставляя численные значения, получаем

$$A_{\text{сп}} = \frac{14252,7}{1729} = 8,2 \text{ чел.}$$

Принимаем списочное количество работников (ТР-3)  $A_{\text{сп}} = 8$  человек.

### 3.9 Определение площади и размеров отделения

Размеры электромашинного отделения определяем, исходя из стандартных размеров участков и условия размещения в них ремонтируемых сборочных единиц и ремонтного оборудования с учетом проходов, расстояний от оборудования до стен, проездов, установок передаточных тележек и грузоподъемных кранов.

Ширину отделения принимаем  $b = 12$  м, длину  $a$ , кратную расстоянию между опорными колоннами, определяем после расстановки оборудования. В соответствии с планом отделения, представленном на листе 4 графической части дипломного проекта,  $a = 54$  м.

Площадь отделения, м<sup>2</sup>

$$S = ab,$$

$$S = 54 \cdot 12 = 648 \text{ м}^2.$$

Полученное значение площади отделения используется в дальнейшем для определения энергетических затрат на освещение.

### 3.10 Расчет расхода энергетических ресурсов

Расход электроэнергии на работу технологического оборудования

$$P_{об} = \Sigma P_{уст} \Phi \eta_z \eta_{од} ,$$

где	$\Sigma P_{уст}$	–	суммарная мощность оборудования отделения, кВт; по таблице 3.2 $\Sigma P_{уст} = 545,6$ кВт;
	$\eta_z$	–	коэффициент загрузки оборудования; принимаем $\eta_z = 0,75$ ;
	$\eta_{од}$	–	коэффициент одновременной работы оборудования; принимаем $\eta_{од} = 0,27$ .

$$P_{об} = 545,6 \cdot 1980 \cdot 0,75 \cdot 0,27 = 218758,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Размещено на <http://www.allbest.ru/>

Расход электроэнергии на освещение электромашинного отделения



$$P_{oc} = T_{oc}WS,$$

$$P_{oc} = 3200 \cdot 0,018 \cdot 648 = 37324,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Расчет расхода других энергоресурсов сводим в таблицу 3.3.

Годовой расход используемых энергоресурсов

$$P_{Гi} = p_i ПТЗ-3,$$

Таблица 3.3 – Расход используемых энергоресурсов

Вид энергоресурса	Расход <i>i</i> -го вида энергоресурса на секцию, ед. / секцию	Программа ремонта, секций	Общий расход <i>i</i> -го вида энергоресурса на всю программу ремонта
Кислород, м3	2,2	70	154
Ацетилен, м3	2		140
Вода техническая, м3	82		5740
Пар, м3	21,7		1519
Воздух сжатый, м3	896,13		62729,1

Полученные данные в дальнейшем используем для расчёта себестоимости ремонта.

### 3.11 Выбор подъемно-транспортного оборудования

Определение количества подъемно-транспортного оборудования электроаппаратного отделения производим с учетом обеспечения:

1 Полной механизации всех подъемных, транспортных и складских работ.

2 Обслуживания отдельных рабочих мест индивидуальными подъемными устройствами.

3 Создания удобной транспортной связи между отделениями, позициям и рабочими местам.

Грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования определяется максимальной массой транспортируемой сборочной единицы электровоза. В электромашинном отделении таким узлом является тяговый двигатель, масса которого для электровоза ВЛ-80с не превышает шести тонн. Для пропиточно-сушильного отделения максимальную массу имеет остов тягового двигателя в сборе. Она равна 2350 кг.

Характеристики и количество выбранных подъемно-транспортных средств сводим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Подъемно-транспортные средства электромашинного отделения

Наименование подъемно-транспортного оборудования	Количество	Характеристика
Кран мостовой однобалочный с электрической талью	1	$Q = 10$ т; $L = 10,5$ м
Кран мостовой однобалочный с электрической талью	1	$Q = 3$ т; $L = 10,5$ м
Тележка передаточная	3	Колея – 1000 мм $Q = 6$ т

### 3.12 Разработка плана и поперечного разреза электромашинного отделения

План электромашинного отделения представлен на листе 4 графической части проекта. На территории отделения находится сушильно-пропиточный участок, отгороженный от основного помещения капитальными стенами вследствие вредности выделяемых паров при проведении пропитки, сушки и окраске электрических машин. Также на плане отображается потребное подъемно-транспортное специализированное и специальное технологическое оборудование. Отделение оснащено станцией испытания тяговых двигателей методом взаимной нагрузки.

