

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Стандартизация, метрология и управление качеством»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

*[Подпись]* В.С. Секацкий

« 14 » 06 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

27.03.02 Управление качеством

Анализ несоответствий подшипников ВМШ редуктора тягового привода на АО  
«КрЭВРЗ» и разработка мероприятий по их снижению

Руководитель

*[Подпись]*  
подпись

ст. преподаватель

О.А.Гаврилова

Выпускник

*[Подпись]*  
подпись

Д.А.Лариошина

Нормоконтролер

*[Подпись]*  
подпись

доц., канд. техн. наук

Н.В. Мерзликina

Красноярск 2017



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Анализ несоответствий подшипников вала малой шестерни редуктора тягового привода на ОАО «КрЭВРЗ» и разработка мероприятий по их снижению» содержит 81 страницу текстового документа, 2 приложения, 16 использованных источников.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ДИАГРАММА ПАРЕТО, ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА, ПРОГРАММА МЕРОПРИЯТИЙ.

Целью бакалаврской работы является улучшение процессов ремонта редукторов в тележечном цехе за счет выявления и анализа несоответствий в подшипниках вала малой шестерни, и разработка мероприятий и корректирующих действий по дальнейшему снижению этих несоответствий на ОАО «КрЭВРЗ».

Задачи бакалаврской работы:

- Анализ деятельности предприятия АО «КрЭВРЗ»;
- анализ основных характеристик подшипника;
- анализ нормативных документов на подшипники;
- сбор данных по количеству несоответствий в подшипниках за 2016 год;
- анализ выявленных несоответствий и на основе анализа составить программу мероприятий по снижению всех выявленных несоответствий.

В результате проведения анализа несоответствий были выявлены наиболее часто встречающиеся несоответствия в элементах подшипника, выявлены причины появления этих несоответствий и способы устранения.

Разработана программа мероприятий по снижению несоответствий в подшипниках, определены сроки реализации разработанных мероприятий и определены ответственные за эти мероприятия.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Актуальность темы бакалаврской работы.....	5
1.1 Основные сведения о предприятии.....	5
1.2 Характеристика деятельности завода.....	8
1.3 Актуальность темы бакалаврской работы.....	9
1.4 Цель и задачи бакалаврской работы.....	10
2 Анализ основных характеристик подшипника.....	11
2.1 Тяговый привод.....	11
2.2 Редуктор тягового привода.....	13
2.3 Подшипник редуктора тягового привода. Устройство, предназначение и виды несоответствий.....	18
2.4 Анализ требований нормативных документов на подшипник.....	23
3.1 Семь инструментов контроля качества <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
3.1.1 Диаграмма Парето.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.2 Диаграмма Исикавы.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.3 Контрольная карта.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.4 Гистограмма.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.5 Диаграмма разброса (рассеивания)...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.6 Стратификация.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.7 Контрольный листок.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Анализ несоответствий подшипников вала малой шестерни редуктора тягового привода.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4 Разработка мероприятий по предупреждению и корректировке несоответствий подшипников.....	26
Заключение.....	27
Список использованных источников.....	28
Приложение А.....	30
Приложение Б.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современном мире большое значение имеет проблема качества продукции. От её успешного решения в значительной степени зависит благополучие любой организации, любого поставщика. Продукция более высокого качества существенно повышает шансы поставщика в конкурентной борьбе за рынки сбыта и, самое важное, лучше удовлетворяет потребности потребителей. Качество продукции – это важнейший показатель конкурентоспособности предприятия.

Качество продукции закладывается в процессе научных исследований, конструкторских и технологических разработок, обеспечивается хорошей организацией производства. Качество также должно поддерживаться в процессе эксплуатации или потребления. На всех этих этапах необходимо осуществлять своевременный контроль и получать достоверную оценку качества продукции.

Для уменьшения затрат и достижения уровня качества, удовлетворяющего потребителя необходимы методы, направленные не на устранение дефектов (несоответствий) готовой продукции, а на предупреждение причин их появления в процессе производства.

# **1 Актуальность темы бакалаврской работы**

## **1.1 Основные сведения о предприятии**

ОАО КрЭВРЗ является машиностроительным предприятием, основной продукцией которого является ремонт железнодорожного подвижного состава, производство запасных частей для ремонта железнодорожной техники, выполнение широкого спектра услуг организациям и населению. [6]

Железнодорожные мастерские были сданы в эксплуатацию 24 июня 1898 года. На начало 20 века здесь работало 1200 человек. В восьми цехах ремонтировались паровозы, деревянные пассажирские и товарные вагоны. Железнодорожные мастерские были самым крупным предприятием не только города Красноярска, но и всей Енисейской губернии.

Первым начальником Красноярских главных железнодорожных мастерских был Владислав Ключковский. В 1932 году железнодорожные мастерские получили статус предприятия союзного значения, став Красноярским паровозовагоноремонтным заводом (ПВРЗ). В 30-ые годы прошлого столетия на предприятии велось большое строительство: новые цеха, котельная, заводоуправление, расширялась производственная номенклатура. Вплоть до Великой отечественной войны Красноярский ПВРЗ оставался самым крупным предприятием города. В это время здесь трудилось около 3000 человек.

Во время войны на заводе производилась военная продукция: минометы и крупнокалиберные снаряды для пушек, было изготовлено пять бронепоездов, которые ушли на фронт в составе 29 Красноярского бронедивизиона. Одной из задач предприятия было формирование и отправка на фронт санитарных, прачечных и технических поездов специального назначения. Из мирной продукции во время войны ремонтировали только паровозы.

