

“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ” АЖ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ



Химоя қилишга  
рухсат берилсин  
Кафедра мудири  
“31” 05 2016 й

“Электр транспорти ва юкори тезликдаги  
электр ҳаракат таркиби” кафедраси

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Мавзу: «ВЛ60к электровозини капитал-тиклаш таъмирлаш аравачасини  
чарчокка мустаҳкамлигини ҳисоблаш».

(«Расчёт усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-  
восстановительном ремонте»).

Муаллиф: Тувалов Жасур Нормўмин ўгли

Раҳбар: Хромова Галина Алексеевна

Маслаҳатчилар: Криворучко Б.В.

Расулова Г.Ф.

Такризчи:

ЛУКАЕВ С.А.

Тошкент – 2016 й.

**“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ” АЖ  
ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

Электромеханика факультети

“Электр транспорти ва юқори тезликдаги электр ҳаракат таркиби” кафедраси  
5310700- «Электртехника, электрмеханика, электртехнология (темир йўл транспортида)»  
йўналиши ЕМ-575 гуруҳи



«Тасдиқлайман»

каф.мудир

2016-йил

26.09.16

сана

**МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ БЎЙИЧА  
ТОПШИРИҚ**

**Талаба** Тувалов Жасур Нормўмин ўғли  
(фамилияси, исми, шарифи)

**Битирув ишининг мавзуси** «Расчёт усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте».

**Битирув иши мавзуси** институтнинг «22» 01 2015 й. №32-У - сонли буйруғи билан тасдиқланган.

**Битирув ишини топшириш муддати** 1 июнь 2016 - йил.

**Битирув ишини бажаришга доир бошланғич маълумотлар** УП «O'ztemiryo'lmashta'mir» дан олинган материаллар ва илмий-техник адабиётлар.

**Ҳисоблаш-тушунтириш ёзувларининг таркиби (ишлаб чиқиладиган масалалар рўйхати)**

**Глава 1. Описание существующей конструкции, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к.**

1.1. Общее описание существующей конструкции тележки электровоза ВЛ60к.

1.2. Поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к.

1.3. Методы испытаний на усталостную прочность узлов тележек электровозов.

**Глава 2. Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к.**

2.1. Описание участка цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к.

2.2. Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к.

2.3. Диагностирование и разработка рекомендаций по повышению усталостной прочности и надежности тележек электровоза ВЛ60к.

**Глава 3. Теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте.**

3.1. Расчет тележки на усталостную прочность электровоза ВЛ60к.

3.2. Разработка методики расчета на усталостную прочность тележки электровоза ВЛ60к с целью продления срока их полезного использования.

**Глава 4. Охрана труда и техника безопасности.**

**Глава 5. Техничко-экономические расчеты.**

**Чизма ишлар рўйхати (чизмалар номи аниқ кўрсатилади).**

1. Тележка электровоза ВЛ60к.

2. Рама тележки электровоза ВЛ60к.

- 3.Схема участка цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к.  
4. Рессорное подвешивание электровоза ВЛ60к.

**Битирув иши бўйича маслахатчи (лар)**

№	Бўлим мавзуси	Маслахатчи ўқитувчи Ф.И.Ш.	Имзо, сана	
			Топшириқ берилди	Топшириқ бажарилди
1	Ҳаёт фаолият хавфсизлиги.	Криворучко Б.В.		
2	Техник иктисодий ҳисоблар	Расулова Г.Ф.	21.05.16 	27.05.16 

**8. Битирув ишини бажариш режаси**

№	Битирув иши босқичларнинг номи	Бажариш муддати (сана)	Текширувдан ўтганлик белгиси
1	Введение		
2	Описание существующей конструкции, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к.		
3	Методы испытаний на усталостную прочность узлов тележек электровозов.		
4	Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к.		
5	Теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте.		
6	Безопасность жизнедеятельности	26.05.16	
7	Технико-экономические расчеты	27.05.16	
8	Подготовка презентации		

Битирув иши раҳбари Хромова Галина Алексеевна  
(Ф.И.Ш)

(имзо)

Топшириқни бажаришга олдим Тувалов Жасур Нормўмин ўғли

(Ф.И.Ш)

(имзо)

Топшириқ берилган сана 10.01.2016 йил

ВКР 5310700-00-14ПЗ

Из Лист	№ докум.	Подп.	Дат	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Тувалов Ж.					
Пров.	Хромова Г.					
Утв.	Бердиев У.					

**Реферат**

ТашИИТ ЕМ-575

Выпускная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения и списка использованной литературы, а также приложения.

В первой главе приведено описание существующей конструкции тележки электровоза ВЛ60к, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к, технические данные, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к, а также методы испытаний на усталостную прочность узлов тележек электровозов.

Во второй главе проведена разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к, в том числе дается планировка участка цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к.

В третьей главе представлен теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте.

В разделе охрана труда рассматриваем опасности участка ремонта тележек электровоза ВЛ60к, исследование пожарной опасности электрооборудования, меры противопожарной безопасности, противопожарная профилактика, пожарная безопасность в электроустановках.

На технико-экономическом разделе выполнен расчёт экономических показателей работы работников ремонтно-комплектовочного цеха.

Также имеются чертежи, выполненные в AUTOCAD 2013:

1. Тележка электровоза ВЛ60к;
2. Рама тележки электровоза ВЛ60к;
3. Схема участка цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к;
4. Рессорное подвешивание электровоза ВЛ60к.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ		
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>	<b>Содержание</b> <b>Содержание</b>		
Разраб.	Тувалов Ж.						
Пров.	Хромова Г.						
Утв.	Бердиев У.						
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					ТашИИТ ЕМ-575		

	Введение.	6
<b>Глава 1</b>	<b>Описание существующей конструкции, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к.</b>	12
1.1	Общее описание существующей конструкции тележки электровоза ВЛ60к.	12
1.2	Поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к.	16
1.3	Методы испытаний на усталостную прочность узлов тележек электровозов.	17
<b>Глава 2</b>	<b>Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к.</b>	22
2.1	Описание участка цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к.	22
2.2	Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к.	30
2.3	Диагностирование и разработка рекомендаций по повышению усталостной прочности и надежности тележек электровоза ВЛ60к.	45
<b>Глава 3</b>	<b>Теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте.</b>	49
3.1	Расчет тележки на усталостную прочность электровоза ВЛ60к.	49
3.2	Разработка методики расчета на усталостную прочность тележки электровоза ВЛ60к с целью продления срока их полезного использования.	58
<b>Глава 4</b>	<b>Охрана труда и техника безопасности.</b>	77
4.1	Опасности участка ремонта тележек электровоза ВЛ60к.	77
4.2	Исследование пожарной опасности электрооборудования.	78
4.3	Меры противопожарной безопасности. Противопожарная профилактика.	80
4.4	Пожарная безопасность в электроустановках.	83
<b>Глава 5</b>	<b>Технико-экономические расчеты.</b>	90
5.1	Расчет экономических показателей работы ремонтно-комплектовочного цеха.	90
	Заключение.	101
	Список использованных литератур.	102

					ВКР 5310700-00-14ПЗ			
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>				
<b>Разраб.</b>		Тувалов Ж.			<b>ВведениВведение</b>	<b>Лит.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
<b>Пров.</b>		Хромова Г						
<b>Н.конт.</b>						ТашИИТ ЕМ-575		
<b>Утв.</b>		Бердиев У.Т.						

На сегодняшний день в Республике Узбекистан проводятся целенаправленные мероприятия по дальнейшему развитию транспортного потенциала, что способствует укреплению политической и экономической независимости страны, обеспечивает её активную интеграцию в мировое сообщество. В частности, ведется строительство новых железнодорожных линий внутри страны, проводится реконструкция и электрификация основных транзитных железнодорожных участков, производится организация новых маршрутов и формирование контейнерных поездов, с целью открытия клиенто-ориентированных, коротких и удобных путей перевозок.

Железнодорожным транспортом страны перевозится грузов больше, чем всеми остальными видами транспорта. Особенно велико его значение в экспорте и импорте грузов.

На сегодняшний день АО «Узбекистан темир йуллари» является единственным производственно-хозяйственным комплексом, предоставляющим транспортные железнодорожные услуги народному хозяйству и населению Республики Узбекистан.

Общая протяженность сети железных дорог составляет более 6020 км, в т.ч. общего пользования — 4230 км. Средняя плотность железных дорог Узбекистана составляет 13,5 км на 1000 кв. км площади страны. В Узбекистане электрифицировано около 15% железных дорог общего пользования.

Унитарное предприятие "O'ZTEMIRYO'LMASHTA'MIR" – старейшее предприятие Республики Узбекистан, одно из наиболее динамично развивающихся машиностроительных предприятий, уникальное по своему профилю в Центральной Азии.

Предприятие **УП "O'ZTEMIRYO'LMASHTA'MIR"**, входящее в состав АО "O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI", имеет в своем составе головное предприятие

Ташкентский тепловозремонтный завод, дочерние предприятия «Литейно – механический завод», «Андижанский механический завод» и «Пахтаабадский вагоноремонтный завод», а также Самаркандский филиал.

Общая численность работников предприятия составляет более 3,6 тысяч человек.

Ташкентский тепловозремонтный завод – является головным предприятием УП «O`ZTEMIRYO`LMASHTA`MIR». Он был создан более ста лет тому назад как Главные мастерские Среднеазиатской железной дороги.

Предприятие специализируется на капитальном ремонте и восстановлении с продлением срока службы: магистральных тепловозов серии ТЭ10, маневровых тепловозов ТЭМ2 и ЧМЭЗ, электровозов ВЛ60К и ВЛ80С, грузовых вагонов (крытые вагоны, полувагоны, думпкары, битумовозы, цементовозы, окатышевозы, 2-ярусные платформы для перевозки легковых автомобилей) и вагонов специального назначения. Также производится капитальный ремонт электрических машин, колесных пар и других узлов и агрегатов локомотивов.

Предприятие обеспечивает потребности АО "O`ZBEKISTON TEMIR YO`LLARI " в запасных частях для подвижного состава и верхнего строения пути, производит диагностирование подвижного состава железных дорог для определения его остаточного ресурса с целью продления срока службы.

Сегодня завод располагает мощной производственной и ремонтной базой, которая включает в себя цеха многопрофильного производства: машиностроения, металлообработки, сталелитейного, чугунолитейного, цветного литья, кузнечнопрессового, инструментального, деревообрабатывающего, резинотехнического производства и др.

Оснащённость УП "O`ZTEMIRYO`LMASHTA`MIR" позволяет производить капитальный ремонт подвижного состава в значительных объёмах, при этом качество ремонтных услуг соответствует действующей нормативно-технической документации.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

В годы Независимости завод вошёл в состав ГАЖК «O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI» с сохранением железнодорожной ориентации.

В целях экономии валютных средств АО «O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI» поставила Ташкентскому тепловозоремонтному заводу задачу в короткие сроки организовать производство продукции по импортозамещению, в результате был освоен капитальный ремонт маневрового тепловоза серии ТЭМ2, капитальный ремонт пассажирских вагонов, ремонт электровозных колёсных пар. Ежегодно увеличивая объём производства, предприятие постоянно расширяет ассортимент осваиваемой продукции: производит ремонт и модернизацию вагонов-хопперов для перевозки минеральных удобрений, переоборудование окатышевоза под цементовоз, модернизацию вагона-платформы под цементовоз и т.д.

В связи с электрификацией, реконструкцией и модернизацией железной дороги для перевода с тепловозной на электровозную тягу завод начал ремонт электровозов серии ВЛ60К и ВЛ80С. Эта программа потребовала также освоения изготовления деталей верхнего строения пути, ранее получаемых от зарубежных предприятий. Кроме того, для ремонта тепловозов и вагонов в целях сокращения импорта были освоены с увеличением объёма производства колодки тормозные локомотивные, вагонные, скользуны горизонтальные, пружины, вкладыши дизелей Д50 и Д100 и др.

Сохранившиеся в рыночных условиях длительные хозяйственные связи с поставщиками и потребителями позволили предприятию ежегодно обеспечивать стабильный рост объёмов производства в среднем на 20%.

Благодаря ежегодному росту производительности труда, рационализации и механизации трудоёмких процессов, завод полностью удовлетворяет потребность в капитальном ремонте подвижного состава для АО "O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI" и оказывает ремонтные услуги республикам Кыргызстан,

Таджикистан, Туркменистан, Казахстан, Россия.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

За последние три года экспорт продукции и услуг завода составил 3,2 млн. дол. США.

На предприятии с сентября 2006 года внедрена и работает Система Менеджмента Качества по Международному стандарту ISO 9001:2000.

Много внимания уделяется сохранению и развитию социальной сферы.

На балансе завода находится детский оздоровительный лагерь, содержится физкультурно-оздоровительный комплекс: с тренажёрным залом, плавательным бассейном, спортзалом, сауной и душевыми. Имеется база отдыха «рыбака», здравпункт, цех здоровья, клуб на 430 мест, музей истории завода, выставочный зал, столовая.

Завод принимает активное участие в общественной жизни города и Республики, уделяет большое внимание вопросам оказания шефской помощи махаллинским комитетам, школам, дошкольным и медицинским учреждениям.

Устойчивая работа старейшего предприятия Республики, обеспечивается трудом квалифицированных кадров численностью более 1,5 тысяч человек. Динамика роста производства, настрой на результативность, опыт в сочетании с традициями – всё это залог будущих успехов коллектива предприятия.

Во второе столетие своей истории Ташкентский тепловозоремонтный завод вступил обновлённым, в полной силе своих возможностей, как одно из опорных предприятий в экономике Республики Узбекистан.

С первых дней Независимости завод получил новое название

-Производственное объединение «Узжелдорреммаш». Завод перешёл в подчинение ГАЖК «O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI» и приступил к исполнению стратегических задач независимого Узбекистана, направленных на подъём и улучшение его экономики.

Позже в июне 2001 года производственное объединение было преобразовано в Унитарное предприятие УП «O'ZTEMIRYO'LMASHTA'MIR». В

состав Унитарного предприятия вошли дочерние предприятия: Андижанский					Лист
ВКР 5310700-00-14ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

механический и Пахтаабадский вагоноремонтный заводы, Литейно-механический завод, в 2008 году образован Самаркандский филиал. При этом Ташкентский тепловозовагоноремонтный завод остаётся ядром предприятия. В результате образовалось мощное предприятие общей численностью более 3,6 тысяч человек.

Сплочённая работа трёх предприятий УП «O'ZTEMIRYO'LMASHTA'MIR», межзаводская кооперация помогает быстрее решать самые сложные технические вопросы.

В период независимости завод планомерно осваивает новые производства с самыми современными технологическими процессами.

В 2003 году предприятием освоен восстановительный ремонт полувагонов с продлением срока службы на 5 и 11 лет.

В 2004 году на предприятии освоен капитальный ремонт тягового электродвигателя электровоза в объёме КР-2.

В 2005 году освоен капитальный ремонт в объёме КР-2 электровозов серии ВЛ80С. В том же году освоен капитально-восстановительный ремонт вагонов-думпкаров с продлением срока службы на 5 лет.

В 2006 году на предприятии освоен капитально-восстановительный ремонт электровозов серии ВЛ60К. Освоена модернизация платформы, оборудованной для перевозки цемента, капитальный ремонт битумовозов.

В 2007 году на заводе был освоен ремонт магистрального тепловоза 2ТЭ116.

В 2008 году освоен капитальный ремонт маневровых тепловозов типа ЧМЭЗ.

Для необходимости увеличения мощности локомотивов на линии Ташгузар – Бойсун – Кумкурган была проведена модернизация тепловозов типа ТЭ10 с изменением конструкции в составе из 4-х секций. В том же году освоена модернизация крытых вагонов под электростанцию.

С 2005 года на основании Постановления Кабинета Министров Республики

Узбекистан за № 620 от 30.12.04 года УП «O'ZTEMIRYO'LMASHTA'MIR» включено	Лист		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата

в Программу локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на базе местного сырья.

В программу локализации включены:

- Восстановление тепловозов
- Восстановление электровозов ВЛ60К, ВЛ80С
- Восстановление крытых вагонов с продлением срока службы на 5 лет
- Восстановление полувагонов с продлением службы на 11 лет
- Переоборудование платформы под цементовоз
- Ремонт колесных пар со сменой элементов
- Производство локомотивных и вагонных тормозных колодок.

Сегодня предприятие совместно с АО «O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI» стремится участвовать в различных проектах на взаимовыгодных условиях не только со странами СНГ, но и с крупными фирмами дальнего зарубежья.

Благодаря Независимости завод с богатой столетней историей превратился в современное предприятие, соответствующее мировым стандартам, и активно участвует в укреплении экономики Республики Узбекистан в новом XXI веке.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ			
					<b>Описание существующей конструкции, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к</b>			
<b>Изм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Прош.</b>	<b>Дат</b>	<b>Описание существующей конструкции, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к</b>	<b>Лит.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Разраб.								
Пров.		Хромова Г						
Н.конт.								
Утв.		Бердиев У.Т.				ТашИИТ ЕМ-575		

## 1.1 Общее описание существующей конструкции тележки электровоза ВЛ-60к

Механическая часть предназначена для размещения электрического и пневматического оборудования, реализации тяговых и тормозных сил, развиваемых электровозом, а также обеспечения безопасных условий управления электровозом. Механическая часть электровозов ВЛ60к и ВЛ60<sup>п/к</sup> состоит из двух несочлененных тележек и кузова.

На механическую часть электровоза действует нагрузка, создаваемая весом механического, электрического и пневматического оборудования. Кроме того, механическая часть передает тяговые усилия от электровоза к поезду и воспринимает динамические нагрузки, возникающие при движении электровоза по кривым и прямым участкам пути.

Тележка. Тележка электровозов ВЛ60к и ВЛ60<sup>п/к</sup> трехосная (рис. 1.1). Основными составными узлами тележки являются рама 1, колесные пары 5, зубчатая передача 9, буксы 10, рессорное подвешивание 3, рычажно-тормозная система 7, подвеска тягового двигателя 4. Конструкция тележки обеспечивает возможность монтажа и демонтажа вниз тягового двигателя 8 вместе с колесной парой, снятия кожуха зубчатой передачи без подъема кузова и смены тормозных колодок не на смотровой канаве.

Кронштейн 2 служит основанием для боковых опор кузова; половина веса кузова передается через них, а половина - через центральные опоры маятникового типа. Подвешивание тяговых двигателей опорно-осевое. Устройства подвешивания расположены на двух шкворневых балках тележки и одной концевой балке, на которой предусмотрен кронштейн 6.

На электровозах ВЛ60к и ВЛ60<sup>п/к</sup> применена рычажно-тормозная система с двусторонним нажатием тормозных колодок. Буксовый узел вы-



СтЗ толщиной 10 мм. В местах буксовых узлов боковины усилены литыми кронштейнами в виде желобов.

Шкворневые брусья коробчатого сечения с ребрами жесткости литые из стали 12ГТ-II. Концевой брус отлит из стали 12ГТ-II совместно с кронштейнами подвешивания тягового двигателя. К трубе 1 диаметром 168 мм и толщиной стенок 10 мм приварены тормозные кронштейны. Кронштейны буксовые, тормозные, рессорного подвешивания и дополнительной опоры изготовляют из стали 12ГТ-I. Малый 5 и большой 4 буксовые кронштейны образуют буксовые проемы рамы тележки. На электровозах последних выпусков концевые поперечные крепления 1 и 11 выполнены литыми, а не из стальных труб, как ранее.

На двух шкворневых брусьях 6, расположенных в средней части рам, устанавливают центральные опоры кузова. В средней части бруса предусмотрено чашеобразное углубление, к дну которого прикрепляют болтами стальной конус центральной опоры. Сбоку этих брусьев, а также на одном концевом бруссе имеются кронштейны 13 для подвешивания тяговых двигателей, а в нижней части брусьев предусмотрены специальные ушки для крепления деталей тормозной рычажной передачи. После сварки раму подвергают термообработке, а затем механической обработке.