#### 4. РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ РЕМОНТА ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НБ-418К6

Себестоимость ремонта – один из важнейших показателей, характеризующих качественную сторону деятельности отделения локомотивного депо. В ней отражается степень использования трудовых и материальных ресурсов, результаты внедрения новой технологии, уровень организации труда. Определяется как сумма затрат, сгруппированных по их экономическому содержанию.

Годовые затраты на ремонт тягового электродвигателя НБ-418К6 по циклу ТР-3

$$C = 3_0 + Д_з + 3_д + O_c + M + П_c + П_и - B_0 + C_э + C_{об} + A_0 + C_н + Б,$$

Затраты на основную заработную плату производственных рабочих

$$3_0 = 12A_я T (1 + k_{пр}),$$

где  $A_я$  – явочное количество работников отделения по ремонту тягового электродвигателя НБ-418К6 по циклу ТР-3, чел;

$T$  - часовая тарифная ставка среднего разряда работников отделения по ремонту тягового электродвигателя НБ-418К6 по циклу ТР-3, р./ч;

$k_{пр}$  – коэффициент, учитывающий премию; принимаем  $k_{пр} = 30\%$ .

Месячная тарифная ставка включает расчетную тарифную ставку и доплату по контракту:

$$T = T_p + T_k,$$

где  $T_p$  – расчетная тарифная ставка;

$T_k$  – доплата по контракту; до 50 % расчетной тарифной ставки (согласно Декрету Президента № 29 от 26.07.1999 г.), принимаем  $T_k = 50\%$ .

Расчетная тарифная ставка

$$T_p = T_1 \cdot k_t \cdot k_{cp},$$

где  $T_1$  – месячная тарифная ставка I разряда, р./мес.: для локомотивного депо с 1.04.2007 г. для I-III разряда 132978 р., свыше III разряда 120609 р., принимаем  $T_p = 120609$  р./мес.;

$k_t$  – коэффициент повышения тарифных ставок по технологическим видам работ; для ремонта подвижного состава  $k_t = 1,2$ ;

$k_{cp}$  – тарифный коэффициент работников отделения по ремонту тягового электродвигателя НБ-418К6 по циклу ТР-3, в нашем случае средний тарифный коэффициент рабочих отделения.

$$k_{cp} = \frac{\sum Q_i k_i}{\sum k_i},$$

где  $Q_i$  – трудоёмкость работ  $i$ -го разряда;

$k_i$  – тарифный коэффициент  $i$ -го разряда (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Тарифные коэффициенты

Разряд	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифный коэффициент	1,0	1,16	1,35	1,57	1,73	1,9	2,03	2,17

Согласно данным таблиц 4.1 и 3.1 средний тарифный коэффициент рабочих отделения

$$k_{cp} = \frac{18 \cdot 1,57 + 111 \cdot 1,73 + 9,52 \cdot 2,17}{138,52} = 1,74$$

$$T_p = 120609 \cdot 1,2 \cdot 1,74 = 250380 \text{ р.},$$

$$T = 250380 \cdot 0,5 \cdot 250380 = 375570 \text{ р.}$$

$$Z_o = 12 \cdot 2 \cdot 375570 \cdot (1 + 0,3) = 11717784 \text{ р.}$$

Доплаты и надбавки к заработной плате компенсационного характера

$$D_3 = D_v + D_{ny},$$

где  $D_v$  – доплата за выслугу лет; принимаем для отделения по равной в среднем 15% от основной заработной платы производственных рабочих, р.;

$D_{ny}$  – доплата за неблагоприятные условия труда; принимаем равной 25 % от месячной тарифной ставки первого разряда  $T_1$ , р.