За особые заслуги перед Родиной и ударную работу в годы Великой отечественной войны в 1945 году Красноярский ПВРЗ был награжден Орденом Трудового Красного Знамени, а переходящее Знамя Оборона было передано заводу на вечное хранение, т.к. в течение 11 месяцев 1945 года завод занимал

первое место. За особые заслуги перед Родиной более 600 заводчан были награждены в 1945 году орденами и медалями.

В 70-ые годы закончилась «паровозная эпоха» предприятия. 30 декабря 1971 года ушел из ремонта последний паровоз. Приказом МПС СССР от 29 апреля 1971 года завод получил название «электровагоноремонтный», стал ремонтировать электропоезда переменного тока, цельнометаллические пассажирские вагоны, тяговые двигатели и колесные пары.

Начиная с конца шестидесятых на заводе в течение 10 лет проводилась большая реконструкция, велось обширное строительство, внедрялась новая техника, расширялись виды ремонта. Завод обеспечивал сеть железных дорог полностью восстановленными и готовыми к полноценной эксплуатации электросекциями пригородного сообщения и пассажирскими вагонами. Красноярский ЭВРЗ стал лидером в отрасли по ремонту электропоездов переменного тока. Осуществлялся на заводе и капитальный ремонт подвижного состава с продлением срока службы до 15 лет. Четыре раза: в 1998, 2001, 2002 и 2003 годах коллективу ЭВРЗ присуждались Почетные дипломы МПС РФ и ЦК российского профсоюза железнодорожников и транспортных строителей с вручением знаков «Победителю в отраслевом соревновании среди коллективов предприятий и организаций железнодорожного транспорта».

В связи с реформированием МПС РФ с 1 октября 2003 года Красноярский ЭВРЗ вошел в состав ОАО «Российские железные дороги» в качестве филиала.

Завод продолжал выпускать из ремонта электропоезда, пассажирские вагоны открытого типа, тяговые двигатели, колесные пары. Ставка делалась на капитальный ремонт подвижного состава. Был освоен новый вид продукции — концептуальные поезда. Шел прирост объемов ремонта. Красноярский ЭВРЗ за время работы в филиальной системе в план распределения амортизационных средств ни разу не был включен, поэтому в течение четырех лет предприятие не имело источников инвестиций для развития.

Для решения проблем филиалов на базе нашего завода прошло три Всероссийских съезда ремонтников, в которых приняли участие руководители дирекции «Вагонреммаш», директора одиннадцати заводов, представители департаментов ОАО «РЖД» и железных дорог.

На предприятии продолжалось капитальное строительство. Были сданы в эксплуатацию административный корпус кузнечно-механического цеха, участок обмывки вагонов, дом рыбака в зоне отдыха «Подпорожье».

В апреле 2007 г. завод перешел на новую систему оплаты труда.

1 июля 2007 года на базе имущества Красноярского ЭВРЗ — филиала ОАО «РЖД» было создано дочернее открытое акционерное общество «Красноярский электровагоноремонтный завод», которое ремонтирует электропоезда постоянного и переменного тока 19 модификаций для всех дорог РФ, пассажирские и почтовые вагоны, колесные пары, тяговые двигатели.

К цехам основного производства АО «КрЭВРЗ» относятся:

-вагонсборочный цех производит ремонт и модернизацию пассажирских вагонов, ремонтирует электрическое оборудование вагонов;

-цех моторвагонных секций производит ремонт и модернизацию моторвагонного подвижного состава;

-электромашинный цех производит ремонт электрических машин моторвагонного и тягового подвижного состава (тяговых двигателей, вспомогательных машин, тяговых трансформаторов и т.д.);

-колесный цех осуществляет ремонт колесных пар для вагонов и моторвагонного подвижного состава;

-тележечный цех ремонтирует тележки вагонов и моторвагонного подвижного состава, восстанавливает детали тележек;

-аппаратный цех производит ремонт электрической аппаратуры моторвагонного подвижного состава, изоляторов, разрядников и т.д.;

-кузнечно-механический цех производит заготовки деталей холодной и горячей штамповки, свободнойковки, изготавливает запасные части для подвижного состава.

В июле 2007 года на заводе для Красноярской железной дороги на базе моторовагонной секции электропоезда был изготовлен специальный самоходный подвижной состав (мотриса) «Боготолец», который предназначен для перевозки путевых бригад к месту работы. До конца 2008 г. таких мотрис было изготовлено 9 единиц.

13 ноября 2007 года был выпущен передвижной консультативно-диагностический центр «Доктор Войно-Ясенецкий (Святитель Лука)», который предназначен для оказания медицинских услуг работникам Красноярской железной дороги.

Давние партнерские отношения связывают медицинские учреждения города и края с кислородной станцией Энергосилового цеха завода. Поставка кислорода высокой степени очистки для медицинских нужд достигает более 420000 м<sup>3</sup> в год.

24 июня 2008 года предприятие отметило свой 110-летний юбилей. Из железнодорожных мастерских регионального значения оно выросло в крупное предприятие ремонтного машиностроения с современным производством.