Уход за рамами тележек заключается в систематическом наблюдении за надежностью соединения деталей и их состоянием (отсутствие трещин и других повреждений), а также в своевременном устранении всех замеченных неисправностей.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

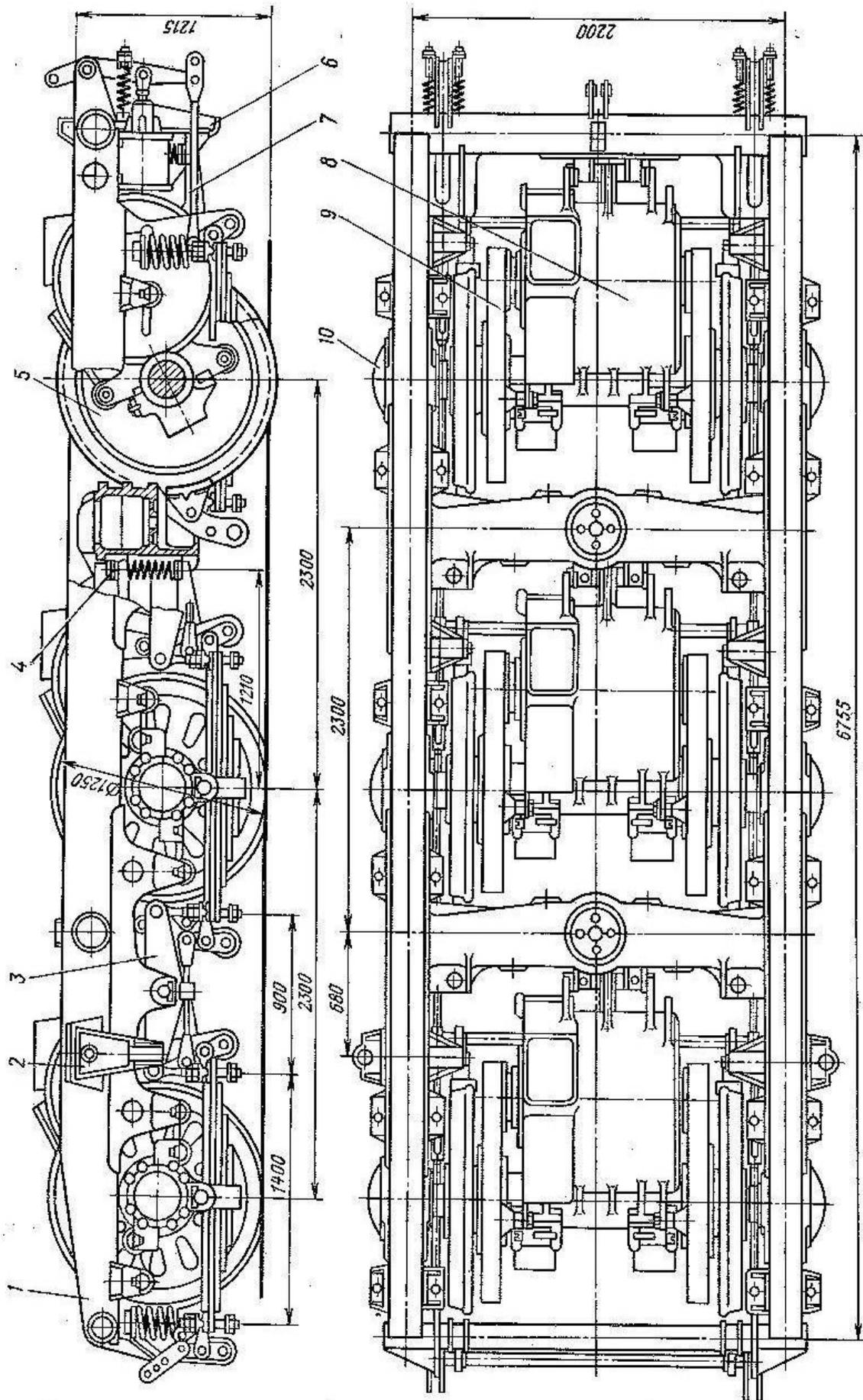


Рис. 1.1. Телетка электрозвов ВЛ60<sup>К</sup> и ВЛ60<sup>П/К</sup>

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 5310700-00-14ПЗ

Лист

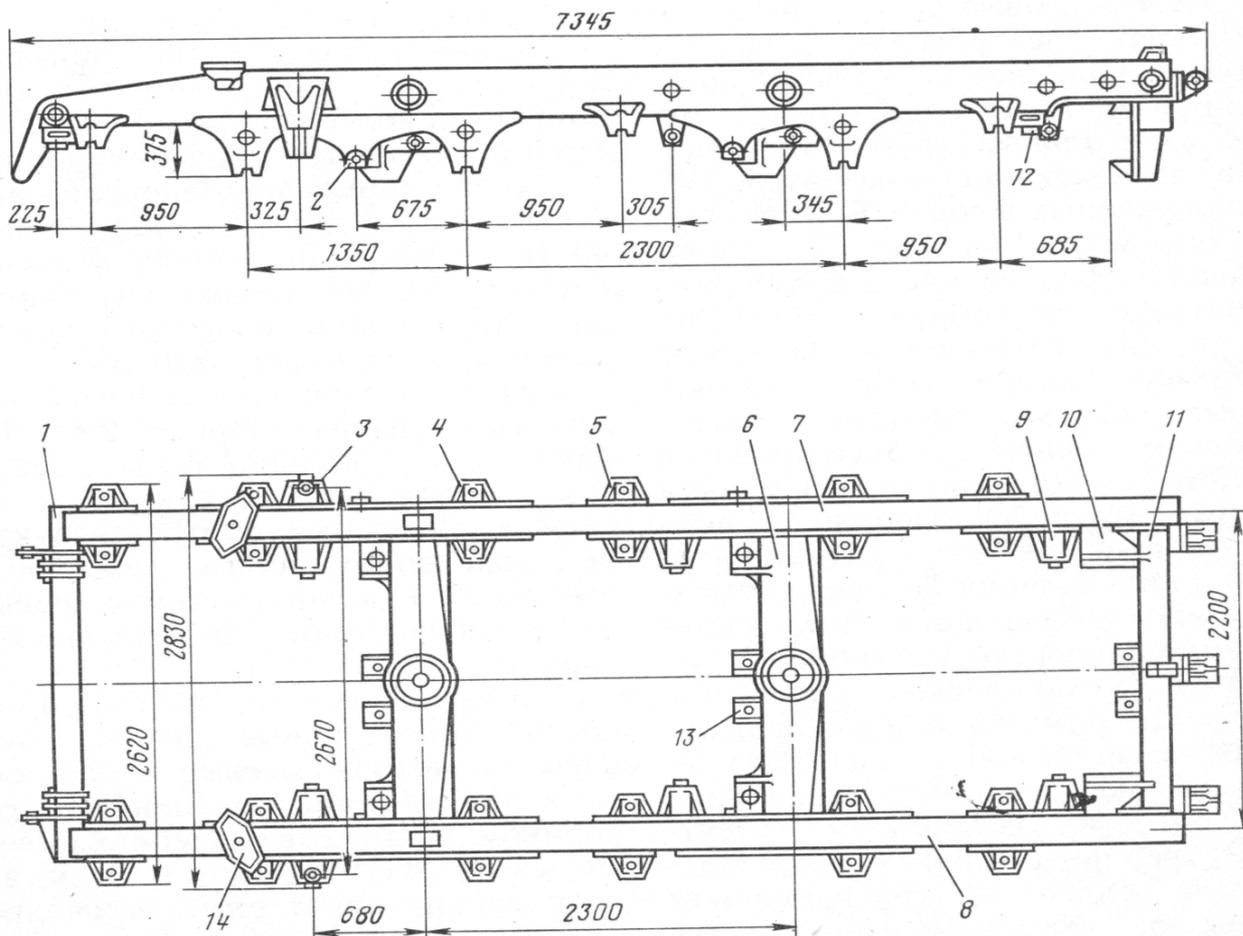


Рис. 1.2. Рама тележки

## 1.2. Поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к

Условия работы рамы тележки тяжелые, так как на раму действуют вертикальные и горизонтальные силы. Вертикальным статическим относят силы, действующие на раму от веса кузова с оборудованием, веса оборудования, установленного непосредственно на раме тележки, а также от веса самой рамы. При неровности пути от этих сил может произойти изгиб рамы или появятся трещины, что может повлиять на работу ходовой части электровоза. К продольным горизонтальным силам относят силу тяги или торможения и силы, возникающие при ударе по автосцепке.

При прохождении кривых под действием сил со стороны наружного рельса происходит поворот локомотива в кривой, при этом возникают силы трения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 5310700-00-14ПЗ

Лист

Горизонтальные реакции рельсов и силы трения в опорных точках колес, передающиеся через колеса, оси и буксы на раму тележки, вызывают ее изгиб в горизонтальной плоскости.

Неисправности причины боковины: трещины в местах сварки и по целому месту искривления натертости металла в местах соединения боковых с поперечными балками; прогиб в вертикальном и горизонтальном направлениях; динамические, циклические воздействия и усталость металла; статические воздействия и усталость металла; некачественное соединение и расслабление крепежных элементов; статические воздействия и усталость металла.

Поперечные балки: трещины в местах сварки и по целому месту искривления прогиб динамические, циклические воздействия и усталость металла; статические воздействия и усталость металла;

Кронштейны: трещины в кронштейнах износ отверстий кронштейнов; циклические воздействия и усталость металла; трение валиков о стенки отверстий кронштейнов и статические воздействия; шкворневой брус, износ втулок, износ шири шкворня, трение шкворня о стенки втулки при движении поезда; трение шкворня о стенки втулки; противоотносное устройство; износ пластин противоотносного устройства и упоров; трение ролика о пластину.

### **1.3. Методы испытаний на усталостную прочность узлов тележек электровозов**

Расчеты на прочность производятся по допускаемым напряжениям и на сопротивление усталости и должны быть выполнены в тех случаях, когда значения определяющих параметров выходят за пределы допусков, установленных нормативной документацией, или могут за период планируемой эксплуатации выйти за эти пределы.

Расчеты должны быть выполнены в соответствии с «Нормами для расчета прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части электровозов железных дорог колеи 1520 мм» (Далее Нормы) на наиболее невыгодное возможное сочетание одновременно действующих нормативных сил (р.3.4 Норм) или на действие динамических (инерционных, упругих и диссипативных) сил.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

На сопротивление усталости оцениваются основные несущие элементы экипажной части:

- рамы тележек, надрессорные балки, промежуточные рамы;
- хребтовые, продольные боковые, основные поперечные и шкворневые балки, шкворни, стяжные ящики, топливные баки, включенные в несущую конструкцию кузова, узлы крепления подкузовного оборудования;
- траверсы, подвески и опоры тяговых электродвигателей, тяговых приводов, редукторно-карданных приводов, корпусов редукторов;
- элементы рессорного подвешивания и узлы крепления тормозного оборудования к несущим элементам экипажной части;
- элементы опор кузова на тележки.

Оценка прочности по допускаемым напряжениям при наиболее невыгодном возможном сочетании одновременно действующих нормативных сил выполняется в соответствии с установленными ниже расчетными режимами:

- I режим – условный режим безопасности. Режим учитывает возможность возникновения значительных продольных сил, обусловленных маневровой работой, транспортировкой и аварийными соударениями;
- II режим – эксплуатационный, учитывает силы, действующие на кузов при разгоне поезда до конструктивной скорости, движении на выбеге или торможении с этой скорости при прохождении кривой;
- IIa режим – эксплуатационный, учитывает силы, действующие на тележку при разгоне поезда до конструкционной скорости или торможении с этой скорости при прохождении кривой;
- IIб режим – эксплуатационный, учитывает силы, действующие на тележку при трогании поезда с места или торможении с малой скорости до остановки;

Нагружение, соответствующее каждому расчетному режиму, приведено в р.3.4 Норм

Расчет прочности несущих элементов на действие динамических сил, полученных из решения задач вынужденных колебаний экипажа или динамических испытаний, проводятся для режимов трогания, тяги, выбега и торможения.

Для расчета элемента или узла электровоза на действие каждой группы сил составляется соответствующая расчетная схема.

Расчетные схемы в зависимости от конструкции элемента или узла и действующих сил могут представлять собой пространственные или плоские модели, содержащие стержневые и пластинчатые конструкции, кривые брусья, балки на упругом основании и другие элементы

При расчете должна приниматься минимальная толщина листов, учитывающая реальную толщину на момент проведения диагностирования и

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

скорость коррозии элементов конструкции по результатам толщинометрии и прогнозируемый коррозионный износ металла за вновь назначенный срок службы электровоза.

Методика расчета включает в себя:

- определение величины эквивалентной амплитуды напряжений, приведенной к базовому циклу нагружений, для каждой контрольной точки;
- расчет предела выносливости материала конструкции по амплитуде для исследуемой точки;
- определение срока службы электровоза;
- определение коэффициента запаса сопротивления усталости.

При расчете сложнапряженных элементов определяются эквивалентные напряжения, которые не должны превышать допускаемых, установленных для соответствующего расчетного режима (табл.5.1 Норм).

Эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{Э}}$  для пластичных материалов определяются по формулам:

- при одноосном растяжении или сжатии ( $\sigma_X$ ) и сдвиге ( $\tau$ )

$$\sigma_{\text{Э}} = \sqrt{\sigma_X^2 + 3\tau^2};$$

- при двухосном растяжении или сжатии ( $\sigma_X, \sigma_Y$ ) и сдвиге ( $\tau$ )

$$\sigma_{\text{Э}} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 - \sigma_X\sigma_Y + 3\tau^2}.$$

Эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{Э}}$  для хрупких материалов определяются по формулам:

- при одноосном растяжении или сжатии ( $\sigma_X$ ) и сдвиге ( $\tau$ )

$$\sigma_{\text{Э}} = \frac{1-a}{2}\sigma_X + \frac{1+a}{2}\sqrt{\sigma_X^2 + 4\tau^2};$$

- при двухосном растяжении или сжатии ( $\sigma_X, \sigma_Y$ ) и сдвиге ( $\tau$ )

$$\sigma_{\text{Э}} = \frac{1-a}{2}(\sigma_X + \sigma_Y) + \frac{1+a}{2}\sqrt{(\sigma_X - \sigma_Y)^2 + 4\tau^2},$$

где  $a = \frac{\sigma_B}{\sigma_B^I},$

$\sigma_B$  и  $\sigma_B^I$  - абсолютные значения пределов прочности при растяжении и сжатии соответственно.

Критические напряжения для стержней определяются по формуле Эйлера:

$$\sigma_{\text{КРЭ}} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

где  $E$  – модуль упругости;

$\lambda$  - гибкость стержня для  $\lambda > \lambda_{\text{ПЦ}},$

$$\lambda_{\text{ПЦ}} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\text{ПЦ}}}},$$

$\sigma_{\text{ПЦ}}$  - предел пропорциональности при сжатии (для стали Ст3

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$\sigma_{ПЦ} = 200$  мПа, для стали 09Г2  $\sigma_{ПЦ} = 270$  мПа).

Тонкие пластины, подвергнутые одноосному сжатию, имеют в области упругих деформаций критические напряжения, определяемые формулой:

$$\sigma_{КР} = k \frac{E}{1 - \mu^2} \left( \frac{a}{b} \right)^2,$$

где  $\mu$  - упругая постоянная материала пластины (табл.3.14 Норм);

$k$  – коэффициент, зависящий от отношения сторон пластин ( $a/b$ ) и условий ее закрепления (табл. 3.6 – 3.10 Норм).

Тонкие пластины, подвергнутые чистому сдвигу в области упругих деформаций, имеют критические напряжения, определяемые формулой:

$$\sigma_{КР} = k \frac{E}{1 - \mu^2} \left( \frac{a}{b} \right)^2,$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от отношения сторон пластины ( $a/b$ ) и условий ее закрепления (табл. 3.11 – 3.12 Норм).

При совместном действии сжатия, изгиба и сдвига критические напряжения вычисляются по формулам:

$$\sigma_{КРС} = \sigma_{КР} \frac{c}{2\beta^2} \sqrt{c^2 + 4\beta^2} - c;$$

$$\tau_{КРС} = \tau_{КР} \frac{1}{2\beta} \sqrt{c^2 + 4\beta^2} - c,$$

где  $c = \frac{\tau_{КР}}{\sigma_{КР}}$ ,  $\beta = \frac{\tau}{\sigma}$ .

Для панели обшивы в среднем участке крыши учитывается кривизна участка, оцениваемая безразмерным параметром  $\frac{b^2}{R\delta}$ , при этом критические напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_{КР} = 3,6 \frac{E \delta^2}{b^2}, \text{ при } \frac{b^2}{R\delta} < 20;$$

$$\sigma_{КР} = 0,12 \frac{E \delta}{b}, \text{ при } \frac{b^2}{R\delta} > 20,$$

где  $b$  – расстояние между гофрами;

$R$ - радиус кривизны панели;

$\delta$  - толщина обшивы.

Динамическая вертикальная сила от колебаний тележки определяется умножением силы тяжести ее обрессоренной массы, включая 1/3 силы тяжести пружин обеих ступеней подвешивания, на коэффициент вертикальной динамики.

Расчетные коэффициенты вертикальной динамики определяются по формуле:



## 2. Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к

### 2.1. Описание участка цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к.

#### Описание ремонтно-комплектовочного цеха

В ремонтно-комплектовочном цехе производят капитальный ремонт:

- тележек тепловозов, электровозов, вагонов;
- агрегатов и узлов тепловозов и электровозов;
- ремонт автосцепок и буферных устройств;
- наплавку постелей блока и поршневых пальцев с последующей механической обработкой.

В цехе имеется парк расточных станков для расточки блоков и картеров дизелей.

Ремонтно-комплектовочный цех является самостоятельной производственно-хозяйственной единицей завода.

Ремонтно-комплектовочный цех (цех № 05) относится к цехам основного производства УП «О`ZTEMIRYO`LMASHTA`MIR».

Назначение ремонтно-комплектовочного цеха – выполнение всех видов заводского ремонта тележек, локомотивов, вагонов, редукторов локомотивов всех серий в соответствии с действующими ремонтными руководствами и правилами ремонта.

Ремонтно-комплектовочный цех подчиняется заместителю директора по производству через ПДО.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ			
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>	Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к	<b>Лит.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Разраб.	Тувалов Ж							
Пров.	Хромова Г							
Н.конт.								
Утв.	Бердиев У.Т.							
						ТашИИТ ЕМ-575		

В цехе производятся следующие работы:

- разборка тележек и узлов, ремонтируемых в цеху;
- мойка всех ремонтируемых узлов;
- изготавливает детали ремонтируемых узлов;
- ремонт вентиляторов;
- ремонт компрессоров;
- ремонт блоков Д100, картера Д50;
- ремонт и испытание ПРР, ЗРР;
- ремонт и испытание ГМР;
- ремонт и испытание гильз;
- наплавочный;
- механическая обработка ремонтируемых узлов;
- ремонт гасителей;
- ремонт опор;
- ремонт тяг;
- ремонт кожухов;
- ремонт и испытание треангеля;
- ремонт тележек ЦНИИ-ХЗО;
- ремонт локомотивных тележек;
- сборка и испытание КМБ;
- подкатка и окончательная сборка тележек.

В цехе производится разборка, ремонт и сборка следующих типов тележек:

- тепловозов 2ТЭ10;
- тепловозов ТЭМ;
- тепловозов ЧМЭЗ;
- электровозов ВЛ80<sup>С</sup>;
- электровозов ВЛ60<sup>к/п</sup>;
- грузовых вагонов типа 18-100.

Организация производства в цехе должна обеспечивать выполнение производственных заданий, строгую календарную согласованность различных процессов ремонта тележек, редукторов, компрессоров и т.п., на различных производственных участках, обеспечивать согласованную работу этих участков.

Работники цеха обязаны знать технические требования, предъявляемые к ремонту тележек, редукторов, нормы допусков и износов, существующие методы испытаний, технологические инструкции и правила, обеспечивать высокое качество ремонта согласно ТУ и ГОСТ, строго соблюдать технологию ремонта.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Работники цеха несут ответственность, по кругу своих обязанностей, за соблюдение технологии и качества ремонта деталей и узлов тепловозов и безаварийную работу отремонтированной продукции цеха в течении установленных гарантийных сроков.

На рабочих местах должны быть вывешены сборочные чертежи ремонтируемых объектов, технологические карты и ТУ, карта чистоты цеха.

Работники цеха обязаны соблюдать правила и нормы техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности. Наблюдать за безопасным состоянием оборудования, ограждений, предохранительных устройств, санитарно-технических установок, в установленные сроки сдавать экзамены по технике безопасности, промсанитарии и пожарной безопасности, правила внутреннего трудового распорядка, устав о дисциплине работников железнодорожного транспорта, трудовое законодательство.

#### **Тележечный цех**

Тележечный цех предназначен для разработки, ремонта и сборки электровозных тележек для электровозов, проходящих ремонт на заводе, а также тележек, поступающих в ремонт из локомотивных депо железных дорог и промышленных предприятий, имеющих свой парк электровозов. В тележечных цехах целесообразно производить ремонт и других агрегатов электровоза, так как при поточно-конвейерной организации ремонта электровозов в электровозосборочном цехе желательно загружать его только работой по разборке и сборке электровозов, максимально освобождать этот цех от ремонтных операций на съёмных агрегатах и деталях электровоза, поэтому в тележечном цехе, непосредственно примыкающем к электровозосборочному цеху, организуют участок по ремонту агрегатов электровоза, не относящихся непосредственно к тележкам (воздушные резервуары, сантехническое и противопожарное оборудование, автосцепка и т. п.).

Тележечный цех состоит из двух самостоятельных хозрасчётных участков – тележечного и вспомогательных узлов тепловоза. Каждому участку

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

разрабатывается техпромфинплан, по которому определены все плановые задания по выпуску продукции и другим технико-экономическим показателям.

Производственный процесс ремонта тележек осуществляется на поточно-конвейерной линии, состоящей из специализированных позиций, каждая на две тележки. Тележки на позицию разборки поточно-конвейерной линии поступают из тележечного цеха. Передача их осуществляется по поперечному рельсовому пути при помощи лебедки с тросовым захватом. Тележки электровозов с электрической передачей предварительную обмывку перед разборкой не проходят, так как попадание моющих растворов в тяговые двигатели вызывает увеличение объёма их ремонта.