$$D_3 = 0,15 \cdot 11717784 + (0,25 \cdot 132978 \cdot 2 \cdot 12) = 2555535 \text{ р.}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих составляет примерно 10-15 % от суммы основной заработной платы, доплат и надбавок компенсационного характера:

$$Z_d = 0,15(Z_o + D_3),$$

$$Z_d = 0,15 \cdot (11717784 + 2555535) = 2140998 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату принимаются от суммы  $(Z_o + D_3 + Z_d)$ :

– в фонд социальной защиты населения – в размере 35 %;

– страховой взнос по обязательному страхованию от несчастных

Размещено на <http://www.allbest.ru/>

случаев на производстве и профзаболеваний – в размере 0,9 %.

Начисления на зарплату

$$O_c = (0,35 + 0,009)(Z_o + D_s + Z_d), \quad (4.8)$$

$$O_c = (0,35 + 0,009) \cdot (11717784 + 2555535 + 2140998) = 5892740 \text{ р.}$$

Стоимость полуфабрикатов собственного изготовления

$$ПС = 0,04M,$$

$$П_c = 0,04 \cdot 8177471 = 327100 \text{ р.}$$

Стоимость покупных изделий

$$ПИ = 0,3(ZO + DЗ + ЗД),$$

$$ПИ = 0,3 \cdot (11717784 + 2555535 + 2140998) = 4924295 \text{ р.}$$

Возвратные отходы отсутствуют, т. е.  $B_0 = 0$ .

Стоимость энергоресурсов

$$CЭ = \sum C^i Э,$$

где  $C^i Э$  – стоимость энергоресурса, р.

Стоимость сжатого воздуха равна

$$C_э^B = Ц_э^B p^B П,$$

где  $p^B$  – расход сжатого воздуха на двигатель, м<sup>3</sup>/двиг., принимаем  $p^B = 2,8$  м<sup>3</sup>/двиг.;



Размещено на <http://www.allbest.ru/>

$\Pi_{\text{э}}^{\text{В}}$  – цена 1 м3 сжатого воздуха, р./м3, принимаем  $\Pi_{\text{э}}^{\text{В}} = 395 \text{ р./м3}$  .

$$C_{\text{э}}^{\text{В}} = 395 \cdot 2,8 \cdot 70 = 183260 \text{ р.}$$

Стоимость технической воды

$$C_{\text{э}}^{\text{ТВ}} = C_{\text{э}}^{\text{ТВ}} r^{\text{ТВ}} \Pi,$$

где  $r^{\text{ТВ}}$  – расход технической воды на двигатель, м<sup>3</sup>/двиг., принимаем  $r^{\text{ТВ}} = 0,8$  м<sup>3</sup>/двиг.;

$C_{\text{э}}^{\text{В}}$  – цена 1 м<sup>3</sup> технической воды, р./м<sup>3</sup>, принимаем  $C_{\text{э}}^{\text{В}} = 1715$  р./м<sup>3</sup>.

$$C_{\text{э}}^{\text{ТЭ}} = 1715 \cdot 0,8 \cdot 70 = 98000 \text{ р.}$$

Стоимость электроэнергии

$$C_{\text{э}}^{\text{ЭЭ}} = C_{\text{э}}^{\text{ЭЭ}} r^{\text{ЭЭ}} \Pi,$$

где  $r^{\text{ЭЭ}}$  – расход электроэнергии на двигатель, кВт·ч/двиг., принимаем  $r^{\text{ЭЭ}} = 670$  кВт·ч/двиг.;

$C_{\text{э}}^{\text{В}}$  – цена 1 кВт·ч электроэнергии, р./кВт·ч, принимаем  $C_{\text{э}}^{\text{В}} = 206,9$  р./м<sup>3</sup>.

$$C_{\text{э}}^{\text{ЭЭ}} = 206,9 \cdot 670 \cdot 70 = 9703610 \text{ р.}$$

Расходы на амортизацию оборудования равны

$$A_{\text{о}} = \frac{a_i}{100} \Sigma B_{\text{ст}i},$$

Размещено на <http://www.allbest.ru/>

где  $a_i$  – норматив амортизации  $i$ -го вида оборудования, %; принимаем  $a_i$   
= 10 %;