В апреле 2009 года завершены работы по изготовлению «Магазина на колесах» 2 октября 2009 г. передан в эксплуатацию Красноярской Епархии вагон-храм им. Святой княгини Ольги, изготовленный на заводе. С января 2013 г. АО «КрЭВРЗ» вошел в состав Группы компаний «АФИНА ПАЛЛАДА».

Сегодня на Красноярском электровагоноремонтном заводе работает 2,5 тысячи высококвалифицированных рабочих и инженеров. Предприятие ежегодно наращивает объёмы производства, в первую очередь благодаря стабильным заказам со стороны ОАО «РЖД».

## **1.2 Характеристика деятельности завода**

Основные цели деятельности АО «КрЭВРЗ»: предоставление услуг по капитальному ремонту, переоборудованию и модернизации секций электропоездов, пассажирских вагонов и других видов железнодорожного



подвижного состава и железнодорожной техники, тяговых электродвигателей, вспомогательных машин, тележек, колесных пар, других узлов и агрегатов, производство запасных частей и полуфабрикатов для подвижного состава железных дорог.

Основные направления деятельности предприятия:

- модернизация и капитальный ремонт электропоездов постоянного и переменного тока;
- модернизация и капитальный ремонт пассажирских, багажных и почтовых вагонов;
- изготовление запасных частей для подвижного состава железных дорог, ремонт тяговых двигателей, вспомогательных машин и колесных пар.

Одним из важных направлений деятельности АО «КрЭВРЗ» является теплоснабжение прилегающего жилого района. Из общего объема произведенной тепловой энергии 53% израсходовано на теплоснабжение жилых домов, учебных заведений, детских садов. По надежности и качеству параметров заводская котельная включена в структуру городской системы и успешно сотрудничает с ней.

На заводе решена и одна из экологических проблем. Очистные сооружения промышленных и ливневых стоков позволяют создать замкнутый цикл использования технической воды, что частично позволило прекратить сброс промышленных стоков в городскую канализацию.

### **1.3 Актуальность темы бакалаврской работы**

2017 год по приказу ОАО «РЖД» объявлен годом Качества. Целью на 2017 год стало снижение количество отказов на 17%, в свою очередь АО «КрЭВРЗ», проанализировав отчеты о функционировании СМК за 2016 год, определил свои слабые стороны и решил провести анализ несоответствий по этим слабым сторонам, с целью снижения несоответствий.

Одной из слабых сторон выбраны подшипники вала малой шестерни редуктора тягового привода. Контроль подшипников необходим, так как они

играют важную роль в работе всего редуктора.

#### **1.4 Цель и задачи бакалаврской работы**

Целью бакалаврской работы является улучшение процессов ремонта редукторов в тележечном цехе за счет выявления и анализа несоответствий в подшипниках вала малой шестерни, и разработка мероприятий и корректирующих действий по дальнейшему снижению этих несоответствий на АО «КрЭВРЗ».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать деятельность предприятия АО «КрЭВРЗ»;
- провести анализ основных характеристик подшипника;
- провести анализ нормативных документов на подшипники;
- провести сбор данных по количеству несоответствий в подшипниках за 2016 год;
- провести анализ выявленных несоответствий и на основе анализа составить программу мероприятий по снижению всех выявленных несоответствий.

## **2 Анализ основных характеристик подшипника**

### **2.1 Тяговый привод**

Тяговый привод транспортного средства – это комплекс устройств, служащих для преобразования энергии некоторого вида в работу по преодолению сопротивления движению. Непосредственное преобразование механической энергии в работу выполняет исполнительный орган привода – движитель транспортного средства. [14]

В состав электропривода, где преобразуемой является электрическая энергия, кроме движителя, входят тяговый двигатель, тяговая передача, преобразовательные и регулирующие устройства (рисунок 1).

Тяговый двигатель служит для преобразования электрической энергии в механическую и поэтому входит в состав как электрической, так и механической части.

Тяговая передача – основной элемент механической части привода. Она представляет собой сложный механизм, на который необходимы значительные затраты при производстве, эксплуатации и ремонте. Тяговая передача обеспечивает передачу потока энергии от тягового двигателя к движителю. Развивающиеся в ней динамические явления отличаются высокой интенсивностью и могут приводить к последствиям, снижающим надежность локомотива в целом.

Преобразователь и регулирующие устройства служат соответственно для преобразования получаемой от источника электрической энергии в энергию вида, необходимого для выбранного типа тягового двигателя, и регулирования потока энергии.

Традиционный тяговый подвижной состав железных дорог имеет привод, в котором в качестве движителя используется колесо.

Тяговая передача, как указывалось выше, передает поток энергии от вала тягового двигателя к колесной паре, которые можно рассматривать, как входной и выходной каналы механизма передачи.



Рисунок 1-Структурная схема тягового привода

Колёсные пары относятся к ходовым частям и являются одним из ответственных элементов вагона. Они предназначены для направления движения вагона по рельсовому пути и восприятия всех нагрузок, передающихся от вагона на рельсы при их вращении. Работая в сложных условиях нагружения, колёсные пары должны обеспечивать высокую надёжность, так как от них во многом зависит безопасность движения поездов.

Положение колёсной пары в компоновочной схеме экипажа однозначно определено ее опорными и направляющими функциями. Для вала же тягового двигателя существует несколько вариантов расположения, которые могут различаться двумя основными признаками: подрессорен или не подрессорен относительно колесной пары двигатель и взаимной ориентацией геометрических осей вала тягового двигателя и оси колесной пары (оси могут быть соосными, параллельными, непараллельными пересекающимися и непараллельными непересекающимися).