Позиция разборки тележек обслуживается мостовым краном грузоподъемностью 35 т, которым тележки с передаточного пути переставляют на стенды для разборки. На стендах тележки устанавливают на тумбы-подставки и производят разборочные операции для снятия рамы тележки с тормозными и рессорными обустройствами с колёсно-моторных блоков. Снятую раму тележки подают на обмывку, а колёсно-моторные блоки на площадку, где тяговые двигатели демонтируют с колёсных пар. Рамы тележки после обмывки и окончательной разборки подают на позицию поточно-конвейерной линии ремонта и сборки тележек, а тяговые двигатели - в электромашинный цех, колёсные пары с буксами - в колёсный цех.

Ремонт и сборка тележек выполняются на последующих позициях поточно-конвейерной линии, работающей с регламентированным тактом. Такт устанавливается из расчёта двухсменной работы цеха и количества тележек, подлежащих ремонту в течение года.

На ремонтно-сборочных позициях линии организованы в соответствии со специализацией позиций газорезательные работы и подгонка подбуксовых струнок. Здесь срезают наличники буксовых челюстей, вырезают и

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

выпрессовывают втулку шкворневого гнезда, срезают негодные кронштейны, разделяют трещины под заварку, правят погнутые кронштейны. Здесь же подгоняют подбуксовые струнки. Весь цикл работ выполняют в соответствии с сетевым графиком позиции. В дальнейшем производят проверку геометрических размеров рамы тележки, определение толщины наличников и необходимые сварочные работы. Проверку геометрии рамы осуществляют оптическим методом. Раму тележки для этого устанавливают винтовыми домкратами по уровню. На этой же позиции осуществляют проверку буксовых наличников, заварку трещин в боковинах рамы и в сварных швах (старых), приварку запрессованного шкворневого кольца, опор рессор, выполняют наплавочные работы на изношенных местах.

На последующей позиции производят механическую обработку рамы тележки после сварочных работ с дальнейшей контрольной проверкой. Здесь же выполняют разметку и обработку поверхностей кронштейнов подвески тяговых двигателей, зачистку сварных швов по периметру приваренных наличников, проверку шпилек и болтов, их подтяжку или замену. После выполнения всех работ производят контрольную оптическую проверку рамы. В случае необходимости осуществляют подшлифовку буксовых наличников пневматической машинкой.

В последующем производят сборку рам тележек. На эту позицию в специальной таре подают скомплектованные элементы и детали тормозного механизма, рессорного подвешивания, песочницы. Здесь устанавливают трубопровод песочной системы, монтируют маслѐнку шкворневого гнезда, устанавливают опоры возвращающего устройства, подвески тяговых двигателей, монтируют систему рессорного подвешивания и тормозную систему.

Завершающий этап ремонта тележки - опуск собранной рамы тележки на колѐсно-моторные блоки, установленные на стенде сборки. После опуска и

постановки подбуксовых струнок собранную тележку устанавливают краном грузоподъемностью 10 т на передаточный путь, где производят монтаж концевых песочных труб, затягивают силовые кабели в кондуиты и соединяют тяговые двигатели. После этого тележку предъявляют работнику ОТК и

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

передают в установленное графиком время в электровозосборочный цех для подкати под электровоз. Порядок и организация работ регламентируются техническим паспортом.

Для выполнения работ по ремонту тележек и вспомогательных агрегатов электровоза тележечный цех располагает необходимым оборудованием: моечными машинами для обмывки деталей, в том числе и крупногабаритных, таких, как рама тележки в сборе с рессорным подвешиванием и тормозной системой. Моечная машина имеет большие габаритные размеры и грузоподъемность ленты моечного конвейера. На позициях конвейеров по ремонту и сборке тележек имеются специальные и универсальные прессы, окрасочные и сушильные камеры, электро- и газосварочные посты.

Цех имеет станочный парк для выполнения токарных, фрезерных, сверлильных работ, выполняемых при ремонте деталей. На токарных станках обрабатывают вкладыши моторно-осевых блоков. В цехе имеются мостовые, консольно-поворотные краны, кран-балки. Один из мостовых кранов грузоподъемностью 35 т применяется для подъема и транспортировки тележек в собранном виде. Передача деталей в цехе осуществляется в специальной таре комплектно, что позволяет упростить учёт продукции, более полно использовать грузоподъемность кранов.

Ремонтно-комплектовочные бригады, производящие ремонт деталей и их комплектовку, располагают против тех позиций конвейера, на которые они поставляют соответствующие детали.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

На рисунке 2.1. показан план РКЦ, участка ремонта, где производится ремонт тележек электровозов. В таблице 2.1., которая является приложением к рис.2.1., имеется номер и наименование того или иного оборудования, которое имеется в цеху.

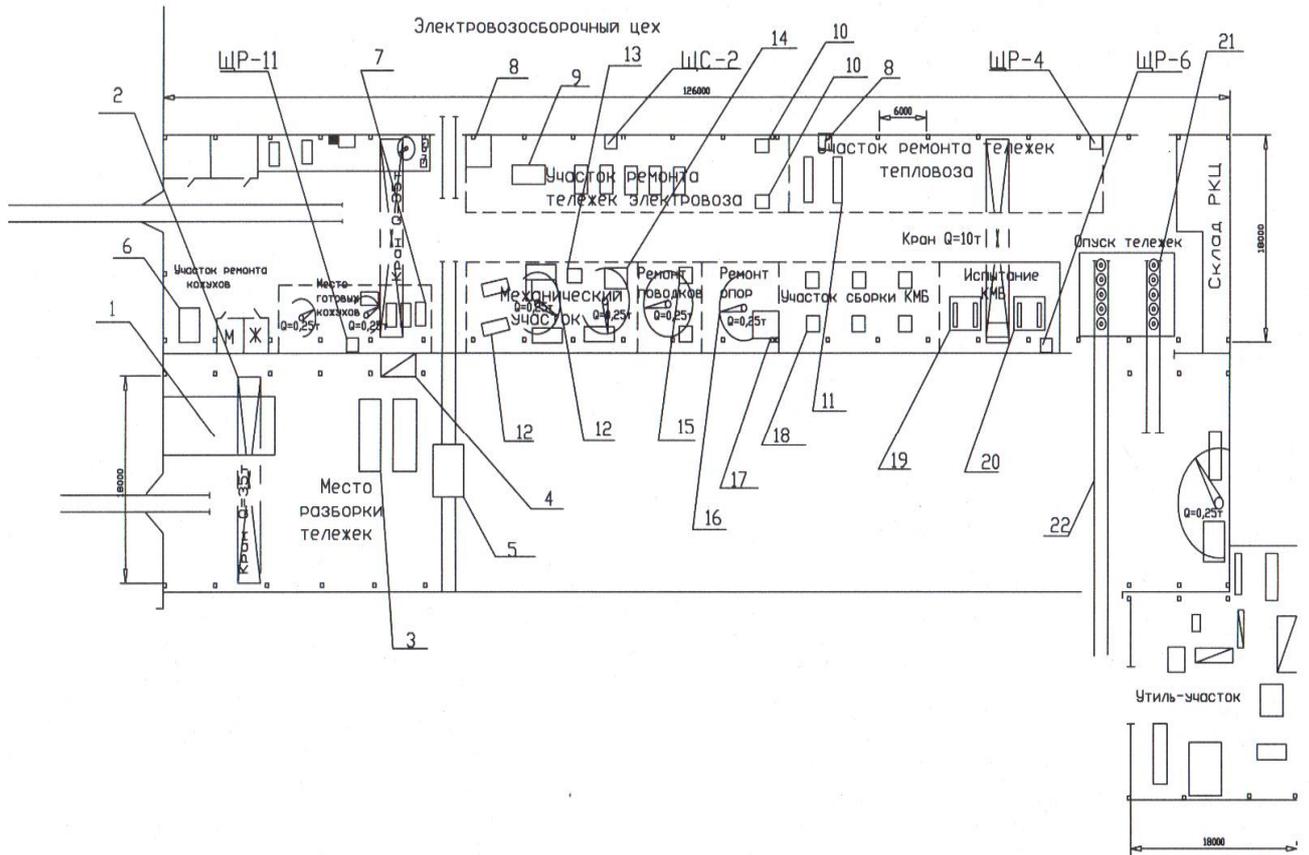


Рис. 2.1. План Ремонтно-комплектовочного цеха

Таблица 2.1.  
Лист

ВКР 5.521.300 06 ПЗ 2014

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

№ на схеме	Наименование
1	Моечная машина
2	Кран – 35 т
3	Стеллаж для разборки
4	Склад для хранения вкладышей МОП
5	Передаточная тележка
6	Участок ремонта кожухов
7	Участок метизки
8	Сварочный пост
9	Стойло для ремонта электровозных тележек
10	Кантователь
11	Стойло для ремонта тепловозных тележек
12	Токарный станок
13	Фрезерный станок
14	Фрезерный станок
15	Гидравлический пресс
16	Кран - балка
17	Участок дефектоскопии
18	Стеллаж сборки КМБ
19	Стенд для испытания КМБ электровоза
20	Стенд для испытания КМБ тепловоза
21	Общая сборка тележки с КМБ
22	Путь выдачи тележек

## 2.2.Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к

Для производства капитально-восстановительного ремонта выкатить тележки, снять с них колёсно-моторные блоки, рессорное подвешивание, тормозную рычажную передачу, песочное оборудование и трубопроводы.

Тележки выварить, тщательно очистить, осмотреть и проверить. Особо тщательно должны осматриваться места, подверженные появлению трещин. Трещины и надрывы в рамах и межрамных креплениях должны быть устранены согласно утверждённым чертежам и технологии [17].

Проверка рамы тележки должна производиться в соответствии с установленной технологией. Проверенная рама тележки после ремонта должна удовлетворять установленным допускам.

Рамные боковины и поперечные балки, имеющие прогиб более допускаемого, подвергают правке с подогревом мест, имеющих прогиб.

Местные износы рамных частей глубиной более 3 мм должны быть восстановлены электронаплавкой с последующей зачисткой заподлицо с поверхностью рамы или выправлены. Изношенные поверхности приливов рамы и кронштейнов для подвешивания тягового двигателя, продольных балансиров на тележках должны быть восстановлены электронаплавкой и обработаны до чертёжных размеров.

Изношенные поверхности приливов для пружинных подвесок восстанавливают путём приварки стальных пластин толщиной 5÷12 мм. Поверхности приливов, не имеющие сменных пластин, обрабатывают под плоскость.

Расстояние между верхними и нижними приливами после приварки пластин должно быть в пределах нормы.

Поверхности пластин парных приливов должны лежать в одной плоскости с отклонением не более 0,5 мм.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Изношенные втулки в отверстиях приливов для пружинных подвесок должны быть заменены. При отсутствии в приливах втулок отверстия рассверливают до диаметра 42 мм для постановки втулок.

Кронштейны (проушины) для валиков тормозных подвесок, имеющие отклонение расстояния между щеками более 2 мм от чертёжного, восстанавливают наплавкой или приваркой стальных пластин толщиной не менее 3 мм с предварительной обработкой.

Расстояние между опорами в шкворневых брусках тележек должно соответствовать размеру расстояния между соответствующими опорами кузова с допуском  $\pm 1$  мм. При необходимости регулировку расстояния между опорами на шкворневых брусках электровозов ВЛ60к производят эксцентричной обточкой нижних оснований и их поворотом. При этом смещение конусной части допускается только в продольной оси электровоза. После установки эксцентричных конусов по размеру на шкворневом брусе ставят клейма напротив клейма конуса.

При ремонте тележки дополнительно к объёму работы по капитальному ремонту выполняются работы согласно технических условий «Проведения модернизации рамы тележки электровоза серии ВЛ60к и 2ВЛ60к» за № Тш 32 - 002:2001.

Освидетельствование колёсных пар. При капитально-восстановительном ремонте электровоза производят полное освидетельствование колёсных пар и смену изношенных более нормы бандажей, если колёсные пары по своему состоянию и пробегу не требуют другого вида ремонта.

Освидетельствование и ремонт колёсных пар должны производиться в соответствии с Инструкцией по освидетельствованию, формированию и ремонту колёсных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава (НТ-36 от 12.02.2001 года) и нормами допусков и износов.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При выпуске электровозов из заводского ремонта разрешается устанавливать колёсные пары как отремонтированные, так и нового формирования.

Колёсные пары при подкатке под электровоз должны полностью удовлетворять требованиям Правил технической эксплуатации.

Разница диаметров бандажей по кругу катания комплекта колёсных пар подкатываемых под электровоз, не должна превышать 5 мм. Толщина бандажей по кругу катания должна быть в пределах установленных допусков и износов.

Сборка колёсно-моторных блоков. Тяговые двигатели на электровоз должны укомплектовываться с разностью скоростных характеристик не более 3%. Перед сборкой колёсно-моторных блоков производят подбор колёсных пар к тяговым двигателям таким образом, чтобы разность характеристик тяговых блоков одного электровоза не превышала 3% при вращении как в одну, так и в другую сторону.

Характеристика колёсно-моторного блока представляет собой произведение диаметров бандажей колёсной пары на число оборотов тягового двигателя в минуту при часовом режиме.

Собранная зубчатая передача должна удовлетворять следующим условиям:

а) общий боковой зазор между зубьями зубчатых колёс и шестерён должен быть от 0,34 до 3,5 мм, а разница боковых зазоров одного направления в обеих передачах двигателя не должна превышать 0,3 мм;

б) радиальные зазоры между вершинами и впадинами зубьев должны находиться в пределах нормы;

в) разница расстояний по концам, вала якоря и центрами моторно-осевых подшипников тягового двигателя не должна быть более 0,25 мм;

г) при вращении шестерни, покрытой тонким слоем краски, поверхность сцепления шестерни в венце должна быть не менее 50% длины и 45% высоты зуба.

Свес ведущих шестерён относительно ведомых зубчатой передачи должен быть в пределах норм допусков и износов.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Шестерня не должна иметь на притирочной поверхности конусного отверстия каких-либо трещин; а также незачищенных вмятин и задиров. Износ зубьев зубчатой передачи должен быть в пределах нормы.

Шестерни должны быть притёрты к конусу вала, прилегание должно быть не менее 85% посадочной поверхности. Расстояние от торца шестерни до торца вала при плотной посадке холодной шестерни должно соответствовать чертежу.

Насажённая шестерня должна сидеть на конусе вала на  $2,6 \div 3,0$  мм глубже расположения её в холодном состоянии.

Гайку с пружинной шайбой закрепляют до остывания шестерни. Завёрнутая гайка должна быть утоплена в выточке шестерни. После остывания шестерни проверяют прочность крепления гайки.

Бронзовые вкладыши моторно-осевых подшипников ставят новые. Моторно-осевые вкладыши должны быть приточены и пригнаны по диаметру расточки горловины и шапок двигателей с допуском не более  $\pm 0,1$  мм. Допускается увеличение местного зазора на  $1/3$  диаметра до 0,2 мм. Должен быть обеспечен натяг шапок на вкладыши подшипников в пределах нормы. Запрещается установка прокладок под вкладыши.

Моторно-осевые вкладыши растачивают по шейке колёсной пары. Суммарный зазор между вкладышами и шейкой оси должен быть в пределах нормы. Разность зазоров подшипников одной колёсной пары не должна превышать нормы.

Разбег тягового двигателя на оси колёсной пары должен соответствовать чертёжному размеру.

После сборки колёсно-моторных блоков проверяют зацепление зубчатой передачи измерением зазоров не менее чем в четырёх точках, а также работу зубчатых передач и подшипников включением тягового двигателя от сети низкого напряжения и вращением его в обоих направлениях не менее 10 минут в каждую сторону.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Работа зубчатой передачи должна быть плавной, без толчков и металлического скрежета. Нагревание (более допустимых норм) в трущихся частях не должно иметь места.

Разрешается пользоваться личным напильником для снятия заусенцев и зачистки задирав, обнаруженных при работе зубчатых передач. Припиловка рабочих поверхностей зубьев запрещается. При исправлении недостатков испытания повторяют.

Измерение зазоров зацепления, проверку работы зубчатых передач и подшипников производят на специальном стенде, где колёсная пара с тяговым двигателем занимает нормальное рабочее положение.

Ремонт кожухов зубчатых передач и снегозащитных кожухов тяговых двигателей. Кожуха зубчатых передач, тщательно очищают и осматривают. При наличии радиальных трещин, идущих от края отверстия для прохода вала и оси к обечайкам, кожуха или их части заменяют новыми. Повреждённые места сварных швов вырубают и заваривают вновь.

Все швы на кожухе выполняют в один валик. Проверяют кожуха на плотность керосином. Неметаллические кожуха ремонтируют по установленной технологии.

Негодные уплотняющие пластины (козырьки) и фланцы срубуют, зачищают места их приварки от старых сварных швов, подгоняют новые пластины и фланцы и приваривают.

Уплотнения заменяют новыми в соответствии с чертежами. Войлок пропитывают в парафине, плотно вставляют в канавку фланца и выравнивают путём обрезки.

Резьбу в бобышках проверяют и при необходимости восстанавливают до чертёжных размеров. Болты и шайбы должны соответствовать чертёжным нормам. Проверяют исправность и плотность пробок кожуха.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Обе половины кожуха должны быть подобраны и пригнаны друг к другу. Кожух должен быть плотным в стыке. Между планками соединительных болтов разрешается закладывать прокладки из войлока или других уплотняющих материалов. Расстояния между центрами бобышек кожухов должны быть проверены и соответствовать этим размерам на остове двигателя. Кожух окрашивают внутри маслостойкой эмалью, снаружи – чёрной краской.

После сборки кожухов проверяют правильность их установки путём вращения зубчатых передач в обоих направлениях на стенде.

Не должно допускаться трение металлических фланцев кожуха о колёсную пару или зубчатое колесо.

Зазор между закреплённым кожухом и торцовой поверхностью, зубчатого колеса и шестерни при смещении якоря должен быть не более 1 мм. Из среднего положения – не менее 7 мм.

Для регулирования положения кожуха разрешается установка шайб на крепящие болты между остовом двигателя и кожухом. В собранные кожуха заливают смазку. Ремонтируют снегозащитные кожуха тяговых двигателей.

Ремонт подвески тяговых двигателей. Балки подвесок восстанавливают до чертёжных размеров или заменяют новыми. При разработке отверстий в балках подвесок меняют втулки. Отверстия без втулок растачивают и запрессовывают в них втулки. После запрессовки втулки прихватывают электросваркой в двух точках. Расстояние между центрами отверстий должно соответствовать чертёжным размерам. Плиты на балках заменяют новыми.

Изношенные фиксирующие кольца для пружин срубают и приваривают новые. Пружины, имеющие высоту менее допускаемой или трещины, заменяют новыми или ремонтируют. Негодные упругие элементы подвески тягового двигателя заменяют. Выпучивание резины за габариты металлических дисков не допускается.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Стержни, изношенные по диаметру, заменяют или восстанавливают наплавкой с последующей обточкой. Поддерживающие плиты замка и их болты восстанавливают в местах, износа или заменяют новыми.

Ремонт буксовых узлов. Все детали роликовых букс и подшипников снимают с оси колёсной пары, ремонтируют или заменяют новыми. Разборку, ремонт и сборку роликовых букс и подшипников производят в соответствии с Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту узлов с подшипниками качения локомотивов и МВПС (НТ-493 от 10.12.2001 года) в специально оборудованной мастерской.

Съём и постановку роликовых подшипников на ось колёсной пары, а также разборку и сборку букс производят только специальными приспособлениями. Все детали букс и подшипники тщательно очищают и предохраняют от загрязнения и коррозии.

Овальность внутренней посадочной поверхности роликовой буксы устраняется шлифовкой до размеров  $320^{+0,25}_{+0,02}$  мм, причём нижняя поверхность буксы, не охваченная шлифовкой, не должна превышать 200 мм, измеренных по хорде, а конусность (максимальная разница диаметров шлифованной поверхности, замеренная в двух местах по длине корпуса буксы в одной плоскости) – 0,1 мм.

Разработанные отверстия в проушинах букс под втулки валика рессоры разрешается растачивать под наружный размер втулки диаметром на 2 мм более чертёжного, при этом промежуточные градации не допускаются.

Буксы и буксовые кронштейны осматривают на отсутствие трещин. Трещины заваривают в соответствии с действующими инструкциями по производству сварочных работ.

Проверяют состояние резины, штифтов, шайб и резино-металлических блоков. Болты, имеющие повреждённую резьбу или трещины, а также негодные штифты, заменяют. Валики резино-металлических блоков испытывают под нагрузкой в соответствии с чертежами. На шайбах допускаются вмятины

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

арматуры шайб глубиной до 3 мм.

При сборке буксовых узлов и подкатке колёсных пар должны соблюдаться:

а) зазор между узкой частью валика и дном паза кронштейна должен быть в пределах нормы;

б) прилегание клина валика в пазу кронштейна должно быть не менее 70% при условии отсутствия зазора в узкой части клина. При этом максимальные зазоры в местах неприлегания не должны быть более 0,1 мм;

в) поперечные разбеги колёсных пар должны быть в пределах установленных норм.

При ремонте и сборке буксового узла отклонение от параллельности колёсных пар между собой (разница расстояний между центрами осей по сторонам колёсных пар) в тележке должно быть не более 2 мм.