Вст  $i$  – восстановительная стоимость  $i$ -го вида оборудования, р.

$$A_0 = \frac{10}{100} \cdot 664078590 = 66407859 \text{ р.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования составляют

$$C_{об} = 0,1 \Sigma B_{сri}$$

$$C_{об} = 0,1 \cdot 664078590 = 66407859 \text{ р.}$$

Накладные расходы определим по формуле

$$C_H = \frac{H_p}{100} (Z_0 + D_3 + Z_d),$$

где  $H_p$  – норматив накладных расходов, %; принимаем  $H_p = 145$  %.

$$C_H = \frac{145}{100} (11717784 + 2555535 + 2140998) = 23800760 \text{ р.}$$

Потери от брака принимаем  $B = 0$ .

Годовые затраты на ремонт тяговых электродвигателей НБ-418К6 по циклу ТР-3, р., составляют

$$C = 11717784 + 2555535 + 2140998 + 5892740 + 8177471 + 327100 + 4924295 + 183260 + 98000 + 9703610 + 66407859 + 66407859 + 23800760 = 202337271 \text{ р.}$$

Размещено на <http://www.allbest.ru/>

Тогда себестоимость ремонта составит

$$C_i = \frac{C}{\Pi}$$

$$C_i = \frac{20233727}{70} = 2890532 \text{ р./двиг.}$$

Структура себестоимости ремонта ТЭД представлена в таблице 4.2. и графической части дипломного проекта (лист №5).

Таблица 4.2 – Структура себестоимости ремонта ТЭД

Расходы на ремонт продукции	Абсолютная величина расходов, р.	Процент от себестоимости, %
Затраты на основную заработную плату производственных рабочих	11717784	5,7
Доплаты и надбавки к заработной плате	2555535	1,1
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	2140998	0,9
Отчисления на социальные нужды	5892740	2,8
Затраты на приобретение материалов, комплектующих и полуфабрикатов	13428866	6,5
Стоимость энергоресурсов на	9984870	4,8
Накладные расходы	23800760	11,6
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	66407859	32,7
Расходы на амортизацию оборудования	66407859	32,7
Итого:	202337271	100

## 5. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В ЭЛЕКТРОМАШИННОМ ОТДЕЛЕНИИ

### 5.1 Установление опасных и вредных производственных факторов в технологическом процессе электромашинного отделения

Составим таблицу опасных и вредных производственных факторов

Для предупреждения несчастных случаев на производстве для электромашинного отделения применяем следующие меры техники безопасности при проведении ремонтных работ:

- применение для выемки якоря из остова (или постановки его в остов) в горизонтальном положении специальной скобы, в вертикальном – рыма, использование кантователей для поворота остова и якоря;
- особая осторожность при разборке и сборке ТЭД, пользовании кантователями, пропитке и сушке якорей;
- обдувка электрических машин в специальных камерах с вытяжной вентиляцией;
- применение съемников, наставок, индукционных нагревателей и прессов при выемке и запрессовке наружных обойм подшипников в подшипниковые щиты;
- спрессовка и запрессовка на вал пакета стальных пластин сердечника якоря на специальных гидравлических прессах, оборудованных двумя манометрами для контроля давления;
- выключение прессов по окончании выпрессовки подшипниковых щитов;
- запрет перемещения тележки конвейера сборки без предварительного согласия и принятия мер безопасности на соседней позиции, а также производства работ при перемещении;
- нахождение рабочего в безопасной зоне при опускании в ванну с полудой якоря электрической машины для пайки коллектора (во избежание

ожогов при возможном выплескивании припоя);

- распайка соединений компенсационных обмоток электрических машин специальным электродуговым паяльником; применение защитных очков;

- исправная работа натяжного устройства бандажировочного станка, исключающая обрыв стекловолокна или проволоки и возможность нанесения травм;

- наличие специальных ограждений у балансировочных и бандажировочных станков, а также стендов по испытанию электрических машин, заблокированных с автоматами выключения напряжения;