Двигатель, размещенный на подрессоренных частях тележки или кузове, может перемещаться относительно колесной пары. Чтобы передать вращение в условиях взаимных перемещений отдельных элементов передачи, необходимы

подвижные соединительные муфты. Если двигатель опирается непосредственно на ось колесной пары, необходимость в муфте отпадает.

При несоосности геометрических осей вала двигателя и колесной пары необходим редуктор, который, как правило, выполняется на базе зубчатых передач и может быть цилиндрическим, коническим или гипоидным в зависимости от того, параллельны или не параллельны оси, а если не параллельны, то пересекаются они или нет. В последнем случае возможно комбинированное решение — цилиндрический и конический редукторы.

Передача может, кроме вала тягового двигателя и колесной пары, включать в себя тяговые муфты и редукторы.

Все названные элементы соединены друг с другом непосредственно или при значительном удалении друг от друга валопроводами.

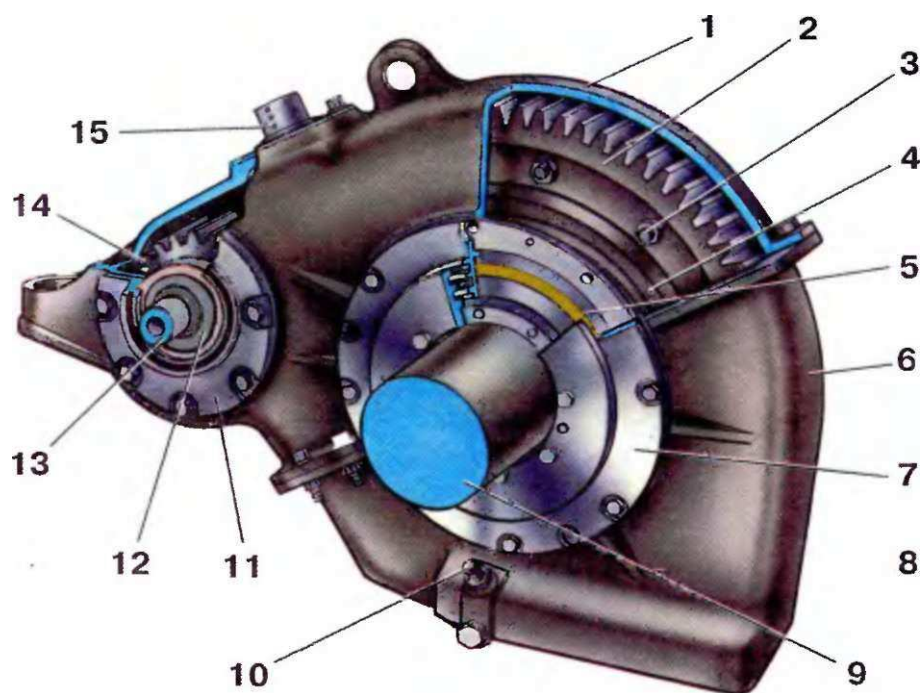
В данной работе принято рассмотреть редуктор тягового привода, его устройство, рассмотреть несоответствия, выявленные в ходе работы с редукторами и провести анализ этих несоответствий с целью их сокращения.

## **2.2 Редуктор тягового привода**

Редуктор- механизм, входящий в приводы машин и служащий для снижения угловых скоростей ведомого вала с целью повышения крутящих моментов. [16]

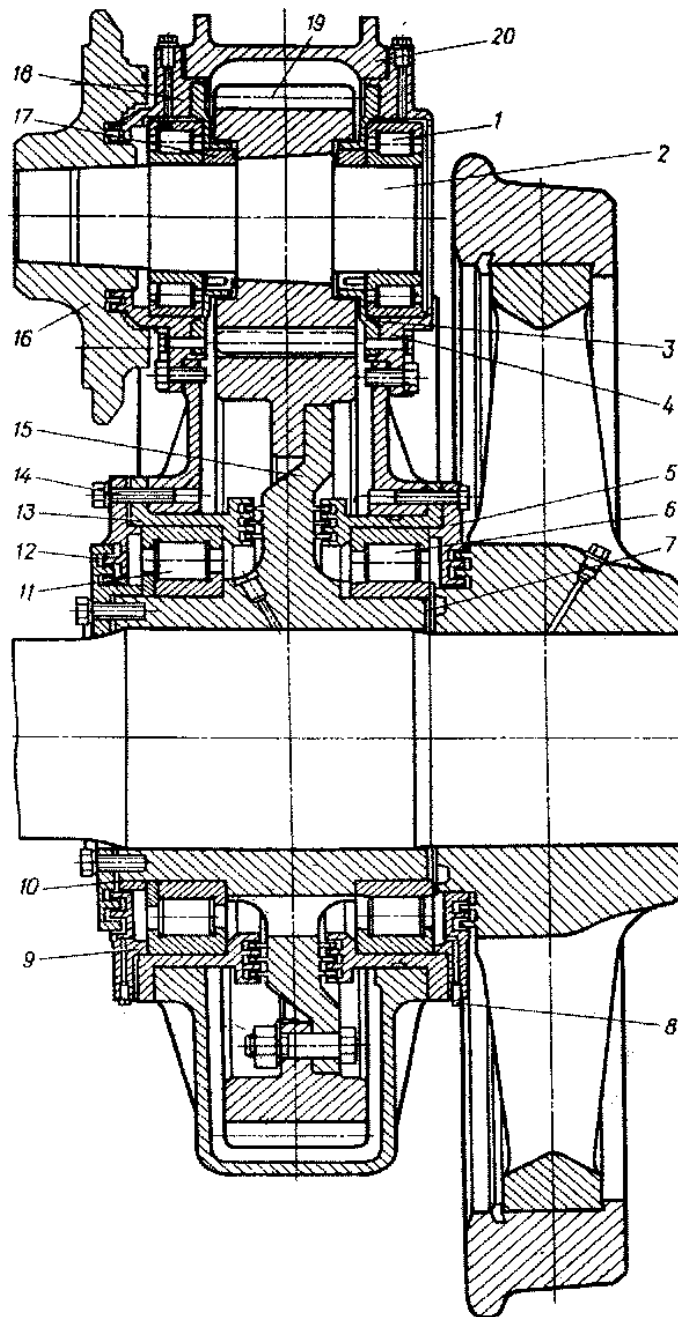
Схема устройства редуктора представлена на рисунке 2,3. [14]