Ремонт рессорного подвешивания. Все детали рессорного подвешивания очищают и тщательно осматривают. Все листовые рессоры ремонтируют или изготавливают вновь и испытывают в соответствии с Инструкцией МПС и ГОСТ 1425-62.

При ремонте рессор старые листы, имеющие вытертые места глубиной более 1,5 мм, коррозионность на глубину более 10% чертёжной толщины и трещины, заменяют новыми или используют как листы меньших размеров, если указанные дефекты могут быть удалены путём отрезки негодных частей.

Цилиндрические рессоры при наличии трещин заменяют новыми. Рессоры, просевшие повысите, восстанавливают растяжкой с последующей термической обработкой.

Новые и восстановленные цилиндрические рессоры по форме и размерам должны соответствовать чертежу и иметь отклонения, как в свободном состоянии, так и при испытании под нагрузкой в пределах допусков, предусмотренных ГОСТ 1452-62.

Рабочие поверхности продольных балансиров, если их износ не превышает 20% чертёжного размера, а также разработанные отверстия под втулки

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

восстанавливают электронаплавкой и обработкой до чертёжных размеров. Балансиры, имеющие трещины, заменяют.

Стержни и стойки рессорные проверяют по длине в соответствии с чертёжными размерами. Износ опорных поверхностей, а также, износ рессорных стержней стоек по толщине, если он не превышает 3 мм по глубине, восстанавливают наплавкой с предварительным подогревом и последующей обработкой.

Ножевые рессорные накладки заменяют новыми или восстанавливают наплавкой и обработкой до чертёжных размеров с последующей цементацией.

Изношенные втулки и валики рессорных подвесок и балансиров, а также чеки заменяют новыми, изготовленными по чертежам. Разрешается производить электронаплавку валиков с последующей термической обработкой. Разработанные отверстия в деталях рессорного подвешивания растачивают под наружный размер втулки диаметром на 1,5 мм более чертёжного.

Регулировку рессорного подвешивания производят на горизонтальном «прямом» участке пути после верительной обкатки электровоза на деповских путях. Правильно собранное и отремонтированное рессорное подвешивание электровоза должно удовлетворять этим условиям:

а) рессоры не должны иметь перекосов в горизонтальной плоскости и должны быть одной группы жёсткости;

б) вертикальные зазоры между верхней частью буксы должны быть в пределах нормы. При наличии отремонтированных рам тележек с усиливающими накладками зазоры соответственно уменьшаются;

в) вертикальный перекос, продольных балансиров и рессор должен быть не более чертёжного допуска;

г) зазоры между низом паза валика и стопорной планкой не должны превышать 1 мм.

При сборке рессорного подвешивания запрещается:

а) очистка рессор, путём отжига;

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

б) сварка рессорных, листов электродуговой или газосваркой;

в) заварка трещин в рессорных подвесках, балансирах и ножевых рессорных накладках.

При необходимости регулировки высоты автосцепки разрешается срезать по высоте основание опорного конуса центральной опоры электровоза на тележке до 10 мм против чертежа, а также для регулировки рессорного подвешивания подкладывать под конус необходимое количество прокладок.

Ремонт тормозной рычажной передачи. Тормозную рычажную передачу тщательно осматривают и ремонтируют в соответствии с Инструкцией по ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов и МВПС (Т-161 от 14.06.2001 года). Все детали, имеющие отклонения, от чертёжных размеров более допускового, восстанавливают или заменяют.

Отклонение расстояний между центрами отверстий в деталях рычажной передачи от чертёжного размера допускается:

При длине до 500 мм не более..... ± 1 мм

» » » 1000 » » ..... ± 2 мм

» » » 2000 » » ..... ± 3 мм

Детали рычажной передачи, имеющие трещины, надрывы и надломы, заменяют новыми или сваривают кузнечным способом или контактной сваркой методом оплавления.

Вытертые места, если износ их не превышает 10% по толщине сечения, восстанавливают наплавкой с последующей механической обработкой. Погнутые детали выправляют в нагретом состоянии.

Шейки тормозных балок, имеющие износ не более 4 мм на сторону, восстанавливают электронаплавкой с последующей обработкой до чертёжного размера.

Разрешается приварка новых шеек тормозных балок сваркой при условии расположения стыка не ближе 10 мм от заплечика шейки.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Тяги и балки, подвергавшиеся ремонту путём сварки, должны быть испытаны под полуторной нагрузки от номинальной. Номинальную нагрузку определяют из расчёта максимального давления в тормозных цилиндрах. Тормозные балки после восстановления выработки на концевых частях от трения тяг не испытывают.

Втулки, ослабшие в местах посадки, а также валики и втулки при наличии зазоров между ними, превышающих установленную норму, заменяют.

Разрешается электронаплавка валиков. Валики и втулки ставят термически обработанными. Разработанные отверстия в деталях тормозной передачи растачивают под наружный размер втулки диаметром на 1,0 мм более чертёжного.

Регулировочные винты и гайки тяг проверяют резьбовым калибром и при наличии износа резьбы заменяют новыми. Головки винтов должны соответствовать чертёжным размерам.

На электровозах, имеющих авторегуляторы, производят демонтаж авторегулятора выхода штока тормозных цилиндров, восстанавливают или заменяют изношенные детали. Разрезная гайка и конусное гнездо в корпусе должны соответствовать чертёжным размерам.

Башмаки тормозных колодок, имеющие износы, заменяют новыми или восстанавливают электронаплавкой до чертёжных размеров.

Негодные клинья (чеки) тормозных колодок и пружины башмаков заменяют новыми. Оттормаживающие пружины тормозных рычагов должны соответствовать чертёжным размерам. Растянутые пружины заменяют новыми.

Допускается расточка в пределах допуска без постановки втулки или с последующей постановкой втулки отверстий подвески под шейку тормозной поперечины. При этом толщина втулки должна быть не менее 5 мм, а минимальное разрывное сечение подвески не менее чертёжного. Втулку термообработывают.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Ставят новые тормозные колодки и регулируют тормозную рычажную передачу. Выход штоков тормозных цилиндров регулируют в пределах установленных норм. Предохранительные устройства тормозных тяг тщательно осматривают и при наличии трещин и надрывов заменяют новыми. Предохранительные устройства регулируют в соответствии с чертежами и надёжно закрепляют.

После сборки тормозную рычажную передачу испытывают на электровозе под давлением воздуха в тормозных цилиндрах 6 атм. в течение 5 минут.

Ремонт ударно-сцепных устройств. Автосцепку, ударные розетки, фрикционные аппараты с тяговыми хомутами, расцепные механизмы разбирают, очищают и проверяют состояние всех частей.

Детали автосцепного устройства, повреждённые или изношенные, заменяют или ремонтируют в соответствии с требованиями Инструкции по ремонту и содержанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог (ЦВ-4006 от 01.09.1981 года).

При сборке автосцепного оборудования все установочные размеры приводят в соответствие с нормами.

Высота оси автосцепки от головки рельса должна быть в пределах 1000-1080 мм. Головка автосцепки должна иметь свободное поперечное перемещение от руки. Длину цепочек расцепных механизмов регулируют при проверке работы автосцепки от привода.

Ремонт путеочистителей. Путеочистители очищают и разбирают. Погнутые части выправляют. Трещины заваривают с предварительной разделкой и с приваркой усиливающих накладок. Сварочные швы восстанавливают с зачисткой старых швов. Изношенные болты и гайки заменяют. Трещины в конструкциях из труб заваривают с предварительной разделкой и последующей зачисткой шва заподлицо, с нелицевой стороны ставят усиливающую накладку из листовой стали толщиной 4 мм, плотно пригнав её по трубе.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Высота нижней кромки путеочистителя от головки рельса должна быть в пределах норм допусков, но не выше нижней точки приёмных катушек локомотивной сигнализации и автостопа.

Ремонт песочницы и их труб. Песочные ящики при наличии трещин, износов, вмятин и пробоин в листах разбирают, дефектные листы заменяют и сваривают вновь. В местах крепления корпусов форсунок при необходимости приваривают усиливающие накладки толщиной 5-6 мм. Смятые и допевшие угольники ящиков заменяют новыми. Все сварочные швы должны быть исправлены. Крышки ящиков монтируют в соответствии с чертежами. Крышки должны плотно закрывать ящик.

Разрешается установка втулок в отверстия для валиков крышки. Негодные сетки и крепления крышек заменяют.

Форсунки песочницы разбирают и проверяют. При наличии трещин, повреждения резьбы или износов выходного отверстия более 1 мм по диаметру их заменяют новыми. Производят смену неисправных сопел, фланцев, прокладок и пробок.

Песочные трубы снимают. Неисправные трубы, патрубки, резиновые рукава заменяют новыми. Разрешается использовать резиновые рукава от концевых кранов и токоприёмников, бывшие в употреблении.

Кронштейны труб надёжно укрепляют, неисправные хомутики, болты и гайки заменяют новыми. Устанавливают трубы так, чтобы они отстояли от головки рельса на 30-50 мм и не касались бандажей.

Регулируют на электровозе форсунки песочниц на подачу песка согласно установленным нормам.

Ремонт вентиляционных патрубков. Металлические вентиляционные воздуховоды очищают и осматривают, трещины заваривают, вмятины выправляют, изношенные поверхности восстанавливают плавкой и обрабатывают, при необходимости заменяют повреждённые патрубки или их части.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Брезентовые патрубки заменяют новыми. Предохранительные сетки и регулирующие заслонки, если они предусмотрены, осматривают и ремонтируют. При установке вентиляционных патрубков должна быть обеспечена плотность их в местах соединения.

Окраска тележек. Рамы тележек окрашивают с внутренней и наружной стороны. Внутреннюю поверхность рам, межрамные балки, буксы, детали рессорного подвешивания, рычажной передачи и песочное оборудование красят веерный цвет.

Наружные поверхности рам и места смазки красят в цвета, предусмотренные чертежами. На раму тележки или на рессорные хомуты наносят нумерацию осей. На листовых рессорах наносят белой краской контрольные полосы. Ставят трафареты о произведённом ремонте на рамы тележек и на тормозные цилиндры, а на тележках – передаточное число зубчатой передачи.

### Технологический процесс

№	Наименование работ	Кол-во рабочих, чел.	Разряд	Норма времени, ч	Цена	Оборудование
1	Получить раму тележки ВЛ-60 <sup>К</sup> с электровозосборочного цеха	8	2-3	6	17986,71	КРАН МОСТОВОЙ 35 Т ТЕЛЕЖКА ДИНА
2	Разобрать раму тележки электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup>	3	3-4	36	120262,86	СТЕЛЛАЖ ДЛЯ РАЗБОРКИ
3	Мойка рамы тележки электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup>	3	2-3	16	53450,16	МОЕЧНАЯ МАШИНА
4	Получить на участок «Ремонт тележек» тележку электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup>	2	2-3	3	8993,355	КРАН МОСТОВОЙ 10 Т
5	Произвести дефектоскопию тележки электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup>	1	4	3	9006,06	ЦВЕТНАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ МАГНИТНО-ПОРОШКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП
6	Подготовка к усилению тележки электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup>	2	3-4	6	20043,81	ШЛИФОВАЛЬНАЯ МАШИНА ГАЗОЭЛЕКТРОСВ

АРКА

ВКР 5310700-00-14ПЗ

Лист

7	Усиление рамы тележки электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup> :					
	- подготовка накладок для усиления рам тележек;	3	4-5	80	294679,2	ГИЛЬЯТИНА СТАНОК ДЛЯ ФРЕЗЕРОВКИ
	- зачистка мест усиления;	2	3-4	3	10021,905	ШЛИФОВАЛЬНАЯ МАШИНА ГАЗОЭЛЕКТРОСВАРКА
	- наварка накладок для усиления;	1	5	120	462568,8	ГАЗОСВАРКА СВАРОЧНЫЙ АППАРАТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
	- испытания и дефектоскопия сварных швов в местах усиления	1	4	3	9006,06	ЦВЕТНАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ МАГНИТНО-ПОРОШКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП
8	Ремонт сборочных деталей рамы тележки электровоза ВЛ-60 <sup>К</sup> :					
	- ремонт кожухов зубчатых передач и снегозащитных кожухов тяговых двигателей. Кожуха зубчатых передач, тщательно очищают и осматривают.	2	3-4	28	83937,98	ЭЛЕКТРОСВАРКА КАНТОВАТЕЛЬ КОЖУХА
	- ремонт подвески тяговых двигателей. Балки подвесок восстанавливают до чертёжных размеров или заменяют новыми.	2	3-4	12	35973,42	ЭЛЕКТРОСВАРКА ФРЕЗЕРОВОЧНЫЙ СТАНОК
	- ремонт рессорного подвешивания. Все детали рессорного подвешивания очищают и тщательно осматривают.	3	3-4	8	23982,28	СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ
	- ремонт тормозной рычажной передачи. Тормозную рычажную	4	4-5	16	58935,84	ТОКАРНЫЙ СТАНОК ГАЗОЭЛЕКТРОСВАРКА
передачу тщательно					АРКА	

ВКР 5310700-00-14ПЗ

Лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

	осматривают и ремонтируют в соответствии с Инструкцией по ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов и МВПС (Т-161 от 14.06.2001 года).					СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК
	- ремонт песочной системы, трубы. Песочные ящики при наличии трещин, износов, вмятин и пробоин в листах разбирают, дефектные листы заменяют и сваривают вновь.	2	4-5	18	66302,82	ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРКА
	- ремонт вентиляционных патрубков. Металлические вентиляционные воздуховоды очищают и осматривают, трещины заваривают, вмятины выправляют, изношенные поверхности восстанавливают плавкой и обрабатывают, при необходимости заменяют поврежденные патрубки или их части.	1	4	16	56195,84	ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРКА
9	Сборка рамы тележки электровоза ВЛ-60 <sup>к</sup>	12	4-5	82	302046,18	СТЕНД ДЛЯ ОТПУСКА И СБОРКИ ТЕЛЕЖЕК
	Итого			456	1633393,28	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 5310700-00-14ПЗ

Лист

### 2.3. Диагностирование и разработка рекомендаций по повышению усталостной прочности и надежности тележек электровоза ВЛ60к

Методику диагностирования технического состояния конкретного электровоза разрабатывают на основании и с учетом:

- карт и протоколов измерений, приведенных в приложении Е;
- особенностей конструкции конкретной серии электровозов;
- условий и интенсивности эксплуатации электровоза;
- результатов анализа соответствия электровоза эксплуатационной, конструкторской и ремонтной документации.

При отсутствии материалов по исследованию неисправностей, возникающих при испытании и эксплуатации электровоза данной серии или аналогичных электровозов других серий, могут быть назначены дополнительные исследования и испытания:

- замеры твердости металла;
- металлографический анализ;
- лабораторные исследования металлов;
- прочностные испытания опытного образца;
- ресурсные испытания опытного образца.

Программу и методику диагностирования технического состояния конкретного электровоза утверждает руководитель экспертной организации.

Настоящая Методика на экспертное техническое диагностирование в целях продления срока безопасной эксплуатации электровозов ВЛ60к, 2ВЛ60к (со сроком службы более 50 лет) (далее - Методика) распространяется на процедуру оценки фактического технического состояния и принятия решения о возможности продления срока безопасной эксплуатации электровозов ВЛ60к, 2ВЛ-60к на железных дорогах ГАЖК «Ўзбекистон темир йуллари».

Методика устанавливает перечень и содержание работ, порядок проведения и основные требования к выполнению экспертной оценки по определению фактического технического состояния и принятия решения о возможности продления срока безопасной эксплуатации электровозов.

Методика разработана по заданию Государственной инспекции «Ўзгосжелдорнадзор».

Перечень документов и сведений, представляемых для проведения технической экспертизы, используемых при проведении работ при оценке фактического технического состояния и принятия решения о возможности продления срока безопасной эксплуатации электровозов, приведен в приложении А.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Последовательность диагностирования по обнаружению и заделке обнаруженных трещин в деталях рам тележек

1. В виду отсутствия специального диагностического оборудования для обнаружения трещин в деталях рам на ПО «Узжелдорреммаш» рекомендуется применить визуальный способ установления размеров и концевых участков таких трещин. Эту работу должен выполнять мастер участка в первую очередь для поверхностей в зоне узлов №1, 2, 3 по 4.1. Разрешается выполнение этих работ квалифицированным специалистом, подготовленным и аттестованным комиссией УП «O'ztemiryo'lmashta'mir» или локомотивного депо «Узбекистан». Каждый случай визуального обнаружения трещин фиксируется в специальном журнале с показанным направлением трещины на эскизах узлов №1 (4.4) №2 и 3 по 4.7 и обязательным указанием номера электровоза, тележки, даты обнаружения трещины и пробега после последнего заводского вида ремонта в условиях УП «O'ztemiryo'lmashta'mir». С приобретением специализированного оборудования для диагностирования трещин в деталях рам тележек будут уточнены действия мастера или специалистов по регистрации документации об обнаруженных трещинах.

2. Под руководством мастера слесарями выполняется засверловка концевых участков трещин сверлом диаметром 8-10 мм на глубину 8-10 мм в ранее приваренных накладках (с трещинами) или основном металле боковин, шкворневых или концевых балок.

3. Затем газосварщиком выполняется разделка обнаруженной трещины по всей её длине между засверлёнными отверстиями на глубину 8-10 мм при ширине 8-10 мм и треугольном сечении разделанной трещины.

4. После разделки зоны трещины (при горячем металле в зоне разделки трещины) рекомендуется её заварить с использованием аппаратуры электродуговой сварки и электродов Э42А или Э50А, предварительно прокаленных. Поверхность заваренной трещины должна располагаться на уровне поверхностных слоёв основного металла рам тележек или ранее приваренных накладок. Не допускается наличие непроверенных участков швов внутри длины разделанного паза ранее обнаруженной трещины.

5. После этого поверхность заваренных зон с трещинами тщательно очищается от шлаковых включений металлическими щётками.

6. Последовательность технологических операций по приварке усиливающих накладок для узлов №1, 2, 3 по 4.1-4.10. Главная особенность этих операций заключается в использовании операции подогрева поверхностных слоёв основного металла и накладок теплом газовой горелки перед заваркой основных швов с использованием электросварочного оборудования. Поэтому перед сваркой должны быть одновременно подготовлено такое оборудование. Согласно [1, с. 127] рекомендуется температура предварительного подогрева свариваемых поверхностей до 200-250 °С. Такой подогрев устраняет появление трещин в сварных швах, обусловленных явлением "хладноломкости"

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

низкоуглеродистых сталей в зоне температур 200-300° С.

7. Выбор необходимого оборудования для подогрева металла свариваемых деталей и электродуговой сварки рекомендуется согласно [1, с. 3-92].

8. При приварке усиливающих накладок должны выполняться требования п. 1.22 и п. 1.23 [1, с. 126-135].

9. Электроды и присадочные материалы применяемые при сварке накладок для рам тележек электровозов должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов и технических условий. Рекомендуется использование электродов с защитным покрытием не ниже Э42 по ГОСТ 2523-85 с обмазкой УОНИ-13/15, которые перед сваркой рекомендуется прокалить.

10. Запрещается производство сварочных работ в случае:

а) несоответствие типов электродов требованиям разработанной технологии по производству сварочных работ,

б) несоответствия температуры цеха или наличие сквозняков при сварке деталей, для которых обусловлены специальные требования температурного режима, а также для термической обработки перед сваркой и после сварки,

в) неправильной подготовки и разделки мест трещин и кромок специальных накладок перед производством сварки,

г) если на место сварки попадёт вода или масло,

д) вблизи свежеекрашенных частей электровоза, когда краска ещё не высохла.

11. Перед началом работ по приварке усиливающих накладок на раму тележки электровоза должен быть проведён осмотр рабочих мест и дано разрешение на выполнение этих работ.

12. Согласно рекомендаций к чертежам узлов по 4.4 и 4.7 должны быть проварены все швы в нормальном положении рамы тележки, затем она перевёрнута на угол 180° вокруг горизонтальной оси. Нагревание участков швов длиной до 150мм. должны выполняться через приварку накладок.

Затем прогревается второй участок длиной 150мм. и на его длине накладывается второй сварной шов, продолжением первого. Учитывая наличие длинных швов (до 800мм.) в узлах №2 и №3 целесообразно их сваривать в следующей последовательности:

– первый с одного края накладки к середине;

– второй со второго края накладки к середине;

– третий, продолжающий первый шов в направлении к середине накладки;

– четвёртый, являющийся продолжением второго шва в направлении к середине накладки;

– пятый шов, соединяющий концы третьего и четвёртого швов.

При этом рекомендуемая длина каждого участка шва будет близка к 160мм. Затем выполняется зачистка наружных поверхностей всех швов.

13. После завершения всех работ по усилению рамы тележки осуществляется визуальный осмотр качества сварочных работ мастером и начальником цеха с оформлением акта о перечне работ, выполненных для каждого узла №1, 2, 3 и

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

других данной рамы тележки.

14. Усиленная тележка после этого направляется на позиции окраски её поверхностей.

15. После высыхания внешней краски для поверхности тележки целесообразно в зонах возможных трещин для узлов №1, 2, 3 нанести слой светлой краски (белой, жёлтой), на которой можно обнаружить появляющиеся новые трещины в процессе наблюдения за рамами тележек в локомотивном депо "Узбекистан" при плановых видах технического обслуживания и деповского ремонта.