- изоляция и наличие огнестойких перегородок у помещения пропиточно-сушильного отделения, наличие приточно-вытяжной вентиляции, плотное закрытие дверей;

- запрет курения, работы с огнем и ударным стальным инструментом в пропиточно-сушильном отделении;

- вынесение за пределы пропиточно-сушильного отделения аппаратов открытого исполнения для включения и отключения оборудования отделения;

- снабжение автоклавов с механическим закрытием крышки блокировкой, исключающей ее открытие при наличии давления в автоклаве;

- надежная изоляция нагревательных элементов (спиралей) при электрическом подогреве ванн и котлов;

- надежное заземление металлических ванн и баков в пропиточно-сушильном отделении;

- пользование противогазами и респираторами при смене лаков, очистке баков и пропиточных ванн;

- обеспечение местной вытяжной вентиляцией автоклавов, баков с лаком и другого оборудования, выделяющего вредные испарения;

- контроль температуры якорей и других деталей, подаваемых после сушки в пропиточный бак (температура должна быть не более 80 °С);

- производство испытаний электрических машин на специально



оборудованной станции, имеющей необходимое ограждение, сигнализацию, блокировку и звукоизоляцию;

- проверка правильности подключения и надежности заземления электрических машин, сроков периодического контроля электроизмерительных приборов, отсутствия посторонних лиц на испытательной станции перед началом и во время испытаний;

- установка смотровых крышек с защитным стеклом при проверке щеток на искрение; применение специальных индикаторов;

- пересоединение на зажимах, измерение сопротивления, контроль нагрева подшипников и состояния щеточного аппарата при испытании электрических машин только после полной остановки якоря и отключения питания;

- применение диэлектрических перчаток, бот и ковриков при измерении параметров электрических машин и работе с осциллографом;

- проверка изоляции электрических машин высоким напряжением (III на пробой III) в камере, имеющей блокировку дверей для отключения напряжения.

## 5.2 Разработка мероприятий по устранению опасных и вредных производственных факторов

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава необходимо выполнять в соответствии с действующей системой эксплуатационно-ремонтной документацией, разработанной заводом-изготовителем. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава производится в специально отведенных местах, оснащенных исправными подъемными механизмами, приспособлениями и инструментами, обеспечивающими правильность производства технологических операций и безопасность труда.

Рабочие, выполняющие обслуживание и ремонт подвижного состава, должны пользоваться исправным инструментом и оборудованием или

приспособлениями, работать в спецодежде, спецобуви и применять другие средства индивидуальной защиты, а также пользоваться электроприборами и электрооборудованием при исправной изоляции их токоведущих частей. Запрещается работать без освещения, а в необходимых случаях – без ограждения рабочего места.

Каждая грузоподъемная машина должна иметь паспорт завода-изготовителя. Результаты технического освидетельствования грузоподъемных машин записывают в паспорт с указанием срока следующего освидетельствования.

Станки и оборудование должны быть обеспечены устройствами, защищающими работающего на станке и людей, находящихся вблизи станка, от отлетающей стружки и смазочно-охлаждающей жидкости, а также не допускающими загрязнение пола.

Основными требованиями безопасности труда в отделении являются:

- к работе с лакокрасочными и пропиточными материалами не допускаются не достигшие 18 летнего возраста, не прошедшие медицинского осмотра не ознакомившиеся с инструкцией по технике безопасности и противопожарной технике, беременные женщины;

- к работе в пропиточном отделении могут быть допущены лица , у которых проверены знания настоящей и местной инструкции по технике безопасности;

- инструктаж подлежат все вновь принятые в цех рабочие;

- соблюдение правил техники безопасности при работе в сушильно-пропиточном отделении обязательно как для рабочих, так и для технического персонала;

- лаки, эмали, растворители хранить в закрытых сосудах с плотными герметическими крышками;

- работы, связанные с применением пропиточных составов, следует производить в комбинезонах, в защитных фартуках. Рекомендуется применение полиэтиленовых, полихлорвиниловых или биологических

перчаток;

– концентрация паров растворителей и вредных газов в воздухе рабочих зон должна быть 3-4 раза меньше нижнего предела их взрываемости и не превышать предельнодопустимой концентрации;