1-верхняя половина корпуса; 2-зубчаток колесо;3- болт крепления зубчатого колеса;4- ступица зубчатого колеса;5-подшипник;6-нижняя половина корпуса;7,8,-крышки ;9-ось колесной пары;10-указатель уровня масла(щуп);12-подшипник;13-вал шестерни;14- шестерня;15-сапун

Рисунок 2 –Устройство редуктора колесной пары электропоезда



1,6, 11 - подшипники; 2 - вал шестерни; 3, 4, 5, 9, 10, 18, 20 - крышки; 7 -медная шайба; 8 - пробка; 12 - лабиринт; 13 - обоймы; 14 - болт крепления; 15 - ступица зубчатого колеса; 16 - фланец муфты; 17 - дистанционное кольцо; 19 - зубчатый венец шестерни

Рисунок 3- Схема устройства редуктора электропоезда ЭР2Т

В качестве опоры редуктора на ось колесной пары служат два роликовых подшипника, которые расположены симметрично относительно продольной оси редуктора (они смонтированы справа и слева от большого зубчатого колеса). Корпус редуктора и крышки прикреплены болтами к обоймам опорных подшипников. Эти болты проходят сквозь отверстия в боковых стенках корпуса. Через отверстие в нижней половине корпуса периодически добавляют свежую смазку и контролируют уровень ее заливки. Отработанную смазку сливают через другое отверстие в боковой стенке корпуса. Оба отверстия закрыты пробками. Для смазки роликовых подшипников также предусмотрены отверстия с пробками.

В верхней половине имеется люк для осмотра зубчатой передачи. К крышке люка приварена трубка-сапун, позволяющая выравнивать давление внутри корпуса редуктора с атмосферным.

Для крепления малой шестерни в верхней половине корпуса проделаны два отверстия, в которых закреплены болтами крышки малой шестерни. Малая шестерня состоит из венца 19 и вала 2 с коническим хвостовиком.

После термообработки шлифуют рабочие поверхности зубьев, конусное отверстие, а также посадочные поверхности вала (корпус для посадки венца, хвостовик для посадки фланца муфты, шейки под роликовые подшипники). Перед посадкой зубчатого венца на вал малой шестерни поверхности притирают, венец нагревают в масле. После посадки в горячем состоянии венец должен сесть на 1,2 — 1,7 мм глубже, чем при пробной холодной посадке.

Шестерня вращается в двух роликовых подшипниках 1, которые установлены в корпусе. Подшипники монтируют в крепительных крышках. В корпусе редуктора они зафиксированы передней крышкой с отверстием для вала и "глухой" задней. Для удобства сборки и разборки внутренние кольца подшипников установлены на вал с тугой посадкой, наружные — со скользящей. Подшипниковые узлы заполнены смазкой ЖРО, для ее добавления в крышках имеются штуцеры с пробками.

Большое зубчатое колесо представляет собой венец, прикрепленный к ступице 15 колесного центра призонными болтами. Они имеют небольшую конусность и входят в отверстия с натягом. Венцы изготовляют из хромоникелевой стали 30ХНЗА и подвергают термообработке, что увеличивает срок их службы.

Корпус редуктора не только удерживает смазку и защищает зубчатые колеса от попадания посторонних предметов и грязи, он также обеспечивает постоянное расстояние между центрами зубчатых колес. На боковых стенках корпуса имеются усиливающие ребра, идущие к горловине.

В удлиненной части верхней половины корпуса (хвостовике) проделано отверстие, через которое проходит специальный подвесной стержень. Его верхний конец подвешен к кронштейну поперечной балки рамы тележки с помощью двух резинометаллических амортизаторов, двух гаек и контргаек. Причем имеется запас резьбы, позволяющий поднимать или опускать хвостовик корпуса редуктора, то есть, регулировать наклон упругой муфты.

Нижний узел подвесного стержня включает в себя два резинометаллических амортизатора, четыре полукольца, два кольца, скобу и крепежные детали. От падения на путь в случае обрыва стержня или поломки кронштейна редуктор защищает предохранительная пластина (скоба). Шарнирная подвеска редуктора допускает необходимый поворот его корпуса относительно оси колесной пары в зависимости от прогиба пружин рессорного подвешивания. Поэтому все перемещения вала тягового двигателя относительно вала малой шестерни при движении вагона воспринимает упругая муфта, не нарушая работы зубчатой передачи.