16. На каждую усиленную раму тележки электровоза серий ВЛ60к и 2ВЛ60к рекомендуется завести специальный паспорт регистрации повреждений узлов, в котором должен быть подраздел регистрации возникающих трещин в узлах №1, 2, 3 по 4.1, 4.4 и 4.7

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### 3. Теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте

#### 3.1. Расчет тележки на усталостную прочность электровоза ВЛ60к

Усталостная прочность оценивается условным коэффициентом запаса прочности, определяемым по следующим формулам [4]:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_m} \quad \text{при } \frac{\sigma_S}{\sigma_m} > \frac{1}{K} \cdot \left( \frac{\sigma_S}{\sigma_{ms}} - 1 \right) \text{ или}$$

$$n = \frac{\sigma_S}{K \cdot \sigma_V + \sigma_m} \quad \text{при } \frac{\sigma_S}{\sigma_m} < \frac{1}{K} \cdot \left( \frac{\sigma_S}{\sigma_{ms}} - 1 \right),$$

где  $K = \frac{\beta_K \cdot K_1 \cdot K_2}{\gamma \cdot m}$  ;  $\psi = \frac{2 \cdot \sigma_{-1} - \sigma_{D1}}{\sigma_{D1}}$  ;

$$\sigma_V = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} ; \quad \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} ;$$

В данных формулах введены следующие обозначения:

$\sigma_{-1}$  - предел усталости при симметричном цикле;

$\sigma_{D1}$  - предел усталости при пульсирующем цикле;

$\sigma_S$  - предел текучести;

$G_{ms}$  -среднее напряжение цикла, при котором диаграмма выносливости имеет перелом;

$\sigma_{\max}$ -максимальное напряжение детали;

$\sigma_{\min}$ -минимальное напряжение детали;

$\sigma_m$ -среднее напряжение детали;

$\sigma_V$ -амплитуда напряжение детали;

$\psi$  -коэффициент, характеризующий чувствительность материала к асимметрии цикла;

$K$  - эффективный коэффициент, учитывающий факторы, понижающие прочность детали;

$\beta_K$  - коэффициент, учитывающий форму детали (эффективный коэффициент концентрации напряжений);

$K_1$  - коэффициент, учитывающий неоднородность материала детали;

$K_2$  - коэффициент, учитывающий внутренние напряжения материала детали;

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий абсолютные размеры детали;

$m$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности детали.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ			
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>				
Разраб.	Тувалов Ж				Теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном	<b>Лит.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Пров.	Хромова Г							
Н.конт.						ТашИИТ ЕМ-575		
Утв.	Бердиев У.Т.							

Механические характеристики сталей, применяемых в раме тележки и величины некоторых коэффициентов, учитывающих факторы, понижающие прочность приведены в таблице 2.15 [18,19,20]. На рисунке 2.10 показана конструкция рамы тележки электровоза ВЛ-60к [3,6]. Рама тележки состоит из двух продольных балок (боковин) 7 и 8, шкворневых брусьев (балок) 6, концевого бруса 11, трубы 1, буксовых кронштейнов 4 и 5, тормозных кронштейнов 2, дополнительных опор 3, опор 12 под рессорную пружину, опор 13 для подвешивания тяговых двигателей, листов 10 под тормозные цилиндры и кронштейнов 14 под опоры трения 14.

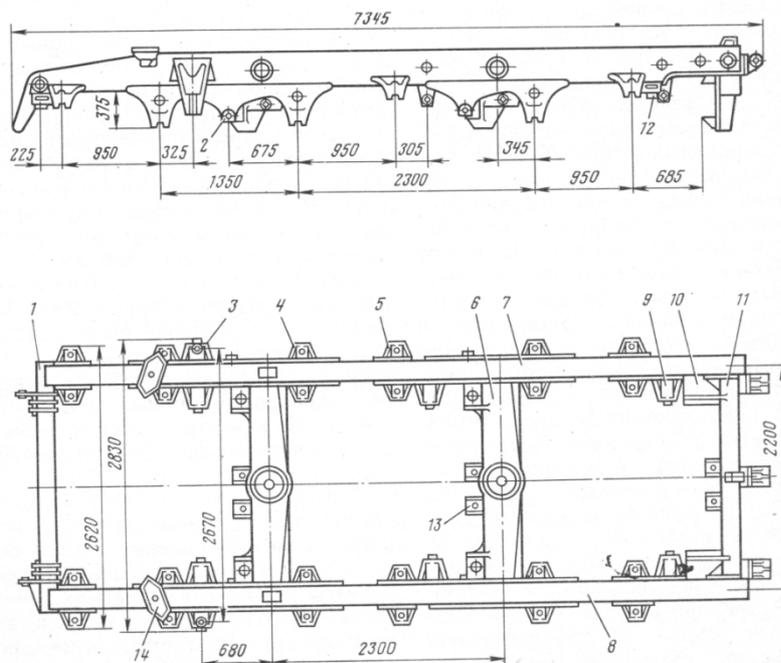


Рисунок 3.1. – Рама тележки электровоза ВЛ-60к.

Концевая опора с малым буксовым кронштейном и удлиненный буксовый кронштейн отливаются вместе. Все детали и узлы соединяются сваркой. Боковины (продольные балки 7 и 8) коробчатого сечения 350x200 мм сварены из листовой стали Ст3 толщиной 10 мм. В местах буксовых узлов боковины усилены литыми кронштейнами в виде желобов.

Шкворневые брусья коробчатого сечения с ребрами жесткости литые из стали 25лП. Концевой брус отлит из стали 10 совместно с кронштейнами подвешивания тягового двигателя. К трубе 1 диаметром 168 мм и толщиной стенок 10 мм приварены тормозные кронштейны. Кронштейны буксовые, тормозные, рессорного подвешивания и дополнительной опоры изготовлены из стали 12-ГТ-П. Малый 5 и большой 4 буксовые кронштейны образуют буксовые проемы рамы тележки. На электровозах ВЛ-60к последних лет выпусков концевые поперечные крепления 1 и 11 выполнены литыми, а не из стальных труб. После сварки раму подвергают термообработке, а затем механической обработке [3].

Величина среднего напряжения определяется как равная расчетному статическому напряжению  $\sigma_m = \sigma_{ст}$  [4,20]. Величина среднего напряжения определяется как равная расчетному статическому напряжению и величину коэффициентов динамики:  $\sigma_v = K_d * \sigma_{ст}$ .

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Таблица 3.1. Механические характеристики сталей, применяемые в раме тележки электровоза ВЛ-60к.

Детали		Концевой брус (из трубы) рамы тележки, МПа	Боковины (продольные балки) рамы тележки, Мпа	Шкворневые и концевой брусья (литые), МПа
Марка стали		Ст 10	Ст 12-ГТ-II	Ст 25лП
$\sigma_{в}$ , предел прочности		320 - 400	380-470	450
$\sigma_{-1}$	Изгиб	170	190	194
	Растяжение	140	140	162
	Кручение	100	120	160
$\sigma_s$	Изгиб	-	260	285
	Растяжение	180	220	240
$\sigma_{D1}$	Изгиб	-	240	270
	Растяжение	180	210	234
$\sigma_{ms}$	Изгиб	-	120	135
	Растяжение	60	105	127
$\Phi$	Изгиб	-	0,417	0,437
	Растяжение	0,5	0,333	0,385
$(\sigma_s/\sigma_{ms}-1)$	Изгиб	-	1,19	1,11
	Растяжение	2,0	1,07	0,89
Для деталей тележки	$K_1$	1,1	1,1	1,4
	$K_2$	1,1	1,08	1,1
	$\gamma$	0,7	0,7	0,75
	$t$	0,85	0,85	0,8

Величина коэффициента динамики:

$$K_d = 600A + 16 \sqrt{A}, \text{ где } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{ст} \cdot f_{cm}} [4],$$

где  $V$  – максимальная скорость электровоза ВЛ-60к принимаем  $V = 110$  км/час;  $\sigma_{ст}$  - расчетное статическое напряжение, МПа.

$f_{cm}$  - общий статический прогиб подвешивания электровоза.

$$f_{cm} = \frac{P_I}{Ж_1} + \frac{P_{II}}{Ж_{II}} = \frac{48540}{683} + \frac{33596,1}{1246} = 98,032 \text{ мм.}$$

где  $Ж_1 = 683$  Н/мм,  $Ж_2 = 1246$  Н/мм [3, с.18] - жесткости первой (приведенная жесткость подвешивания на одну тележку) и второй ступеней (жесткость рессоры) рессорного подвешивания.

Условный запас прочности определяется лишь в сечениях, имеющих величину статических напряжений

$$\sigma_{ст} \geq 100 \text{ кгс/см}^2 = 100 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6} = 9,8 \text{ МПа.}$$

**Сечения по боковине рамы тележки. Цикл «растяжение – сжатие».**

**Сечение 1.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16\sqrt{A} = 600 \cdot 0,0003194 + 16\sqrt{0,0003194} = 0,478 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{335 \cdot 98,032} = 0,0003194.$$

Коэффициент формы в сечении 1 принимаем равным  $\beta_k = 1,3$  ;

$$K = \frac{1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,08}{0,7 \cdot 0,85} = 2,6 ;$$

$$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = \frac{1}{2,6} \cdot 1,07 = 0,412, \text{ так как } K_D > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1), \text{ то}$$

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{140}{2,6 \cdot 0,45 \cdot 32,83 + 0,333 \cdot 32,83} = 2,838.$$

**Сечение 1'.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16\sqrt{A} = 600 \cdot 0,0005296 + 16\sqrt{0,0005296} = 0,686 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{202 \cdot 98,032} = 0,0005296.$$

Коэффициент формы в сечение 1' при  $\frac{\rho}{h} = \frac{250}{338} = 0,74$  равен  $\beta_k = 1,1$

$$K = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,08 / 0,7 \cdot 0,85 = 2,2$$

$$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = 1/2,2 \cdot 1,07 = 0,486, \text{ так как } K_D > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1), \text{ то}$$

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{140}{2,2 \cdot 0,686 \cdot 19,796 + 0,333 \cdot 19,796} = 3,839.$$

**Сечение 2.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16\sqrt{A} = 600 \cdot 0,0005023 + 16\sqrt{0,0005023} = 0,66 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{213 \cdot 98,032} = 0,0005023.$$

Коэффициент формы в сечение 2 при  $\frac{\rho}{h} = \frac{100}{450} = 0,222$  равен  $\beta_k = 1,24$

$$K = 1,24 \cdot 1,1 \cdot 1,08 / 0,7 \cdot 0,85 = 2,48$$

$$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = 1/2,48 \cdot 1,07 = 0,431, \text{ так как } K_D > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1), \text{ то}$$

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{140}{2,48 \cdot 0,66 \cdot 20,874 + 0,333 \cdot 20,874} = 3,405.$$

**Сечение 3.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16\sqrt{A} = 600 \cdot 0,0005458 + 16\sqrt{0,0005458} = 0,701 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{196 \cdot 98,032} = 0,0005458.$$

Коэффициент формы в сечении 3 при

$$\frac{\rho}{h} = \frac{100}{472} = 0,212 \text{ равен } \beta_k = 1,24;$$

$$K = 1,24 * 1,1 * 1,08 / 0,7 * 0,85 = 2,48;$$

$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = 1/2,48 * 1,07 = 0,431$ , так как  $K_q > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{140}{2.48 \cdot 0,701 \cdot 19.208 + 0.333 \cdot 19.208} = 3.519.$$

#### **Сечение 4.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 * 0,0005095 + 16 \sqrt{0,0005095} = 0,667;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{210 \cdot 98,032} = 0,0005095.$$

Коэффициент формы в сечении 4 при  $\frac{\rho}{h} = \frac{100}{460} = 0,218$  равен  $\beta_k = 1,24$ .

$$K = 1,24 * 1,1 * 1,08 / 0,7 * 0,85 = 2,48$$

$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = 1/2,48 * 1,07 = 0,432$ , так как  $K_q > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{140}{2.48 \cdot 0,667 \cdot 20.58 + 0.333 \cdot 20.58} = 3,423.$$

#### **Сечение 5.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 * 0,0004953 + 16 \sqrt{0,0004953} = 0,653,$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{216 \cdot 98,032} = 0,0004953.$$

Коэффициент формы в сечении 5 при  $\frac{\rho}{h} = \frac{40}{365} = 0,11$  равен  $\beta_k = 1,48$  ;

$$K = 1,48 * 1,1 * 1,08 / 0,7 * 0,85 = 2,96$$

$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = 1/2,96 * 1,07 = 0,362$ , так как  $K_q > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{140}{2.96 \cdot 0,653 \cdot 21.168 + 0.333 \cdot 21.168} = 2,919.$$

#### **Сечения по шкворневым брусьям рамы тележки.**

Коэффициент формы шкворневых брусьев принимаем равным  $\beta_k = 1,7$ , тогда  $K = \frac{1,7 \cdot 1,1 \cdot 1,4}{0,75 \cdot 0,8} = 4,36$  ;

$$1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1) = 1/4,36 * 1,11 = 0,264.$$

#### **Сечение 12.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 * 0,0004099 + 16 \sqrt{0,0004099} = 0,57 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{261 \cdot 98,032} = 0,0004099$$

так как  $K_q > 1/K(\sigma_s/\sigma_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{194}{4.36 \cdot 0,57 \cdot 25.58 + 0.437 \cdot 25.58} = 2,595.$$

### **Сечение 13.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 \cdot 0,000622 + 16 \sqrt{0,000622} = 0,772 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{172 \cdot 98,032} = 0,000622,$$

так как  $K_q > 1/K(G_s/G_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{194}{4,36 \cdot 0,772 \cdot 16,86 + 0,437 \cdot 16,86} = 3,026.$$

### **Сечение 15.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 \cdot 0,000508 + 16 \sqrt{0,0003508} = 0,51 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{305 \cdot 98,032} = 0,0003508$$

так как  $K_q > 1/K(G_s/G_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{194}{4,36 \cdot 0,51 \cdot 29,89 + 0,437 \cdot 29,89} = 2,436.$$

### **Сечение 16.**

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 \cdot 0,0004819 + 16 \sqrt{0,0004819} = 0,64 ;$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{222 \cdot 98,032} = 0,0004819,$$

так как  $K_q > 1/K(G_s/G_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{194}{4,36 \cdot 0,64 \cdot 21,76 + 0,437 \cdot 21,76} = 2,762.$$

Сечение на концевом брусе рамы тележки

### **Сечение 18.**

Коэффициент формы принимаем равным  $\beta_k = 1,7$

$$K = \frac{1,7 \cdot 1,1 \cdot 1,4}{0,75 \cdot 0,8} = 4,36 ; 1/K(G_s/G_{ms}-1) = 1/4,36 \cdot 1,11 = 0,254.$$

Коэффициент динамики:

$$K_D = 600A + 16 \sqrt{A} = 600 \cdot 0,0009906 + 16 \sqrt{0,0009906} = 1,098,$$

$$\text{где: } A = \frac{\sqrt{V}}{\sigma_{CT} \cdot f_{CT}} = \frac{\sqrt{110}}{108 \cdot 98,032} = 0,0009906 ;$$

так как  $K_q > 1/K(G_s/G_{ms}-1)$ , то

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_V + \psi \cdot \sigma_{CT}} = \frac{194}{4,36 \cdot 1,098 \cdot 10,58 + 0,437 \cdot 10,58} = 3,51.$$

**Сводная таблица коэффициентов запаса усталостной прочности.**

Таблица 3.1.

№ сечения	1	1'	2	3	4	5	6	7	8	9	9'	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>n</i>	2.838	3.839	3.405	3.519	3.423	2.919	-	-	-	-	-	-	-	2.595	3.026	-	2.436	2.762	-	3.51	-

**Обобщающие выводы**

1.Полученные расчетом максимальные напряжения в сечениях рамы тележки электровоза ВЛ- 60к при всех рассмотренных семи режимах работы электровоза ниже допускаемых, рекомендованных в [4].

Наиболее нагруженными при режиме «статическая нагрузка» являются 2, 3, 4, 5 сечения на продольных балках (максимальные напряжения выше 30 МПа). Данный режим полностью зависит от развесовки тележки и местах расположения тяжелого оборудования.

При режиме «тяга на прямой» наиболее нагруженными являются 2 сечение, а также 12 и 13 в месте расположения переднего шкворневого узла (максимальные напряжения выше 70 МПа).

При режиме «торможение на прямой» наиболее нагруженными являются сечения 15 и 16 в месте расположения заднего шкворневого узла (максимальные напряжения выше 70 МПа).

При режиме «удар на прямой» наиболее нагруженными являются сечения 1,2,3,5 (сечения на продольных балках), а также 12 и 13 в месте расположения переднего шкворневого узла (максимальные напряжения выше 80 МПа). Данный режим является самым неблагоприятным. Максимальные напряжения достигают 112 МПа в 12 и 13 сечениях.

При режиме «торможение в кривой» наиболее нагруженными являются сечения 15 и 16 в месте расположения заднего шкворневого узла (максимальные напряжения выше 80 МПа).

При режиме «выкатка колесных пар» наиболее нагруженными являются сечения 4 и 5 (сечения в середине продольных балок), при этом максимальные напряжения достигают 60 - 70 МПа.

2. В целом процесс модернизации путем установки усиливающих накладок снизил напряжения в сечениях рамы от 13,6 % до 26,42 % .

3.Величины коэффициентов запаса усталостной прочности во всех взятых сечениях больше минимальной нормы  $n=2$ .

**3.2 Разработка методики расчета на усталостную прочность тележки электровоза ВЛ60к с целью продления срока их полезного использования**  
 Исследование влияния рессорного подвешивания на вертикальную динамику экипажа.

**Наша задача** - определение силы динамического вертикального воздействия одноосного экипажа при движении с различными скоростями по рельсовому пути с периодически повторяющимися неровностями.

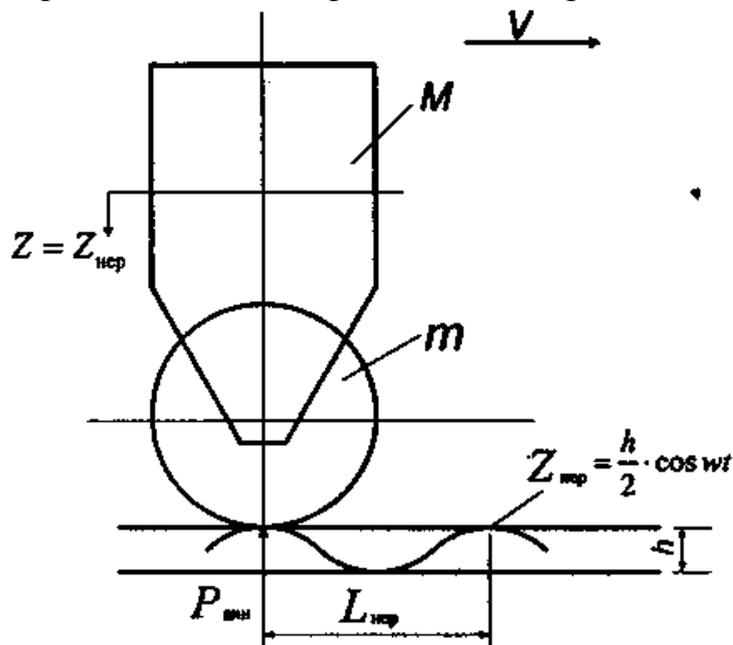


Рисунок 3.2. - Экипаж без рессорного подвешивания.

Уравнение вертикальной динамики (рисунок 3.2) в этом случае имеет вид

$$(M + m) \cdot \ddot{z}_{\text{нер}} = P_{\text{дин}}$$

или

$$P_{\text{дин}} = (M + m) \cdot \frac{h}{2} \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t),$$

где  $\omega = \frac{2\pi \cdot V}{L_{\text{нер}}}$ .