– запрещается принятие и хранение пищи в пропиточно-сушильном отделении;

– все металлические емкости служащие для пропитки и хранения растворителей, лаков надежно заземлить;

– работа в пропиточном отделении при неисправной или отключенной приточной или вытяжной вентиляции запрещены;

– пусковую аппаратуру от электрооборудования устанавливать в соседнее или специальное помещение;

– заземление в силовых цепях должно выполняться третьей или четвертой жилой кабеля или провода;

– периодически проверять состояние электрических цепей оборудования шкафов. Периодически проверять заземление шкафов;

– помещение должно быть обеспечено исправным противопожарным инвентарем и оборудованием;

– при смене лаков, очистке баков и пропиточных ванн необходимо пользоваться противогазами и респираторами;

– категорически запрещается производить какие-либо работы внутри шкафов без отключения общего питания от сети;

– шкафы при работе должны быть закрыты на замок. Внутренняя поверхность дверей с установленными на ней приборами должна быть окрашена в красный цвет;

– все цепи шкафа и электрооборудования должны быть защищены от перегрузок и коротких замыканий;

– категорически запрещается вход сушильно-пропиточное отделение посторонним лицам;

– применение открытого огня в помещении, где выполняют пропитку и

покрытие изоляции категорически запрещается;

- получение легковоспламеняющихся и огнеопасных материалов должно производиться в небьющую посуду с плотно прикрывающимися крышками;

- запас ядовитых, легковоспламеняющихся и огнеопасных материалов не должно превышать потребностей одной смены;

- при возникновении пожара в электрооборудовании использовать песок или асбестовое одеяло, при сильном очаге пожара вызвать подразделение пожарных.

Таблица 5.2 - Средства индивидуальной защиты работающих

Наименование	Характеристика	Применение
Противопылевой респиратор СР-62Ш (ТУ-6-16-2485-81)	Защищает от пыли с диаметром частиц более 2 мм при концентрациях, превышающих ПДК не более чем в 100 раз	При механической обработке для защиты от металлической пыли
Специальная одежда для защиты от механических повреждений и воды Мужские костюмы (ГОСТ 12.4.00-78)	Тип М-для защиты от механических повреждений	При механической обработке
Специальные рукавицы (ГОСТ 12.4.00-75)	Тип М-для защиты от механических воздействий	При механической обработке металлов и других материалов
Средства индивидуальной защиты рук от вибраций (ГОСТ 12.4.00-74)	Тип 1 с толщиной упруго-демпфирующего материала не более 10 мм; тип 2-8 мм; тип 3-5 мм	При работе с ручным инструментом в литейном, сборочном и других цехах

### 5.3 Расчет местной вытяжной установки пропиточной камеры

При пропитке якоря выделяются токсичные пары лака, которые требуются удалить, для этого применяем вытяжную вентиляцию. Установка состоит из воздухопровода и вентилятора. Для выбора вентилятора

необходимо определить потери давления в воздухопроводе.

Для того чтобы вентилятор обеспечивал нормальное удаление газов от агрегата нужно чтобы его производительность была 1200 м<sup>3</sup>/ч.

Из структурной схемы видно вытяжная установка имеет два участка.

Для первого участка:

- вход в вытяжную установку  $\xi = 1$  ;
- три отвода по 90°  $\xi = 0,22 \cdot 3 = 0,66$  ;
- вход в вентилятор с диффузором  $\xi = 0,1$  ;
- сумма  $\xi$  для первого участка равна 1,76.

Для второго участка:

- выход из вентилятора с конфузуром  $\xi = 0,1$  ;
- выброс в атмосферу через факел  $\xi = 1,15$  ;
- сумма  $\xi$  для второго участка равна 1,25.

Дальнейшие расчеты приведены в таблице 5.3.

По справочнику [ 6 ] выбираем наиболее подходящий по КПД вентилятор Ц4-70 № 3,2.

Для выбранного вентилятора подберем электродвигатель .