При сборке тележки и монтаже двигателя и редуктора с колесной парой необходимо обеспечить предварительный наклон муфты, т. е. вал двигателя должен быть выше вала малой шестерни на 2 — 4 мм.

Если этого не сделать, в эксплуатации муфта не будет нормально функционировать: может быть сорван ее фланец, порвана резиновая оболочка. Есть вероятность, что будет срезан вал малой шестерни и т. д.[7]

Для проведения анализа были выбраны именно подшипники вала малой шестерни в редукторе, потому что они играют большую роль в работе редуктора и любые неисправности в этих подшипниках ведут к ухудшению работы всего редуктора либо к поломке редуктора.

### **2.3 Подшипник редуктора тягового привода. Устройство, предназначение и виды несоответствий**

Подшипник — сборочный узел, являющийся частью опоры или упора и поддерживающий вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жёсткостью. [12]

Подшипники качения - это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения.

Функции подшипника:

- Фиксирует положение в пространстве;
- обеспечивает вращение, качение или линейное перемещение (для линейных подшипников) с наименьшим сопротивлением;
- воспринимает и передаёт нагрузку от подвижного узла на другие части конструкции.

Подшипники качения состоят из:

- внутреннего и наружного колец с дорожками качения;
- тел качения (шариков или роликов);
- сепараторов, разделяющих и направляющих тела качения.

Устройство подшипника качения представлено на рисунке 4.

Производство подшипников качения осуществляется в условиях жестких требований к их качеству. При идеальных рабочих условиях подшипники могут непрерывно эксплуатироваться в течение многих лет. Срок службы подшипников качения зависит от условий их производства,



хранения, обслуживания, установки, нагрузки и условий работы.[10]



Рисунок 4- Устройство подшипника качения

Основные дефекты и неисправности подшипников и их элементов и причины, их вызывающие:

1) Усталостное выкрашивание (расслоение) подшипника.

Расслоение подшипника - естественная причина разрушения подшипников. Если давление Герца не превышает 2000 N/mm, подшипники имеют срок службы, практически обусловленный только смазкой и чистотой. В действительности давление между элементами качения и кольцами обычно составляет от 3 000 до 3 500 N/mm и усталостные повреждения подшипника, чередуясь с напряжениями на сдвиг, приводят к расслоению металла. Пагубное влияние на усталость подшипников оказывают неметаллические включения в сталь.

Выкрашивание (расслоение) - процесс длительный, который ускоряется, в той или иной степени, после появления первых трещинок. Причины

преждевременного выкрашивания: плохой монтаж, перегрузка, дефекты вала, плохая геометрия посадочного гнезда.

Повышенный предел эластичности повышает ресурс, так как он уменьшает риск, связанный с наличием неметаллических включений. Применение сталей высокого качества дегазированных и разлитых под вакуумом сегодня является наиболее распространенным. [11]

### 2) Поверхностное выкрашивание (шелушение) подшипника.

Поверхностное выкрашивание (шелушение) на поверхности металла достаточно распространено и проявляется в форме очень мелких чешуек на подшипнике. Оно связывается с применением смазки недостаточной плотности по отношению к шероховатости поверхности, что провоцирует контакт металл-металл. Основное средство борьбы с этим явлением – уменьшение шероховатости поверхности и повышение вязкости смазочного материала подшипника.

### 3) Заедание (заклинивание) подшипника.

Проявляется в переносе частичек материала, вырываемых с поверхности, и их осаждение в другом месте микроприраиванием. Матовые зоны и коричневые следы свидетельствуют о перегреве. Следом происходит деформация элементов качения подшипника с отрывом частичек материала и их локализация, элементы качения и сепараторы подшипников разрушаются или сплющиваются и даже полностью свариваются. Основная причина заедания-отсутствие смазки. Но также и избыток смазки не позволяет снизить трение в подшипнике. Заедание чаще происходит в конических роликовых подшипниках при наличии трения скольжения между роликами и буртиком внутреннего кольца и когда многие ролики повреждены: зачастую это происходит при первых оборотах если не позаботиться о хорошей смазке при запуске. [9]

Другие причины заклинивания подшипника:

- смазка на основе продуктов не способных воспроизводить многослойные поверхностные слои, разрушаемые давлением;
- количество смазки в подшипнике, недостаточное для отвода тепла;

- высокие скорости, провоцирующие перегрев подшипника;
- неправильный выбор типа подшипника, в частности, с точки зрения материала сепаратора.

Выбор смазки и способа смазки подшипника имеет исключительное значение. Нет необходимости в очень вязкой и обильной (избыточной) смазке, которая приводит к скольжению шариков или роликов по поверхности колец при запуске и торможении подшипника.

#### 4) Оттиски (отпечатки) от деформации подшипника.

Оттиски (отпечатки) от деформации подшипника встречаются очень часто: следы ударов, трещин, растрескивания поверхности, отражающие отсутствие мер предосторожности: случайное падение подшипника, монтаж подшипника с нанесением ударов или с приложением усилий непосредственно к элементам качения, перегрузка подшипника.

Пластические деформации колец подшипника приводят к выемкам без обдирания материала и складкам вытесненного металла или экстракции. Эти отказы не всегда видимы непосредственно: трещины могут в известных случаях привести к последующему разрушению.