Отсюда

$$P_{\text{дин}} = 2 \cdot (M + m) \cdot h \cdot \left( \frac{\pi \cdot V}{L_{\text{нер}}} \right)^2 \cdot \cos(\omega t), \text{ кН};$$

$$P_{\text{дин. max}} = 19.72 \cdot (M + m) \cdot \frac{h}{L_{\text{нер}}^2} \cdot V^2, \text{ кН},$$

где  $M + m$  - масса экипажа, отнесённая к одной оси, т;

$h$  - глубина неровности, м;

$L_{\text{нер}}$  - длина неровности, м;

$V$  - скорость движения экипажа, м/с.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------



$$V_{\dot{E}D\dot{E}O} = 0,573 \cdot L_{i\dot{a}o} \cdot \sqrt{\frac{a}{I}}, \text{ км/ч.}$$

После подстановки найденного решения в уравнение (1.2) получим

$$P_{дин} = \mathcal{J} \cdot (z - z_{нер}) - m \cdot \ddot{z}_{нер} = \mathcal{J} \cdot \left( \frac{m}{\mathcal{J}} \cdot \frac{h}{2} \cdot \omega^2 + \frac{k^2 \cdot h}{2 \cdot (k^2 - \omega^2)} - \frac{h}{2} \right) \cdot \cos(\omega t).$$

Отсюда находим максимальное значение  $P_{дин, \max}$ :

$$P_{дин, \max} = \mathcal{J} \cdot \left( \frac{m}{\mathcal{J}} \cdot \frac{h}{2} \cdot \omega^2 + \frac{k^2 \cdot h}{2 \cdot (k^2 - \omega^2)} - \frac{h}{2} \right), \text{ кН.}$$

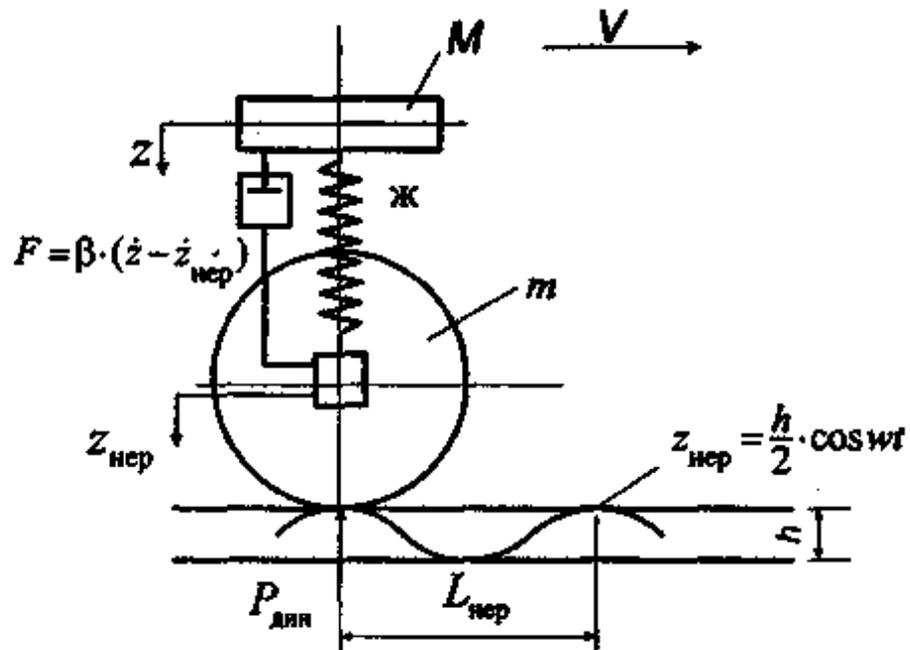


Рисунок 3.4.- Экипаж с гасителем колебаний в системе одноярусного рессорного подвешивания.

Уравнение вертикальной динамики (рисунок 3.4) в случае колебаний экипажа с гасителем колебаний в системе одноярусного рессорного подвешивания имеет вид:

$$M \cdot \ddot{z} + \mathcal{J} \cdot (z - z_{нер}) + \beta \cdot (\dot{z} - \dot{z}_{нер}) = 0; \quad (1.3)$$

$$m \cdot \ddot{z}_{нер} - \mathcal{J} \cdot (z - z_{нер}) - \beta \cdot (\dot{z} - \dot{z}_{нер}) + P_{дин} = 0; \quad (1.4)$$

Коэффициент сопротивления гидравлического гасителя колебаний:

$$\beta = \frac{H}{k \cdot z}, \text{ кН*с/м,}$$

где  $H = \mathcal{J} \cdot \frac{h}{2}$  - максимальное значение возмущающей силы, кН;

$k = \sqrt{\frac{\mathcal{J}}{M}}$  - частота свободных колебаний, 1/с;

$z = k_{\dot{a}o} \cdot z_{cm}$  - амплитуда вертикальных колебаний подрессоренной массы  $M$ , м;

$k_{\text{вд}} = (0.3 - 0.35)$  - коэффициент вертикальной динамики по амплитуде (см. [1]);

$z_{\text{ст}} = |V_{\text{констр}}|$  - статический прогиб рессорного подвешивания, м.

Отсюда

$$\beta = \frac{\mathcal{J}}{k} \cdot \frac{k_{\text{вд}} \cdot z_{\text{ст}} - \frac{h}{2}}{k_{\text{вд}} \cdot z_{\text{ст}}}, \text{ кН*с/м.}$$

Из уравнения (1.4):

$$P_{\text{дин}} = \mathcal{J} \cdot (z - z_{\text{нер}}) + \beta \cdot (\dot{z} - \dot{z}_{\text{нер}}) - m \cdot \ddot{z}_{\text{нер}}$$

После подстановки и некоторых преобразований получим

$$P_{\text{дин}} = \left( \mathcal{J} \cdot \left( k_{\text{вд}} \cdot z_{\text{ст}} - \frac{h}{2} \right) + m \cdot \omega^2 \cdot \frac{h}{2} \right) \cos(\omega t) + \beta \cdot \omega \cdot \left( \frac{h}{2} - k_{\text{вд}} \cdot z_{\text{ст}} \right) \cdot \sin(\omega t);$$

$$P_{\text{дин.макс}} = \sqrt{\left( \mathcal{J} \cdot \left( k_{\text{вд}} \cdot z_{\text{ст}} - \frac{h}{2} \right) + m \cdot \omega^2 \cdot \frac{h}{2} \right)^2 + \beta \cdot \omega \cdot \left( \frac{h}{2} - k_{\text{вд}} \cdot z_{\text{ст}} \right)^2}, \text{ кН.}$$

Расчеты приведены в Приложении 1 и выполнены в программе MathCad.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 4. Охрана труда и техника безопасности

### 4.1. Опасности участка ремонта тележек электровоза ВЛ-60<sup>К</sup>

Тележечный участок завода УП «O`ZTEMIRYO`LMASHTA`MIR» относится к неэкологичным производствам и оказывает вредное влияние на окружающую среду, особенно в связи с тем, что производственно-ремонтное предприятие находится в черте города. Основным источником загрязнения окружающей среды из оборудования тележечного участка является моечная машина, в которой в качестве рабочей жидкости используется 2 %-ный водный раствор каустической соды. Каустическая сода опасный источник загрязнения для поверхностных и под поверхностных вод.

При выполнении технологического процесса широко применяются сварочно-наплавочные работы. При работе сварочных агрегатов в атмосферный воздух выделяются вредные вещества – сварочный аэрозоль, окиси железа и никеля, марганец и его соединения, оксиды углерода и азота, состав и количество которых зависит от марки электрода, вида сварки, а также от количества используемых электродов. При сварочных работах выделяется лучистая энергия, что оказывает прямое или косвенное влияние на состояние окружающей среды.

После окончания сварочных и ремонтных работ надрессорная балка и боковые рамы тележки окрашиваются. При окраске применяются краски, содержащие летучие взрывоопасные смеси с воздухом. В атмосферный воздух производятся выбросы оксида кремния, железа оксид, марганца диоксида, фтористого водорода и азота оксида, что является выбросами при производстве сварочных работ. При обточке, шлифовки колёсных пар и металлообработке в атмосферный воздух выделяется большое количество пыли абразивной и металлической. Основными загрязняющими веществами от стационарных

					ВКР 5310700-00-14ПЗ			
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>				
Разраб.	Тувалов Ж.				Охрана труда и техника безопасности	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Криворучко							
Н.конт.								
Утв.	Бердиев У.Т.							
						ТашиИТ ЕМ-575		

источников, выбрасываемыми в атмосферу, являются продукты сгорания жидкого топлива в котельной, при этом выделяются оксиды серы, азота и углерода, пентоксид ванадия. От малярного отделения – пары аэрозоля красок и растворителей. Основными загрязняющими веществами от стационарных источников, выбрасываемыми в атмосферу, являются продукты сгорания жидкого топлива в котельной, при этом выделяются оксиды серы, азота и углерода, пентоксид ванадия. От малярного отделения – пары аэрозоля красок и растворителей. Основной объём образовавшихся отходов составляют отработанные масла, которые повторно используются для смазки деталей.

#### **4.2. Исследование пожарной опасности электрооборудования**

Огнезащита строительной конструкции. Условия развития пожара в зданиях и сооружениях во многом определяются их огнестойкостью. Под огнестойкостью понимают способность материалов, конструкций и зданий в целом противостоять возгоранию, сохранять прочность, не разрушаться и не деформироваться под действием высоких температур при пожаре[18].

Предел огнестойкости строительных конструкций определяется временем в часах и минутах от начала их огневого стандартного испытания до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости:

- по плотности - образование в конструкциях сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;
- по теплоизолирующей способности - повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на 160 °С или в любой точке этой поверхности более чем на 190°С в сравнении с температурой конструкции до испытания, или более 220 °С независимо от температуры конструкции до испытания;
- по потере несущей способности конструкций и узлов - обрушение или прогиб в зависимости от типа конструкции.

Наименьший предел огнестойкости имеют незащищенные металлические конструкции, а наибольший - железобетонные.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Степень огнестойкости зданий и сооружений зависит от группы возгораемости и предела огнестойкости основных строительных конструкций. В соответствии со СНиП "Противопожарные нормы" здания могут быть восьми степеней огнестойкости: I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа и V. Наиболее безопасны в отношении пожаров здания I и II степеней огнестойкости.

В постройках и сооружениях I и II степеней огнестойкости все конструктивные элементы несгораемые (кроме крыш в зданиях с чердаками, которые могут быть сгораемыми) с пределами огнестойкости соответственно 0,5...2 ч и 0,25...2 ч. При III степени огнестойкости зданий и объектов несгораемыми должны быть только несущие стены, каркас, колонны, а перегородки, междуэтажные и чердачные перекрытия могут быть из трудносгораемых материалов или из сгораемых, но оштукатуренных или обработанных огнезащитным составом. В сооружениях IV степени огнестойкости несгораемыми могут быть только противопожарные стены (брандмауэры), разделяющие здания большой площади на части; несущие стены, колонны, перегородки и заполнение каркасных стен должны быть трудносгораемыми, а несущие элементы покрытий могут быть сгораемыми.

У зданий V степени огнестойкости все элементы, кроме брандмауэров, могут быть из сгораемых строительных материалов.

В зданиях всех степеней огнестойкости допускается делать сгораемыми:

- щитовые перегородки, остекленные при высоте глухой части до 1,2 м от пола, а также сборно-разборные и раздвижные;
- полы (кроме тех помещений, где применяют или хранят ЛВЖ и ГЖ);
- оконные переплеты, ворота и двери, кроме расположенных в противопожарных стенах;
- облицовку стен, перегородок и потолков, обрешетку крыш и стропила в зданиях с чердаками;
- кровлю в зданиях III, IV и V степеней огнестойкости с чердаками.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

В соответствии с требованиями СНиП, здания делятся на 8 степеней огнестойкости: I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа и V (табл. 4.1.).

#### 4.3. Опасности участка ремонта тележек электровоза ВЛ-60<sup>К</sup>

Тележечный участок завода УП «O`ZTEMIRYO`LMASHTA`MIR» относится к неэкологичным производствам и оказывает вредное влияние на окружающую среду, особенно в связи с тем, что производственно-ремонтное предприятие находится в черте города. Основным источником загрязнения окружающей среды из оборудования тележечного участка является моечная машина, в которой в качестве рабочей жидкости используется 2 %-ный водный раствор каустической соды. Каустическая сода опасный источник загрязнения для поверхностных и под поверхностных вод.

При выполнении технологического процесса широко применяются сварочно-наплавочные работы. При работе сварочных агрегатов в атмосферный воздух выделяются вредные вещества – сварочный аэрозоль, окиси железа и никеля, марганец и его соединения, оксиды углерода и азота, состав и количество которых зависит от марки электрода, вида сварки, а также от количества используемых электродов. При сварочных работах выделяется лучистая энергия, что оказывает прямое или косвенное влияние на состояние окружающей среды.

После окончания сварочных и ремонтных работ надрессорная балка и боковые рамы тележки окрашиваются. При окраске применяются краски, содержащие летучие взрывоопасные смеси с воздухом. В атмосферный воздух производятся выбросы оксида кремния, железа оксид, марганца диоксида, фтористого водорода и азота оксида, что является выбросами при производстве сварочных работ. При обточке, шлифовки колёсных пар и металлообработке в атмосферный воздух выделяется большое количество пыли абразивной и металлической. Основными загрязняющими веществами от стационарных

					ВКР 5310700-00-14ПЗ		
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>			
Разраб.		Тувалов Ж.				Лит.	Лист
Пров.		Криворучко					Листов
					Охрана труда и техника безопасности		
Н.конт.							
Утв.		Бердиев У.Т.			ТашИИТ ЕМ-575		

источников, выбрасываемыми в атмосферу, являются продукты сгорания жидкого топлива в котельной, при этом выделяются оксиды серы, азота и углерода, пентоксид ванадия. От малярного отделения – пары аэрозоля красок и растворителей. Основными загрязняющими веществами от стационарных источников, выбрасываемыми в атмосферу, являются продукты сгорания жидкого топлива в котельной, при этом выделяются оксиды серы, азота и углерода, пентоксид ванадия. От малярного отделения – пары аэрозоля красок и растворителей. Основной объём образовавшихся отходов составляют отработанные масла, которые повторно используются для смазки деталей.

#### **4.4. Исследование пожарной опасности электрооборудования**

Огнезащита строительной конструкции. Условия развития пожара в зданиях и сооружениях во многом определяются их огнестойкостью. Под огнестойкостью понимают способность материалов, конструкций и зданий в целом противостоять возгоранию, сохранять прочность, не разрушаться и не деформироваться под действием высоких температур при пожаре[18].

Предел огнестойкости строительных конструкций определяется временем в часах и минутах от начала их огневого стандартного испытания до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости:

- по плотности - образование в конструкциях сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;
- по теплоизолирующей способности - повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на 160 °С или в любой точке этой поверхности более чем на 190°С в сравнении с температурой конструкции до испытания, или более 220 °С независимо от температуры конструкции до испытания;
- по потере несущей способности конструкций и узлов - обрушение или прогиб в зависимости от типа конструкции.

Наименьший предел огнестойкости имеют незащищенные металлические конструкции, а наибольший - железобетонные.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Степень огнестойкости зданий и сооружений зависит от группы возгораемости и предела огнестойкости основных строительных конструкций. В соответствии со СНиП "Противопожарные нормы" здания могут быть восьми степеней огнестойкости: I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа и V. Наиболее безопасны в отношении пожаров здания I и II степеней огнестойкости.

В постройках и сооружениях I и II степеней огнестойкости все конструктивные элементы несгораемые (кроме крыш в зданиях с чердаками, которые могут быть сгораемыми) с пределами огнестойкости соответственно 0,5...2 ч и 0,25...2 ч. При III степени огнестойкости зданий и объектов несгораемыми должны быть только несущие стены, каркас, колонны, а перегородки, междуэтажные и чердачные перекрытия могут быть из трудносгораемых материалов или из сгораемых, но оштукатуренных или обработанных огнезащитным составом. В сооружениях IV степени огнестойкости несгораемыми могут быть только противопожарные стены (брандмауэры), разделяющие здания большой площади на части; несущие стены, колонны, перегородки и заполнение каркасных стен должны быть трудносгораемыми, а несущие элементы покрытий могут быть сгораемыми.

У зданий V степени огнестойкости все элементы, кроме брандмауэров, могут быть из сгораемых строительных материалов.

В зданиях всех степеней огнестойкости допускается делать сгораемыми:

- щитовые перегородки, остекленные при высоте глухой части до 1,2 м от пола, а также сборно-разборные и раздвижные;
- полы (кроме тех помещений, где применяют или хранят ЛВЖ и ГЖ);
- оконные переплеты, ворота и двери, кроме расположенных в противопожарных стенах;
- облицовку стен, перегородок и потолков, обрешетку крыш и стропила в зданиях с чердаками;
- кровлю в зданиях III, IV и V степеней огнестойкости с чердаками.

В соответствии с требованиями СНиП, здания делятся на 8 степеней огнестойкости: I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа и V (табл. 4.1.).

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



огромные убытки. Именно поэтому огнезащитная тематика все более и более актуальна, а внимание к проблеме пожаробезопасности очень высоко уже на этапе проектирования объектов. На этом первоначальном этапе необходимо заранее учесть все особенности как конструктивного и инженерного, так и технического плана. Правильное планирование в применении огнезащиты в будущем обеспечит возможность успешной эвакуации людей.

Самым главным условием пожарной безопасности является обработка конструкций специальными огнестойкими составами:

- огнезащитной краской;
- штукатурными составами.

Огнезащита строительных конструкций – это в первую очередь безопасность людей [19].

Создавая средства огнезащиты и установки по их нанесению, мы опираемся на главное – сохранить жизни и здоровье людей. Никакие материальные потери не могут быть важнее человеческой жизни, а прочность объекта напрямую влияет на шансы людей вовремя эвакуироваться и остаться в живых. Некоторые инженерные системы могут во время пожара сыграть во вред: например, воздуховоды являются одним из самых опасных каналов распространения пламени, поэтому их огнезащита обязательна.

Сохранение целостности несущих металлоконструкций и железобетона при воздействии прямого огня входит в комплекс задач для обеспечения огнезащиты объекта. Чтобы металлоконструкции и конструкции из железобетона сохраняли свою несущую способность в течение определенного времени используют специальный штукатурный состав СОШ-1 или огнезащитную краску с прекрасными техническими характеристиками и декоративным внешним видом покрытия белого или любого пастельного цвета. За то время, на которое обеспечивается сохранность несущих конструкций с помощью огнезащитных материалов, люди, находящиеся в здании, получают возможность покинуть помещение и сохранить свою жизнь.

Обработка деревянных конструкций огнезащитной краской, позволяет перевести древесину в 1 группу горючести, т.е. в условиях пожара,

обработанная с помощью краски конструкция – не загорится, она будет тлеть, пламя не перекинется на предметы быта, например, шторы или стол, если это жилой дом, что позволит, вовремя остановить пламя и затушить пожар.

Противопожарная профилактика - комплекс организационных, воспитательных и технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей. Основные вопросы профилактики пожарной безопасности объектов и предприятий изложены в Правилах пожарной безопасности Республики Узбекистан (ППБ 01-03); ГОСТ Системы стандартов безопасности труда (ССБТ), соответствующих Строительных нормах и правилах (СНиП).

Существенное значение для проведения противопожарных мероприятий имеет планировка территории предприятий и организаций - зонирование территорий согласно стандартам, санитарным нормам и правилам, отраслевым региональным правилам и иным документам, содержащим противопожарные правила.

При этом важно предусмотреть размещение отдельных зданий и сооружений для группировки их в отдельные комплексы, родственные по функциональному назначению и признаку пожарной опасности. С целью противопожарной профилактики здания, сооружения и склады с повышенной пожарной опасностью располагают с подветренной стороны. На территории предприятия должны быть основные (шириной 6 м) и вспомогательные (4 м) дороги, обеспечивающие свободный подъезд и подход ко всем зданиям, сооружениям и другим объектам, а также ворота - основные и запасные.

Для противопожарной профилактики все здания и сооружения оборудуют молниезащитными устройствами. Согласно СНиП для защиты объектов от прямых ударов молнии устраивают молниеотводы.

#### **4.4. Пожарная безопасность в электроустановках**

Пожарная опасность электрического тока заключается в его тепловом проявлении, которое при определенных условиях превращается в источник

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

зажигания горючей среды [18]. Причинами пожара электроустановок являются:

- короткое замыкание;
- токовые перегрузки электроустановок;
- перегрев контактов с большими переходными сопротивлениями;
- электрические искры и дуги, возникающие при резком разрыве сети.

Токи короткого замыкания возникают в результате:

- повреждения изоляции токоведущих частей, неправильного выбора исполнения электрооборудования по условиям окружающей среды;
- попадания на неизолированные провода металлических предметов;
- схлестывания проводов воздушной линии электропередач под действием ветра;
- ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении различных операций в электроустановках.

В результате происходят перегревание и воспламенение изоляции проводов, а также расплавление их металлической токоведущей части.

Под токовыми перегрузками понимается такой режим работы электроустановки, когда в электропроводке длительное время протекает ток, превышающий допустимые величины.

Токовые перегрузки могут возникнуть в электрических сетях при включении в нее дополнительных электропотребителей. При этом возрастает мощность в сети, на которую она не рассчитана, одновременно повышается сила тока. В результате происходят перегрев и воспламенение электропроводки.

По закону Джоуля-Ленца электрический ток, преодолевая сопротивление проводника, выполняет работу, в процессе которой выделяется тепло. Свободные электроны при движении сталкиваются с атомами и молекулами. При этих столкновениях механическая энергия движущихся электронов переходит в тепловую.

Пожарную опасность представляют переходные (контактные)

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

сопротивления в местах некачественного соединения проводов между собой при присоединении к электрическим машинам и аппаратам. Количество тепла, выделяющегося в переходных контактах с большим сопротивлением, может быть настолько значительным, что приведет к перегреву проводов в этой зоне и

воспламенению изоляции.

Для предохранения от коротких замыканий и чрезмерных перегревов в цепи включают легкоплавкие предохранители или отключающие автоматы. Выбор предохранителей и автоматов осуществляют в зависимости от площади сечения проводов.

Аварийные режимы в электропроводках представляют опасность не только с точки зрения возможности зажигания собственной изоляции проводов и кабелей, но также и за счет выброса из зоны замыкания частиц металлов, которые, разлетаясь на значительные расстояния, могут явиться причиной загораний, пожаров и взрывов.