Потребная мощность на валу двигателя

Подставив численные значения получим:

$$N_{\text{тр}} = \frac{1200 \cdot 188,5}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,81 \cdot 1} = 0,25 \text{ кВт.}$$

Установочная мощность электродвигателя

$$N_y = k_3 N_{\text{тр}},$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса мощности, принимаем в соответствии с [ 6 ]  $k_3 = 1,5$ . Установочная мощность электродвигателя равна:

Размещено на <http://www.allbest.ru/>

$$N_y = 1,5 \cdot 0,25 = 0,375 \text{ кВт.}$$

К установке принимаем ближайший больший по мощности электродвигатель 4АА6382 0,4 кВт, с частотой вращения 2740 об/мин.

## 6. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ТЭД В ЛОКОМОТИВНОМ ДЕПО БАРАНОВИЧИ

Важнейшим показателем качества ремонта является количество unplanned ремонтов ТЭД. Анализируя данные полученные при прохождении преддипломной практики можно утверждать что качество ремонта хорошее. Примером могут служить: линии разборки и сборки тяговых электродвигателей, ремонта подшипниковых щитов, ремонта якорей. В электромашинном отделении хорошо организована очистка, обмывка и продувка деталей, узлов и агрегатов. Электромашинное отделение оснащено необходимыми грузоподъемными машинами, механизмами, транспортными средствами. Непосредственно к рабочим местам подведен сжатый воздух, электроэнергия, вентиляция. Многие сделано по созданию безопасных условий труда, по вопросам санитарии и производственной эстетики.

Ремонт тяговых электродвигателей ведется поточным методом.

В последнее время уменьшилось количество unplanned ремонтов, благодаря наличию переходного запаса оборудования, наиболее рационального использования оснастки, применению узкой специализации, освоению рабочими смежных профессий. В локомотивном депо обеспечивается высокая эффективность ремонта тяговых электродвигателей и возможность выполнения ремонта высокого качества.

Однако, наряду с этим имеется и ряд недостатков в работе электромашинного отделения локомотивного депо. На участке заводского ремонта якорей очень низкая степень механизации. Даже трудоемкие процессы, требующие больших физических усилий, выполняются вручную. Это такие операции, как выпрессовка текстолитовых клиньев, выемка и формирование секций. Необходимо установить и внедрить установку для полуавтоматической выпрессовки текстолитовых клиньев. Так же необходимо внедрить установку для удаления секций якоря, подлежащих капитальному ремонту, за счет центробежных усилий, возникающих при вращении якоря.

Необходимо внедрить установку для формирования секций катушек якоря.

Следует иметь в виду что частота отказов увеличивается в зимний период, а наиболее благоприятные месяцы для работы электровозов это сентябрь, апрель. Это утверждение отражено в таблице 6.1

На диаграмме приведенной ниже приведена зависимость частоты unplanned repairs от поры года.

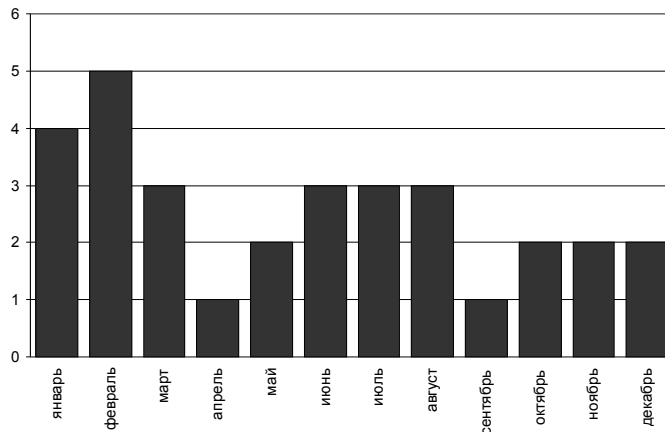


Рисунок 6.1 – Интенсивность unplanned repairs в зависимости от пор года в 2006 году

Следует отдать должное руководству предприятия что за последние три года количество отказов сократилось.

Зависимость частоты отказа за последние три года представлены на графике приведенном ниже.

Делая выводы по приведенным выше фактам можем утверждать что качества ремонта в депо соответствует нормативам.