#### 5) Инкрустация инородных частиц.

Инкрустация инородных частиц – результат пренебрежения чистотой при монтаже подшипника или попадания случайных примесей. Она выражается в виде отпечатков, продольных непрерывных или прерывистых бороздок на шлифованных поверхностях колец подшипника. Способствует появлению ненормальных люфтов, перекосов, вибраций.

Следы, оставляемые неупругими частицами неглубокие и мало заметные. Если частицы твердые, кратеры становятся относительно глубокими с выступающими краями. Если частицы хрупкие, они разрушаются от сжатия и как результат – многочисленные мелкие отпечатки с острыми кромками.

#### 6) Коррозия подшипника.

Коррозия подшипника проявляется в виде пятен от красного до черного цвета, затем в виде зон отслоения материала. Она может быть химической,

появляющейся под действием окисленного масла, агрессивных продуктов, проникших из-за дефектов уплотнения, или электрохимической с образованием ржавчины от проникновения воды или чрезмерной конденсации.

Лучшей защитой против коррозии и защитой от причин способных ее провоцировать является выбор надлежащей смазки. В наиболее тяжелых случаях необходимо применять подшипники из нержавеющей стали, керамики и т.п. Отметим также, что появление коррозии приводит к последующему усталостному разрушению подшипников и выкрашиванию. [8]

#### 7) Контактная коррозия (фреттинг-коррозия) подшипника.

Контактная коррозия проявляется в виде следов розоватого, коричневого или черного цвета более или менее протяженных в зонах наружных опор подшипников. Она возникает при незначительном вращении или вибрации колец по отношению к их опорным поверхностям.

Контактная коррозия не во всех случаях приводит к непоправимым повреждениям, особенно в ее начале, но если она приводит к повреждению опорного гнезда или вала, то результатом будет ухудшение состояния опорной поверхности и есть основания опасаться растрескивания колец. В большинстве случаев она является следствием неправильной посадки подшипника в корпусе или на валу. В каждом случае монтажа необходимо тщательно соблюдать предписанные зазоры и допуски.

#### 8) Абразивный износ подшипника.

Абразивный износ придает подшипникам серый вид. Он появляется при работе в абразивной среде по причине неудовлетворительной смазки.

#### 9) Повреждение сепараторов подшипников.

Повреждения сепараторов происходят в основном по причине небрежного монтажа подшипника.

#### 10) Надрывы.

Надрывы – узкие разрывы или другие начальные стадии растрескивания, имеют возможными причинами чрезмерные напряжения при монтаже или демонтаже подшипника, или трещины при обработке и закалке.

#### 11) Окрашивание (изменение цвета) подшипника.

Окрашивание в коричневый, голубоватый или черноватый цвет подшипника является результатом поверхностного окисления в присутствии смазки, полимеризующейся при высокой температуре. Источник ненормального перегрева подшипника может быть внутренним, например, избыток смазки, или внешним.

#### 12) Внешние признаки повреждения подшипника.

Внешние признаки повреждения подшипников многочисленны:

- вибрации, определяемые на ощупь или с помощью электронной аппаратуры, могут привести к остановке машины. Причины: повреждение подшипника выкрашиванием, абразивный износ, коррозия, дисбаланс, чрезмерный зазор, заклинивание, недостаточное прижимание кольца.

- ненормальный шум в результате перекатывания катящихся элементов через инородные частицы или вмятины, образовавшиеся в результате плохого монтажа подшипника или выкрашивания, коррозии подшипника, уменьшения внутреннего зазора, поломки сепаратора или вращающихся элементов подшипника.

- повышение температуры может проявиться по причине отсутствия либо излишек смазки в подшипнике, отсутствия внутреннего зазора, в результате аварийной перегрузки или плохого монтажа подшипника.

- повышенный момент трения может быть следствием повреждения сепаратора, непригодности смазки, повреждения уплотнения подшипника. [15]

### **2.4 Анализ требований нормативных документов на подшипник**

Для проведения анализа требований на подшипник для начала были рассмотрены технические требования на подшипники качения [1]

Настоящий стандарт распространяется на подшипники качения, устанавливает допуски на основные размеры (за исключением размеров фасок), точность вращения подшипников и другие технические требования, приемку,



методы контроля, маркировку, упаковку, транспортирование, хранение, указания по применению и эксплуатации, гарантии изготовителя.

Настоящий стандарт не распространяется на некоторые подшипники определенных конструктивных исполнений (например, игольчатые подшипники со штампованным наружным кольцом) и на подшипники специальных видов применения.

Технические требования и следствия несоблюдения этих требований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические требования, предъявляемые к подшипникам и несоответствия при несоблюдении этих требований

Технические требования ГОСТ 520-2011	Несоответствия, связанные с несоблюдением требований
<p>1 Требования к геометрическим параметрам подшипника</p> <p>1.1 Зазоры по ГОСТ 24810</p> <p>1.2 Фаски должны соответствовать ГОСТ 3478</p> <p>1.3 Соблюдение натяга внутреннего кольца подшипника</p>	<p>1.1 Растрескивание и выкрашивание, абразивный износ, фреттинг-коррозия, повреждение при сборке, несоосность колец</p> <p>1.2 Трещины;</p> <p>1.3 Шум, перегрев подшипника, износ, разрушение;</p>
<p>2 Требования к поверхности подшипника</p> <p>2.1 Параметр шероховатости по ГОСТ 2789</p> <p>2.2 Отсутствие коррозии;</p> <p>2.3 Отсутствие (допускаемая величина) забоин, отсутствие раковин, хромирования;</p> <p>2.4 Отсутствие прижогов;</p>	<p>2.1 Износ подшипника;</p> <p>2.2 Темно-красные пятна или налет на поверхности деталей подшипника;</p> <p>2.3 Забоины, раковины, хромирование;</p> <p>2.4 Наличие прижогов;</p>
<p>3 Визуальный контроль подшипника</p> <p>3.1 Легкое вращение, отсутствие заедания;</p>	<p>3.1 Заедание, заклинивание;</p>