Из проводниковых материалов в целом в электропроводках и ВЛ преимущественно (до 97 %) применялся алюминий. Да и сейчас большая часть этих электропроводок и ВЛ находится в эксплуатации. Перемены коснулись только жилого сектора, где в домах, построенных после 2000-го года, начали прокладывать медь. На всех других объектах кабельная продукция с алюминиевыми токопроводящими жилами, в силу относительной дешевизны, продолжает широко использоваться.

Этот небольшой «исторический» экскурс понадобился для того, чтобы еще раз подчеркнуть актуальность проблемы, связанной с оценкой и обеспечением пожарной безопасности коротких замыканий в проводах с алюминиевыми жилами, так как образующиеся при КЗ в алюминиевых проводах частицы значительно опаснее медных частиц, образовавшихся в аналогичных условиях. Один грамм алюминия при сгорании выделяет 32,2 кДж теплоты, что в 11 раз больше, чем при сгорании 1 г меди. Кроме того, следует отметить, что медь при

атмосферном давлении даже при высоких температурах, не горит в воздухе, поэтому и пожарная опасность этих частиц значительно ниже. В связи с

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

изложенным в настоящей главе преимущественно рассматривается зажигательная способность частиц алюминия.

Наиболее полное изучение пожарной опасности частиц алюминия, образующихся при КЗ в электропроводках, возможно в следующих направлениях:

- исследование условий возникновения и теплофизических параметров частиц как источников зажигания;
- исследование динамики движения и изменения теплофизических параметров частиц, вылетевших из зоны замыкания, на пути их движения к горючему материалу;
- исследование взаимодействия частиц с горючим материалом и определение критических условий зажигания горючего материала частицей;
- разработка нормативов, регламентирующих пожарную безопасность электропроводок в части образования в них при аварийных режимах частиц металла.

Воспламенение и горение частиц. Анализ имеющихся литературных источников показывает, что в основном изучалось воспламенение мелкодисперсных частиц алюминия диаметром не более 200 мк и высокотемпературном газовом потоке.

Из теоретических исследований можно отметить работы Б. И. Хайкина, В. И. Блошенко, А. Г. Мержанова, в которых сформулировано условие воспламенения мелких частиц как функции скорости тепло выделения за счёт реакции окисления и скорости теплоотвода от частицы в окружающий ее газ.

Модели горения частиц алюминия, предложенные различными авторами, также трактуются весьма неоднозначно. Выделяются три основные модели горения: «пузырьковая», «парофазная» и модель, в которой образование конденсированной окиси происходит как в газе вокруг частицы, так и на её

поверхности за счет проникновения к ней окислителя. Но необходимо констатировать, что ни одним из рассматриваемых теорий воспламенения и горения частиц алюминия не может быть использована для теоретического и экспериментального исследований физической модели воспламенения

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

сравнительно крупной частицы алюминия с выбросом ее из зоны КЗ и Самостоятельным горением веревки воздуха при свободном падении.

Данных об исследовании частиц металлов, образующихся при КЗ, - об их температуре, размерах, начальных скоростях вылета, динамике полета и о других параметрах - в технической литературе не встречается.

Тепловая энергия, температура и время горения частиц. Тепловая энергия частицы является одним из основных критериев ее пожарной опасности. Запас тепловой энергии частицы  $Q$  (Дж) приближенно может быть определен из выражения:

$$Q = Cm(T - T_0) + q'm$$

где  $C$  - удельная теплоёмкость, Дж/кг\* $^{\circ}$ С);

$m$  - масса частицы, кг;

$T$  - температура частицы,  $^{\circ}$ С;

$T_0$  - температура окружающей среды,  $^{\circ}$ С;

$q'$ - удельная теплота фазового превращения, Дж/кг.

Как было показано выше, температура частицы на стадии воспламенения, найденная из совместного решения уравнений теплового баланса и кинетического закона окисления, является сложной функцией размера и показателя скорости окисления. При воспламенении частицы алюминия происходит срыв теплового равновесия и самоускоренный рост её температуры с интенсивным выделением тепловой энергии. Так как удельная теплоемкость алюминия зависит от температуры нагрева и в справочной литературе ее значения даны только при температуре не более 900  $^{\circ}$ С, то расчетным путем определить теплосодержание частицы алюминия как функции времени —

задача чрезвычайно трудная. При измерении температуры зоны горения частиц алюминия в различных средах различными исследователями были определены следующие ее значения:

- Гросс и Конвей 3300-3800 К;
- Похил, Барлас - 3600-3850 К.

Т. е. эксперименты показали, что эта температура близка к температуре кипения  $Al_2O_3$  (3800 К). Однако условия, в которых определялись эти температуры (среда - чистый кислород, горение на подложке), не соответствуют реальным условиям возникновения КЗ в электропроводках.

Время горения частиц алюминия и его зависимость от различных факторов являются очень важными параметрами с точки зрения оценки их пожарной опасности.

В случае горения сферических алюминиевых частиц в составе конденсированных систем, где основными кислородсодержащими реагентами являются  $H_2O$  и  $CO_2$ , время горения практически не зависит от температуры ( $T \geq 2300$  К) и давления ( $P \geq 25,25 \cdot 10^5$  Па), но сильно изменяется с изменением диаметра частиц  $d$  и активности среды  $a_K$ :

$$\tau = K \frac{d^{1.5}}{a_K^{0.9}}$$

Расчёт по данной формуле, если принять экспериментальное значение  $K=0,67$ , показывает, что для сферического алюминия ( $d = 15 \div 20$  мк) средняя скорость выгорания по радиусу составляй  $(5 \div 10) \cdot 10^{-3}$  м/с.

Но приведенные результаты анализируемых работ, как и исследования Фридмана и Мачека по горению частиц в пламени плоской горелки, не позволяют оценить реальную длительность горения сравнительно крупных частиц алюминия на воздухе, как это имеет место при КЗ в электросетях.

Вопрос о зажигании реагирующих веществ различными телами является одним из малоизученных, поэтому остановимся на нем несколько подробнее.

Анализ нестационарного теплообмена, имеющего место при зажигании реагирующих веществ частицами, показывает, что процесс зажигания можно разделить на две стадии. На первой стадии реагент ведет себя как инертное тело, т. е. нагрев его ведется практически только за счет теплоты, выделяемой источником (идет создание прогретого слоя). На второй стадии превалирующую роль играет протекание химической реакции в слое реагента, тепловое самоускорение которой и приводит к его зажиганию.

Обычно длительность второй стадии на много меньше общего времени задержки зажигания.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Я. Б. Зельдович разработал теорию локального зажигания горючих газоздушных смесей от искровых разрядов, согласно которой искровой разряд способен поджечь такую смесь при следующем условии:

$$d = 4\sqrt{2\delta}$$

где  $d$  - диаметр критического объема горючей смеси, нагреваемой разрядом до температуры воспламенения;

$\delta$  - ширина зоны горения.

Предполагается, что нагретая частица сферической формы, выполненная из материала с конечной теплопроводностью, внезапно (мгновенно) попадает в пространство, заполненное реагирующей смесью. Задача сводится к решению уравнений теплопроводности для частицы и реагента, а также уравнения химической кинетики с соответствующими начальными и граничными условиями.

В результате решения получены поля температур частицы и реагента для различных моментов времени. Установлено, что возможны два режима воспламенения. Первый режим реализуется тогда, когда радиус частицы близок к критическому. В этом случае температура на поверхности частицы сначала убывает вследствие теплоотдачи в смесь, а затем возрастает за счет теплоты реакции реагента. Если радиус частицы значительно больше критического, то в этом случае имеет место другой режим воспламенения, при котором температура на поверхности частицы сразу начинает возрастать за счет теплоты реакции.

В рамках газофазной теории предполагается, что компонентные топлива разлагаются в результате термического процесса, а затем взаимодействуют в интенсивной экзотермической реакции, проходящей в газовой фазе. Считается, что реакция, лимитирующая скорость процесса, происходит в газовой фазе вблизи поверхности топлива.

Твердофазная теория предполагает, что процесс воспламенения полностью определяется тепловыделением в неразрушающемся реагирующем твердом топливе.

В рамках гетерогенной теории зажигания предполагается, что определяющими являются гетерогенные реакции между газообразным окислителем и твердым горючим.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Существование трех теорий зажигания объясняется различными химическими и теплофизическими свойствами изучаемых твердых веществ.

В работе по определению воспламеняющей способности частиц металлов, возникающих при КЗ, наибольшее внимание уделялось поиску параметров, дающих количественную оценку этому явлению при прямом воздействии частиц на горючее вещество. Прикладным направлением этих работ являлось создание методики по определению причастности к пожарам частиц металлов при КЗ.

Степень огнестойкости	Минимальные пределы огнестойкости строительных конструкций (число над чертой), и максимальные пределы распространения огня по ним (под чертой)									
	Стены					Колонны	Лестничные площадки, косоуры, ступени, балки и марши лестничных клеток	Плиты, настилы (в т.ч. с утеплителем) и др. несущие конструкции перекрытий	Элементы покрытий	
	Несущие и лестничных клеток	Самонесущие	Наружные несущие (в т.ч. из навесных панелей)	Внутренние несущие (перегородки)	Плиты, настилы (в т.ч. с утеплителем) и прогоны				Балки, фермы, арки, рамы	
I	2,5 0	1,25 0	0,5 0	0,5 0	2,5 0	1 0	1 0	0,5 0	0,5 0	
II	2 0	1 0	0,25 0	0,25 0	2 0	1 0	0,75 0	0,25 0	0,25 0	
III	2 0	1 0	0,25; 0,5 0 40	0,25 0	2 0	1 0	0,75 0	н.н. н.н.	н.н. н.н.	
IIIa	1 0	0,5 0	0,25 40	0,25 40	0,25 0	1 0	0,25 0	0,25 25	0,25 0	
IIIб	1 40	0,5 40	0,25; 0,5 0 40	0,25 40	1 40	0,75 0	0,75 25	0,25; 0,5 0 25(40)	1 40	
IV	0,5 40	0,25 40	0,25 40	0,25 40	0,5 40	0,25 40	0,25 40	н.н. н.н.	н.н. н.н.	
IVa	0,5 40	0,25 40	0,25 н.н.	0,25 40	0,25 0	0,25 0	0,25 0	0,25 н.н.	0,25 0	
V	Не нормируется									

Примечания:

3. В скобках приведены пределы распространения огня для вертикальных и наклонных участков конструкций.

4. Сокращение «н.н.» означает, что показатель не нормируется.

#### 4.6. Меры противопожарной безопасности. Противопожарная профилактика

Пожарная безопасность – важнейшее условие проектирования зданий и сооружений. И для выполнения этого условия и используются средства огнезащитных составов, которые минимизируют опасность возгорания.

Ежегодно многочисленные пожары уносят жизни людей и наносят огромные убытки. Именно поэтому огнезащитная тематика все более и более актуальна, а внимание к проблеме пожаробезопасности очень высоко уже на этапе проектирования объектов. На этом первоначальном этапе необходимо заранее учесть все особенности как конструктивного и инженерного, так и технического плана. Правильное планирование в применении огнезащиты в будущем обеспечит возможность успешной эвакуации людей.

Самым главным условием пожарной безопасности является обработка конструкций специальными огнестойкими составами:

- огнезащитной краской;
- штукатурными составами.

Огнезащита строительных конструкций – это в первую очередь безопасность людей [19].

Создавая средства огнезащиты и установки по их нанесению, мы опираемся на главное – сохранить жизни и здоровье людей. Никакие материальные потери не могут быть важнее человеческой жизни, а прочность

объекта напрямую влияет на шансы людей вовремя эвакуироваться и остаться в живых. Некоторые инженерные системы могут во время пожара сыграть во вред: например, воздуховоды являются одним из самых опасных каналов распространения пламени, поэтому их огнезащита обязательна.

Сохранение целостности несущих металлоконструкций и железобетона при воздействии прямого огня входит в комплекс задач для обеспечения огнезащиты объекта. Чтобы металлоконструкции и конструкции из железобетона сохраняли свою несущую способность в течение определенного времени используют специальный штукатурный состав СОШ-1 или огнезащитную краску с прекрасными техническими характеристиками и декоративным внешним видом

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

покрытия белого или любого пастельного цвета. За то время, на которое обеспечивается сохранность несущих конструкций с помощью огнезащитных материалов, люди, находящиеся в здании, получают возможность покинуть помещение и сохранить свою жизнь.

Обработка деревянных конструкций огнезащитной краской, позволяет перевести древесину в 1 группу горючести, т.е. в условиях пожара, обработанная с помощью краски конструкция – не загорится, она будет тлеть, пламя не перекинется на предметы быта, например, шторы или стол, если это жилой дом, что позволит, вовремя остановить пламя и затушить пожар.

Противопожарная профилактика - комплекс организационных, воспитательных и технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей. Основные вопросы профилактики пожарной безопасности объектов и предприятий изложены в Правилах пожарной безопасности Республики Узбекистан (ППБ 01-03); ГОСТ Системы стандартов безопасности труда (ССБТ), соответствующих Строительных нормах и правилах (СНиП).

Существенное значение для проведения противопожарных мероприятий имеет планировка территории предприятий и организаций - зонирование территорий согласно стандартам, санитарным нормам и правилам, отраслевым региональным правилам и иным документам, содержащим противопожарные правила.

При этом важно предусмотреть размещение отдельных зданий и сооружений для группировки их в отдельные комплексы, родственные по функциональному назначению и признаку пожарной опасности.

С целью противопожарной профилактики здания, сооружения и склады с повышенной пожарной опасностью располагают с подветренной стороны. На территории предприятия должны быть основные (шириной 6 м) и вспомогательные (4 м) дороги, обеспечивающие свободный подъезд и подход ко всем зданиям, сооружениям и другим объектам, а также ворота - основные и запасные.

						ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

Для противопожарной профилактики все здания и сооружения оборудуют молниезащитными устройствами. Согласно СНиП для защиты объектов от прямых ударов молнии устраивают молниеотводы.

#### 4.5. Пожарная безопасность в электроустановках

Пожарная опасность электрического тока заключается в его тепловом проявлении, которое при определенных условиях превращается в источник зажигания горючей среды [18]. Причинами пожара электроустановок являются:

- короткое замыкание;
- токовые перегрузки электроустановок;
- перегрев контактов с большими переходными сопротивлениями;
- электрические искры и дуги, возникающие при резком разрыве сети.

Токи короткого замыкания возникают в результате:

- повреждения изоляции токоведущих частей, неправильного выбора исполнения электрооборудования по условиям окружающей среды;
- попадания на неизолированные провода металлических предметов;
- схлестывания проводов воздушной линии электропередач под действием ветра;
- ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении различных операций в электроустановках.

В результате происходят перегревание и воспламенение изоляции проводов, а также расплавление их металлической токоведущей части.

Под токовыми перегрузками понимается такой режим работы электроустановки, когда в электропроводке длительное время протекает ток, превышающий допустимые величины.

Токовые перегрузки могут возникнуть в электрических сетях при включении в нее дополнительных электропотребителей. При этом возрастает мощность в сети, на которую она не рассчитана, одновременно повышается сила тока. В результате происходят перегрев и воспламенение электропроводки.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

По закону Джоуля-Ленца электрический ток, преодолевая сопротивление проводника, выполняет работу, в процессе которой выделяется тепло. Свободные электроны при движении сталкиваются с атомами и молекулами. При этих столкновениях механическая энергия движущихся электронов переходит в тепловую.

Пожарную опасность представляют переходные (контактные) сопротивления в местах некачественного соединения проводов между собой при присоединении к электрическим машинам и аппаратам. Количество тепла, выделяющегося в переходных контактах с большим сопротивлением, может быть настолько значительным, что приведет к перегреву проводов в этой зоне и воспламенению изоляции.

Для предохранения от коротких замыканий и чрезмерных перегревов в цепь включают легкоплавкие предохранители или отключающие автоматы. Выбор предохранителей и автоматов осуществляют в зависимости от площади сечения проводов.

Аварийные режимы в электропроводках представляют опасность не только с точки зрения возможности зажигания собственной изоляции проводов и кабелей, но также и за счет выброса из зоны замыкания частиц металлов, которые, разлетаясь на значительные расстояния, могут явиться причиной

загораний, пожаров и взрывов.

Из проводниковых материалов в целом в электропроводках и ВЛ преимущественно (до 97 %) применялся алюминий. Да и сейчас большая часть этих электропроводок и ВЛ находится в эксплуатации. Перемены коснулись только жилого сектора, где в домах, построенных после 2000-го года, начали прокладывать медь. На всех других объектах кабельная продукция с алюминиевыми токопроводящими жилами, в силу относительной дешевизны, продолжает широко использоваться.

Этот небольшой «исторический» экскурс понадобился для того, чтобы еще раз подчеркнуть актуальность проблемы, связанной с оценкой и обеспечением пожарной безопасности коротких замыканий в проводах с алюминиевыми

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

жилами, так как образующиеся при КЗ в алюминиевых проводах частицы значительно опаснее медных частиц, образовавшихся в аналогичных условиях. Один грамм алюминия при сгорании выделяет 32,2 кДж теплоты, что в 11 раз больше, чем при сгорании 1 г меди. Кроме того, следует отметить, что медь при атмосферном давлении даже при высоких температурах, не горит в воздухе, поэтому и пожарная опасность этих частиц значительно ниже. В связи с изложенным в настоящей главе преимущественно рассматривается зажигательная способность частиц алюминия.

Наиболее полное изучение пожарной опасности частиц алюминия, образующихся при КЗ в электропроводах, возможно в следующих направлениях:

- исследование условий возникновения и теплофизических параметров частиц как источников зажигания;
- исследование динамики движения и изменения теплофизических параметров частиц, вылетевших из зоны замыкания, на пути их движения к горючему материалу;
- исследование взаимодействия частиц с горючим материалом и определение критических условий зажигания горючего материала частицей;
- разработка нормативов, регламентирующих пожарную безопасность электропроводок в части образования в них при аварийных режимах частиц металла.

Воспламенение и горение частиц. Анализ имеющихся литературных источников показывает, что в основном изучалось воспламенение мелкодисперсных частиц алюминия диаметром не более 200 мк и высокотемпературном газовом потоке.

Из теоретических исследований можно отметить работы Б. И. Хайкина, В. И. Блошенко, А. Г. Мержанова, в которых сформулировано условие воспламенения мелких частиц как функции скорости тепло выделения за счёт реакции окисления и скорости теплоотвода от частицы в окружающий ее газ.

Модели горения частиц алюминия, предложенные различными авторами, также трактуются весьма неоднозначно. Выделяются три основные модели горения: «пузырьковая», «парофазная» и модель, в которой образование конденсированной окиси происходит как в газе вокруг частицы, так и на её

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

поверхности за счет проникновения к ней окислителя. Но необходимо констатировать, что ни одним из рассматриваемых теорий воспламенения и горения частиц алюминия не может быть использована для теоретического и экспериментального исследований физической модели воспламенения сравнительно крупной частицы алюминия с выбросом ее из зоны КЗ и самостоятельным горением веревке воздуха при свободном падении.

Данных об исследовании частиц металлов, образующихся при КЗ, - об их температуре, размерах, начальных скоростях вылета, динамике полета и о других параметрах - в технической литературе не встречается.

Тепловая энергия, температура и время горения частиц. Тепловая энергия частицы является одним из основных критериев ее пожарной опасности. Запас тепловой энергии частицы  $Q$  (Дж) приближенно может быть определен из выражения:

$$Q = Cm(T - T_0) + q'm$$

где  $C$  - удельная теплоёмкость, Дж/кг\*°С);

$m$  - масса частицы, кг;

$T$  - температура частицы, °С;

$T_0$  - температура окружающей среды, °С;

$q'$  - удельная теплота фазового превращения, Дж/кг.

Как было показано выше, температура частицы на стадии воспламенения, найденная из совместного решения уравнений теплового баланса и кинетического закона окисления, является сложной функцией размера и показателя скорости окисления. При воспламенении частицы алюминия происходит срыв теплового равновесия и самоускоренный рост её температуры с интенсивным выделением тепловой энергии. Так как удельная теплоемкость алюминия зависит от температуры нагрева и в справочной литературе ее значения даны только при температуре не более 900 °С, то расчетным путем определить теплосодержание частицы алюминия как функции времени — задача чрезвычайно трудная. При измерении температуры зоны горения частиц алюминия в различных средах различными исследователями были определены следующие ее значения:

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- Гросс и Конвей 3300-3800 К;
- Похил, Барлас - 3600-3850 К.

Т. е. эксперименты показали, что эта температура близка к температуре кипения  $Al_2O_3$  (3800 К). Однако условия, в которых определялись эти температуры (среда - чистый кислород, горение на подложке), не соответствуют реальным условиям возникновения КЗ в электропроводках.

Время горения частиц алюминия и его зависимость от различных факторов являются очень важными параметрами с точки зрения оценки их пожарной опасности.

В случае горения сферических алюминиевых частиц в составе конденсированных систем, где основными кислородсодержащими реагентами являются  $H_2O$  и  $CO_2$ , время горения практически не зависит от температуры ( $T \geq 2300$  К) и давления ( $P \geq 25,25 \cdot 10^5$  Па), но сильно изменяется с изменением диаметра частиц  $d$  и активности среды  $a_K$ :

$$\tau = K \frac{d^{1.5}}{a_K^{0.9}}$$

Расчёт по данной формуле, если принять экспериментальное значение  $K=0,67$ , показывает, что для сферического алюминия ( $d = 15 \div 20$  мк) средняя скорость выгорания по радиусу составляй  $(5 \div 10) \cdot 10^{-3}$  м/с.

Но приведенные результаты анализируемых работ, как и исследования Фридмана и Мачека по горению частиц в пламени плоской горелки, не позволяют оценить реальную длительность горения сравнительно крупных частиц алюминия на воздухе, как это имеет место при КЗ в электросетях.

Вопрос о зажигании реагирующих веществ различными телами является одним из малоизученных, поэтому остановимся на нем несколько подробнее.

Анализ нестационарного теплообмена, имеющего место при зажигании реагирующих веществ частицами, показывает, что процесс зажигания можно разделить на две стадии. На первой стадии реагент ведет себя как инертное тело, т. е. нагрев его ведется практически только за счет теплоты, выделяемой источником (идет создание прогретого слоя). На второй стадии превалирующую

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

роль играет протекание химической реакции в слое реагента, тепловое самоускорение которой и приводит к его зажиганию. Обычно длительность второй стадии на много меньше общего времени задержки зажигания.

Я. Б. Зельдович разработал теорию локального зажигания горючих газоздушных смесей от искровых разрядов, согласно которой искровой разряд способен поджечь такую смесь при следующем условии:

$$d = 4\sqrt{2\delta}$$

где  $d$  - диаметр критического объема горючей смеси, нагреваемой разрядом до температуры воспламенения;

$\delta$  - ширина зоны горения.

Предполагается, что нагретая частица сферической формы, выполненная из материала с конечной теплопроводностью, внезапно (мгновенно) попадает в пространство, заполненное реагирующей смесью.

Задача сводится к решению уравнений теплопроводности для частицы и реагента, а также уравнения химической кинетики с соответствующими начальными и граничными условиями.

В результате решения получены поля температур частицы и реагента для различных моментов времени. Установлено, что возможны два режима воспламенения. Первый режим реализуется тогда, когда радиус частицы близок к критическому. В этом случае температура на поверхности частицы сначала убывает вследствие теплоотдачи в смесь, а затем возрастает за счет теплоты реакции реагента. Если радиус частицы значительно больше критического, то в этом случае имеет место другой режим воспламенения, при котором температура на поверхности частицы сразу начинает возрастать за счет теплоты реакции.

В рамках газозной теории предполагается, что компонентные топлива разлагаются в результате термического процесса, а затем взаимодействуют в интенсивной экзотермической реакции, проходящей в газовой фазе. Считается, что реакция, лимитирующая скорость процесса, происходит в газовой фазе вблизи поверхности топлива.

Твердофазная теория предполагает, что процесс воспламенения полностью определяется тепловыделением в неразрушающемся реагирующем твердом

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

топливе.

В рамках гетерогенной теории зажигания предполагается, что определяющими являются гетерогенные реакции между газообразным окислителем и твердым горючим.

Существование трех теорий зажигания объясняется различными химическими и теплофизическими свойствами изучаемых твердых веществ.

В работе по определению воспламеняющей способности частиц металлов, возникающих при КЗ, наибольшее внимание уделялось поиску параметров, дающих количественную оценку этому явлению при прямом воздействии частиц на горючее вещество. Прикладным направлением этих работ являлось создание методики по определению причастности к пожарам частиц металлов при КЗ.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 5. Техничко-экономические расчёты

### 5.1. Расчёт экономических показателей ремонтно - комплектовочного цеха

Себестоимость представляет собой издержки предприятия на производство и реализацию продукции в денежной форме. Её планирование является составной частью планирования промышленного производства и представляет собой систему технико-экономических расходов, отражающих размер и изменение текущих затрат, включаемых в состав себестоимости промышленной продукции. Таким образом, в плане себестоимости находят отражение все основные стороны производственно- хозяйственной деятельности предприятия, а показатель себестоимости является результативным.

Планирование себестоимости осуществляется нормативно-балансовым и расчётно-аналитическим методами.

Себестоимость продукции предприятия складывается из затрат, связанных с использованием в процессе производства продукции природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на её производство и реализацию.

Себестоимость определяется по отдельным видам продукции (себестоимость единицы продукции), по всей произведенной товарной продукции и по реализованной продукции[22].

По способу включения затрат в себестоимость продукции расходы подразделяются на:

- прямые;
- косвенные.

Прямые расходы непосредственно связаны с производством отдельных видов продукции и прямо включаются в их себестоимость, а косвенные затраты

					ВКР 5310700-00-14ПЗ			
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>				
Разраб.	Тувалов Ж				Техничко-экономические расчёты	Лит.	Лист	Листов
Консульт	Расулова Г.							
Н.конт.								
Утв.	Бердиев У.Т.							
						ТашИИТ ЕМ-575		

связаны, как правило, с производством нескольких видов продукции и распределяют пропорционально какой-либо базе. В качестве базы принимается основная заработная плата производственных рабочих, часы работы оборудования и другие.

Затраты, образующие себестоимость ремонтной продукции, группируют по следующим элементам: материальные затраты, затраты на оплату труда; отчисления на социальные нужды; амортизация основных фондов; прочие затраты.

Договорные оптовые цены на продукцию производственно-технического назначения, устанавливаемые заводами по ремонту подвижного состава, определяют в соответствии с методологией и порядком, принятыми органами ценообразования.

Договорные цены на серийную продукцию промышленных предприятий, в том числе и ремонтных заводов, на услуги производственного характера устанавливают, исходя из экономически обоснованных затрат на производство и реализацию продукции и рентабельности и себестоимости.

Цена единицы продукции:

$$C = c + \left(1 + \frac{P}{100}\right)$$

где  $c$  - себестоимость единицы продукции, у.е.;

$P$  - плановая рентабельность, %.

Прибыль предприятия- это не только главный результат его производственно- хозяйственной деятельности, но и источник удовлетворения потребностей, как самого завода, так и общества в целом. Прибыль служит источником расширения производственных возможностей, а также материального стимулирования работающих на заводе, удовлетворения их социальных потребностей и формирования бюджетных и внебюджетных фондов.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Различают прибыль:

- балансовую;
- облагаемую налогом;
- не облагаемую налогом;
- чистую.

Определение годовых текущих расходов цеха по плану. Текущие расходы цеха - денежные затраты на производство продукции, выпускаемой данным цехом. Они представляют собой часть заводских расходов на производство данной продукции:

$$\sum c = \sum c_{пр} + \sum c_{кос}$$

где:  $\sum c_{пр}$  - прямые расходы, непосредственно связанные с производством данного вида продукции;

$\sum c_{кос}$  - косвенные расходы цеха, связанные с обслуживанием основного производства и управлением цехом.

В свою очередь эти две группы затрат подразделяются на ряд подгрупп.

Прямые расходы цеха:

$$\sum c_{пр} = \sum c_{зосн} + \sum c_{здоп} + \sum c_{отс} + \sum c_{м} + \sum c_{эн}$$

где  $\sum c_{зосн}$  - затраты на основную заработную плату производственных рабочих;

$\sum c_{здоп}$  - затраты на дополнительную заработную плату производственных рабочих;

$\sum c_{отс}$  - отчисления на социальное страхование производственных рабочих;

$\sum c_{м}$  - затраты на материалы, сырьё полуфабрикаты;

$\sum c_{эн}$  - затраты на топливо и энергию на технологические цели.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Затраты на основную заработную плату производственных

рабочих:

$$\sum C_{\text{Зосн}} = \sum Z_{\text{мес}} \cdot 12$$

где:  $Z_{\text{мес}}$  - среднемесячная ставка основной заработной платы 3-й группы рабочих (квалификация, условия работы);

12 - число месяцев в году. Производится доплата в размере 35% часовой тарифной ставки за каждый час работы в ночное время с учётом сдельного приработка премии.

Внутренний трудовой распорядок завода предполагает начало и окончание работ смены - начало 8 час, окончание 16:30 минут, II смены - начало 16:30 минут, окончание 1:00.

Следовательно, на работу в ночной премия приходится 3:00, что в месяц составляет 18,8% от фонда рабочего времени.

Доплата за рабочее время производится в размере 6,70% от месячной тарифной ставки заработной платы.

В целях обеспечения ритмичности выпуска из ремонта электровозных агрегатов и усиления стимулирования за ритмичную работу устанавливается следующий порядок премирования рабочих [24]:

1. за ежедневный ритмичный выпуск продукции в размере 1,5%, каждый день ритмичной работы, на не более 30% в месяц (из них 20% начисляется на сумму заработка по 10%, начисляется на общую сумму сдельного заработка);

2. за высокое качество работ начисляется на общую сумму заработка 10%.

Итого на более 40%:

$$Z_{\text{тар}} = Z_{\text{тар}} \cdot T_{\text{мес}} / 100$$

где  $Z_{\text{тар}}$  - часовая тарифная ставка;

$T_{\text{мес}}$  - среднемесячная норма часов, 173,1 час при рабочей неделе 41 час.

В ремонтно-комплектовочном цехе № 5 численность бригады № 13, осуществляющей КВР тележки электровоза ВЛ-60<sup>к</sup> составляет - 15 человек.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		





$$T_{\text{яв}} = t * [T(T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})] - T_{\text{пп}}$$

где  $t=40/5=8$  – продолжительность рабочего дня при пятидневной рабочей недели;

$T$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (субботних и воскресных);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году, не совпадающих с выходными днями;

$T_{\text{пп}}$  – количество предпраздничных дней с сокращением на 1ч/рабочим днём.

$$T_{\text{яв}} = 8 * [365 - (104 + 9)] - 4 = 2012 \text{ ч}$$

Получаем:

$$R_{\text{яв}} = \frac{100 * 15}{2012} = 74 \text{ ч};$$

Рассчитанный контингент рабочих распределяется по профессиям и квалификационному признаку как показано в таблице 5.1.

Списочный контингент работников больше явочного, так как он учитывает отсутствующих по болезни, находящихся в отпусках и выполняющих государственные и общественные обязанности [21]. Общий процент на замещения отсутствующих составляет 7-15% от явочного контингента. В выпускной работе его следует принять в размере 12%:

$$F_{\text{сп}} = F_{\text{яв}} * (1,07 - 1,15) = 15 * 1,12 \approx 17 \text{ чел}$$

### 5.3. Расчёт годового фонда заработной платы работников

Годовой фонд оплаты труда рабочих ( $F_{\text{фот}}$ ) определяется умножением среднемесячной заработной платы одного производственного рабочего, исчисляемого в соответствии с его квалификацией и тарифным разрядом выполняемых работ, на штат работников и величину планового периода. В свою очередь в состав среднемесячной заработной платы включается ставка, надбавка и доплаты, за совмещение профессий, за работу в тяжёлых и вредных условиях

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

труда, премии. Годовой фонд оплаты труда работников по организации, обслуживанию производства и его управлению принимается в размере 10% от годового фонда оплаты труда основных производственных рабочих:

$$F_{итр} = F_{фот} * 0,1 = 667800 * 0,1 = 66780 \text{ тыс. сум}$$

Тогда суммарный годовой фонд оплаты труда по подразделению будет определяться из выражения:

$$C_{фот} = F_{фот} + F_{фот} * 0,1 = 667800 + 66780 = 734580 \text{ тыс. сум}$$

Затраты на отчисления, социального характера производится исходя из установленного % к фонду зарплаты производственных рабочих определяется по формуле:

$$C_{соц} = \frac{25}{100} * C_{фот} = \frac{25}{100} * 734580 = 183.645 \text{ тыс. сумм}$$

где  $C_{фот}$  - суммарный годовой фонд оплаты труда по конкретному подразделению, тыс. сум;

25% - процент отчислений единый социальный платеж.

Годовой фонд основной заработной платы производственных рабочих:

$$\sum C_{зосн} = 667800 \cdot 12 = 8013600$$

Затраты на дополнительную заработную плату производительных рабочих. включают в себя: зарплату за непроработанное на производство, но по законодательству о труде оплачиваемое время и другие выплаты производственному персоналу в установленном законом порядке.

Ориентируясь на опыт различных локомотиворемонтных заводов, принимаем эффективный (полезный) фонд времени одного рабочего при пятидневной рабочей неделе 232,6. Средняя продолжительность отпусков составляет 21 день, оплата отпусков всему составу производственных рабочих принимается в размере 9% от соответствующего фонда заработной платы.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Остальные оплаты, входящие в дополнительную зарплату, составляют 3,5% от основной.

Дополнительная зарплата производственных рабочих:

$$\sum C_{здоп} = \sum C_{зосн} \cdot \alpha_{доп} \div 100 = 8013600 \cdot (9 + 3,5) \div 100 = 1001700$$

тыс. сум

Отчисления на социальное страхование определяется:

$$\sum C_{зоти} = \frac{\sum C_{зоб} \cdot K_{фпн} \cdot N_{оти}}{100} = \frac{9015300 \cdot 1,03 \cdot 25}{100} = 2321439,75 \text{ тыс. сум}$$

где:  $\sum C_{зоти}$  - общий фонд зарплаты (основной и дополнительной), на который производятся отчисления на социальное страхование.

$$\sum C_{зоб} = \sum C_{осн} + \sum C_{здоп} = 8013600 + 1001700 = 9015300$$

$K_{фпн}$  - коэффициент, учитывающий выплаты из фонда материального поощрения и прочие выплаты, которые производят отчисления на соцстрах;  $K_{фпн} = 1,03$ .

$N_{оти}$  - норма отчисления на соцстрах;  $N_{оти} = 25\%$ .

#### 5.4. Расчёт расходов на материалы

Затраты денежных средств на материальные ресурсы определяются умножением удельной нормы расходов материала в стоимостном выражении ( $C_m$ ) на объем продукции ( $N_r$ ):

$$C_{\text{мат}} = C_m \cdot N_r = 423,600 \cdot 100 = 42,360 \text{ тыс. сум}$$

#### 5.5. Расчёт расходов на электроэнергию

Расходы на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_э = C_э \cdot A_э \cdot N_r, \text{ тыс. сум}$$

где  $C_э$  - цена 1 кВт-часа электроэнергии, 102,72 сум;

$A_э$  - норма расхода электроэнергии на единицу ремонта - годовая программа цеха, единиц:

$$C_э = 102,72 \cdot 22800 \cdot 100 = 234,202 \text{ тыс. сумм}$$

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 5.6. Определение амортизационных отчислений

Расходы от амортизации основных фондов рассчитываются в зависимости от их балансовой стоимости и норм отчислений на возобновление основных фондов [22].

Общая балансовая стоимость оборудования цеха составляет 4968 тыс. сум:

$$C_a = 4968 \cdot 0,072 = 357,696 \text{ тыс. сум}$$

## 5.7. Определение прочих расходов

Прочие расходы по цеху (участку) рассчитываются в соответствии с номенклатурой расходов по видам работ. Прочие расходы принятые в размере 2 % от ФОТ производственных рабочих:

$$C_{пр} = 734,580 \cdot 0,02 = 14,692 \text{ тыс. сум}$$

## 5.8. Расчёт общей суммы эксплуатационных расходов

Указанные расходы определяются по формуле:

$$C_o = C_{\text{фот}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{отч}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{э}} + C_a = 734,580 + 183,645 + 293,832 + 42,360 + 234,202 + 357,696 = 1846,315 \text{ тыс. сум}$$

Себестоимость единицы ремонта (С) рассчитывается делением суммы годовых текущих- расходов  $C_o$  на объём годовой программа ( $N_r$ ):

$$C = C_o / N_r = 1846,315 : 100 = 1846315 \text{ сум}$$

Расчётная цена учитывает кроме полной себестоимости и удельную прибыль (П), величина которой берётся в размере 20% от себестоимости:

$$П = 0,2 \cdot C = 0,2 \cdot 1846,315 = 369,263 \text{ тыс. сум}$$

Таким образом, расчётная цена составит:

$$P_{ц} = C + 0,2 \cdot C = 1846,315 + 0,2 \cdot 1846,315 = 340,924 \text{ тыс. сум}$$

Расчёт доходов (Д), прибыли (П) и рентабельности (Р) цеха (участка). Величина доходов цеха определяется умножением расчётной цены ( $P_{ц}$ )

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

на годовую программу ( $N_r$ ):

$$D = 340,924 \cdot 100 = 34092,4 \text{ тыс. сум}$$

Расчётная прибыль ( $\Pi_p$ ) вычисляется по формуле:

$$\Pi_p = 34092,4 - 1846,315 = 32246,085 \text{ тыс. сум}$$

Рентабельность участка по текущим расходам определяется следующим образом:

$$P_c = 32246,085 \cdot 100 : 1846,315 = 18 \%$$

Полученные результаты выше произведенных расчетов свидетельствуют о том, что участок по ремонту тележек - работает прибыльно и рентабельно. Следовательно, можно прийти к выводу, что запланированные мероприятия являются эффективными и РКЦ работает с прибылью и это является одним из требований каждого цеха предприятия.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом разделе данной выпускной работы описывается существующая конструкция тележки электровоза ВЛ-60к, поломки и отказы узлов тележек электровоза ВЛ60к, методы испытаний на усталостную прочность узлов тележек электровозов.

Во втором разделе рассматривается разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта тележек электровоза ВЛ60к. Также даётся описание цеха по ремонту тележек электровоза ВЛ60к, **диагностирование** и разработка рекомендаций по повышению усталостной прочности и надежности тележек электровоза ВЛ60к.

В третьем разделе приводится теоретический расчет усталостной прочности тележки электровоза ВЛ60к при капитально-восстановительном ремонте, разработка методики расчета на усталостную прочность тележки электровоза ВЛ60к с целью продления срока их полезного использования.

В разделе охрана труда рассматриваем опасности участка ремонта тележек электровоза ВЛ60к., исследование пожарной опасности электрооборудования, меры противопожарной безопасности, противопожарная профилактика, пожарная безопасность в электроустановках.

На технико-экономическом разделе выполнен расчёт экономических показателей работы работников ремонт-комплектовочного цеха.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ		
<b>Из</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дат</b>	<b>Заключение</b>		
Разраб.	Тувалов Ж.						
Пров.	Хромова Г.				<b>Лит.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Утв.	Бердиев У				ТашИИТ ЕМ-575		

## Список использованной литературы

1. Инструкция по сварочным и наплавочным работам при ремонте тепловозов, электровозов и дизель - поездов». М: МПС России, ЦТ-336, 1996. - 234 с.
2. Инструкция по сварочным работам при ремонте локомотивов и моторвагонного подвижного состава. № ГИ-07-066-05. Ташкент: «Узгосжелдорнадзор», 2005. -78 с.
3. Дубровский З.М., Лорман Л.М. Электровозы ВЛ-60к и ВЛ-60п/к. Руководство по эксплуатации.-М: Транспорт,1993.-400 с.
4. Механическая часть подвижного состава. / Под ред. И.С. Бирюкова, А.Н. Савоськина и др. М.: Транспорт, 1992 . – 440 с.
5. Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель – поездам. / Под ред. А.И. Тищенко, Т.1, М.: Транспорт, 1976. – 432 с.
6. Альбом чертежей электровоза ВЛ60. Механическая часть». НЭВЗ, ЦБТИ, Ростов-на-дону, 1964.- 164 с.
7. Прочность и безотказность подвижного состава железных дорог. / Под. ред. д.т. н., проф. А.Н. Савоськина, М: Машиностроение, 1990. – 288 с.
8. Решетов Д.М. Детали машин. М: Машиностроение, 1974. – 655 с.
9. Данковцев В.Г., Киселев В.И., Четвергов В.А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов. / Под ред. В.А. Четвергова, В.И. Киселева. М: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007.- 558 с.
10. Петропавлов Ю.П. Технология ремонта электроподвижного состава: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта.- М: Маршрут, 2006.- 432 с.
11. Калинин В.К. Электровозы и электропоезда.–М:Транспорт,1991.-480 с.
12. Находкин В.М., Хрисанов А.Г. и др. Ремонт электровозов и электропоездов.Учебник для вузов ж.-д.транспорта.М:Транспорт,1975.-376 с.
13. Мендель В.Б. Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика. Учебник для ин-тов ж.-д. транспорта, изд. 4-е, М: Транспорт,1974.-232 с.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

14. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наукова думка, 1975.- 704 с.
15. Прочность , устойчивость , колебания . Справочник в 3-х томах. Том 3. Под ред. член-корр. АН Латвийской ССР Я.Г. Пановко, М: Машиностроение, 1968.- 567 с.
16. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М: Машиностроение , 1977. - 232 с.
17. Теория локомотивной тяги: Учебник для вузов ж.д. транспорта /Под ред. В.Д. Кузьмича. - М. Изд. «Маршрут» ,2005.- 448 с.
18. Динамика локомотивов /М.А. Ибрагимов, В.И. Киселев , В. А. Рамлов , А.В. Скалин: Уч. пос.-М.: РГОТУПС, 2005.- 128 с.
19. Блохин Е.П., Манашкин Л.А. Динамика поезда. М.: Транспорт, 1982. – 222 с.
20. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. / И.А. Каримов.- Т.: Узбекистан, 2009.- 48 с.

					ВКР 5310700-00-14ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		