3.2 Значения параметров вибрации не больше установленного разряда норм вибрации;	3.2 Наличие вибрации;
3.3 Подшипники должны быть размагничены;	3.3 Износ подшипника;
3.4 Отсутствие хруста в подшипниках.	3.4 Хруст в подшипниках.

Анализ нормативной документации позволяет получить информацию о требованиях, предъявляемых к подшипникам и особенностях этих параметров для дальнейшей долгой эксплуатации подшипника.

### **3 Анализ несоответствий подшипников**

**(Текст раздела изъят)**

**4 Разработка мероприятий по предупреждению и корректировке несоответствий подшипников  
(текст раздела изъят)**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы была подробно изучена деятельность предприятия АО «КрЭВРЗ», проанализированы данные по несоответствиям в подшипниках ВМШ редуктора тягового привода за 2016 год, выявлены причины появления этих несоответствий и способы их устранения.

Разработана программа мероприятий по повышению качества подшипников вала малой шестерни редуктора тягового привода на АО «КрЭВРЗ» в 2017 году.

- Определены ответственные за реализацию мероприятий программы;
- определены сроки реализации мероприятий данной программы;
- предприятие с программой ознакомлено;
- программа утверждена и будет реализована предприятием в течении 2017 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) ГОСТ 520-2011 Подшипники качения. Общие технические условия. Взамен ГОСТ 520-2002. – Введ.01.07.2012. – Москва: Стандартинформ,2012. - 121с.
- 2) Барабанова, О.А. Семь инструментов контроля качества: учеб. пособие / О.А. Барабанова, В.А. Васильев, С.А. Одинокоев. – Москва: ИТЦ МАТИ ,2010. – 75 с.
- 3) Бейзельман, Р.Д. Подшипники качения: справочник / Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин – Москва: Машиностроение ,1975. – 362с.
- 4) Калинин В.К. Электровозы и электропоезда: учебник / В.К. Калинин. – Москва: Транспорт,1991. – 480 с.
- 5) Классификатор дефектов и повреждений подшипников качения. - Введ.07.12.2007. – Москва: ОАО «РЖД»,2007. – 117с.
- 6) Красноярский электровагоноремонтный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kr-evrz.ru/>.
- 7) Находкин, В.М. Ремонт электроподвижного состава: учеб. пособие / В.М. Находкин, Д.В. Яковлев, Р.Г. Черепашенец. – Москва: Транспорт,1989 – 297с.
- 8) Неисправности подшипниковых узлов, способы устранения [Электронный ресурс]: информационно-инженерный портал – Электрон. журн.: Веб-Механик,2011. - Режим доступа: <http://web-mechanic.ru/podshipniki/neispravnosti-podshipnikovykh-uzlov-sposoby-ustraneniya.html>.
- 9) Обнаружение дефектов подшипников качения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://vibration.ru/obnar\\_defekt.shtml](http://vibration.ru/obnar_defekt.shtml).
- 10) Петропавлов, Ю.П. Технология ремонта электроподвижного состава: учебник / Ю.П. Петропавлов. – Москва: Маршрут ,2006. – 430 с.
- 11) Повреждения подшипников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pkufa.ru/support/defects/>.



12) Подшипники. Назначение и виды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://nomogramka.info/bearing/pdsh\\_first.htm](http://nomogramka.info/bearing/pdsh_first.htm).

13) Раков, В.А. Локомотивы отечественных дорог 1956-1975: учебное пособие / В.А. Раков. – Москва: Транспорт, 1999. – 443 с.

14) Редукторный узел [Электронный ресурс]: - Режим доступа: [http://studopedia.ru/3\\_180855\\_reduktorniy-uzel.html](http://studopedia.ru/3_180855_reduktorniy-uzel.html).

15) Типовые повреждения подшипников и причины их возникновения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://podshipnikspb.ru/iznos-podshipnikov/>.

16) Электропоезда постоянного тока [Электронный ресурс]: - Режим доступа: [http://www.electri4ka.com/e\\_postoianiy\\_t/epot\\_07.html](http://www.electri4ka.com/e_postoianiy_t/epot_07.html).

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(обязательное)

**(Текст раздела изъят)**


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Стандартизация, метрология и управление качеством»

УТВЕРЖДАЮ



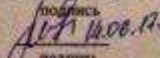
Заведующий кафедрой

 В.С. Секацкий  
« 14 » 06 2017 г.

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

27.03.02 Управление качеством

Анализ несоответствий подшипников ВМШ редуктора тягового привода на АО  
«КрЭВРЗ» и разработка мероприятий по их снижению

Руководитель	 подпись	ст. преподаватель	О.А.Гаврилова
Выпускник	 подпись		Д.А.Лариошина
Нормоконтролер	 подпись	доц., канд. техн. наук	Н.В. Мерзликина

Красноярск 2017