

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра вагонов

Р. И. ЧЕРНИН, Е. Н. КОНОВАЛОВ, М. И. ПАСТУХОВ

ВАГОННОЕ ХОЗЯЙСТВО

Пособие

Гомель 2022

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра вагонов

Р. И. ЧЕРНИН, Е. Н. КОНОВАЛОВ, М. И. ПАСТУХОВ

ВАГОННОЕ ХОЗЯЙСТВО

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области транспорта и транспортной деятельности
для обучающихся по специализации 1-37 02 02 01
«Вагоны» специальности 1-37 02 02 «Подвижной состав
железнодорожного транспорта» в качестве пособия*

Гомель 2022

УДК 629.44(075.8)
ББК 39.24
Ч-49

Р е ц е н з е н т ы: ректор ГГТУ им. П. О. Сухого д-р техн. наук, доцент *А. В. Пуцято*; кафедра технической физики и теоретической механики Белорусского государственного университета транспорта (зав. кафедрой – д-р техн. наук, профессор *А. О. Шимановский*)

Чернин, Р. И.

Ч-49 Вагонное хозяйство : пособие / Р. И. Чернин, Е. Н. Коновалов, М. И. Пастухов ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 59 с.
ISBN 978-985-554-970-4

Приведены материалы, необходимые для выполнения лабораторных работ, в которых описаны методы и приемы контроля технического состояния колёсных пар вагонов, автосцепного устройства, информация об автоматической системе контроля подвижного состава, исходные данные для выполнения расчётно-графической работы по определению качественных и количественных показателей использования парка грузовых вагонов, исходные данные и комментарии к выполнению курсовой работы по определению параметров надёжности подвижного состава на гарантийном участке, показателей эффективности технического обслуживания на ПТО, проектирования вагоноремонтного цеха, а также список литературных источников.

Предназначено для обучающихся по специализации 1-37 02 02 01 «Вагоны» специальности 1-37 02 02 «Подвижной состав железнодорожного транспорта».

УДК 629.44(075.8)
ББК 39.24

ISBN 978-985-554-970-4

© Чернин Р. И., Коновалов Е. Н.
Пастухов М. И., 2022
© Оформление. БелГУТ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Методы оценки технического состояния колёсных пар и правила пользования шаблонами для их измерения.....	5
2 Методы оценки технического состояния автосцепного устройства в эксплуатации.....	18
3 Средства технической диагностики и автоматического контроля технического состояния подвижного состава (АСК ПС, КТСМ).....	28
4 Методика определения качественных и количественных показателей использования вагонного парка.....	35
5 Совершенствование организации технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов на гарантийном участке	42
Список использованной литературы	59

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт – составная часть экономики государства, поскольку является средством перемещения сырья и материалов, промышленной и сельскохозяйственной продукции, энергоносителей между производителями и потребителями, между отдельными регионами и в межгосударственном сообщении. Железнодорожный транспорт занимает ведущее положение среди всех других видов транспорта в осуществлении перевозок. Важной характеристикой качества и надежности железнодорожного подвижного состава являются затраты на его эксплуатацию и ремонты, то есть затраты на поддержание и восстановление работоспособного состояния и его технического ресурса в процессе эксплуатации.

Эффективность работы железнодорожного транспорта во многом зависит от эксплуатационной надежности подвижного состава, поддержания вагонов на высоком техническом уровне. Нарушения нормального процесса продвижения поездопотоков, вызванные неисправностью подвижного состава, создают опасные ситуации, угрожающие безопасности пассажиров и не обеспечивающие сохранность перевозимых грузов, увеличивают простои вагонов, снижают регулярность перевозок, ухудшают экономические показатели работы железных дорог.

Высокая эксплуатационная надежность вагонного парка может быть достигнута только при условии своевременного и качественного выполнения плановых и внеплановых мероприятий по его оздоровлению.

Для повышения эффективности функционирования вагоноремонтного производства, а следовательно, и всей транспортной системы страны, необходимо комплексное решение ряда вопросов: улучшение конструктивной надежности вагонов и качества их плановых ремонтов; совершенствование применяемой технологии и внедрение новых технологических процессов в ремонтное производство на вагоноремонтных предприятиях; усиление вагоно-ремонтной базы и ее технического оснащения.

1 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЁСНЫХ ПАР И ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ШАБЛОНАМИ ДЛЯ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Колесная пара является наиболее ответственным узлом вагона, от исправности технического состояния которого, в первую очередь, зависит безопасность движения.

Цель работы – предоставить студентам более глубокий и основательный материал для изучения проблем повреждаемости колесных пар, причин и методов выявления их неисправностей, технических требований, предъявляемых к колесным парам в эксплуатации.

Анализ эксплуатационных повреждений показал, что по интенсивности отцепок в текущий неплановый ремонт одним из наиболее отказоопасных узлов является колесная пара – 31 %, причем на буксовый узел приходится половина отказов колесных пар (в процентах):

- трещина, откол обода колеса – 39;
- тонкий гребень, трещина гребня – 20;
- ползуны, навар металла на ободу колеса, выщербины – 27,5;
- остроконечный накат гребня – 8;
- тонкий обод – 4;
- прочие неисправности – 1,5.

Оборудование, используемое при проведении технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов:

- абсолютный шаблон (рисунок 1.1);
- шаблон ВПГ (вертикального подреза гребня) представлен на рисунке 1.2;
- толщиномер (рисунок 1.3);
- штанген РВП (рисунок 1.4).

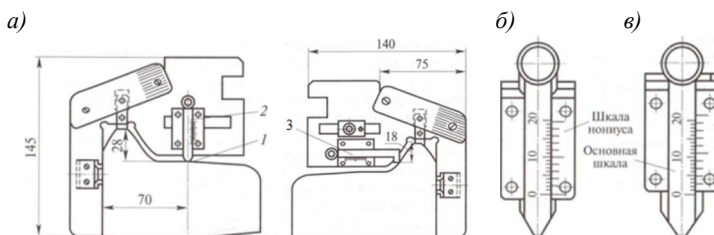


Рисунок 1.1 – Абсолютный шаблон:

- а* – общий вид; *б* – шкала нониуса в нулевом положении; *в* – шкала нониуса при измерении;
1 – измеряемая поверхность; *2* – шкала вертикального нониуса с движком;
3 – шкала горизонтального нониуса с движком

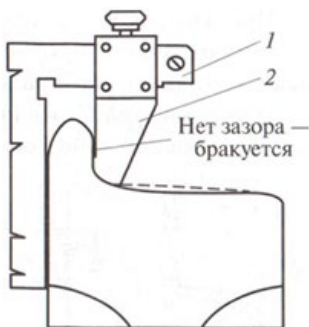


Рисунок 1.2 – Общий вид шаблона ВПП:
1 – опорный угольник; 2 – движок

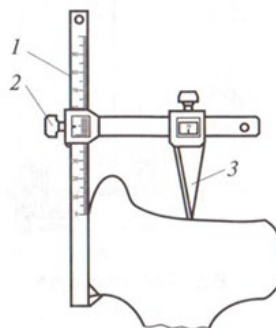


Рисунок 1.3 – Общий вид толщиномера:
1 – линейка со шкалой; 2 – движок;
3 – измерительная ножка

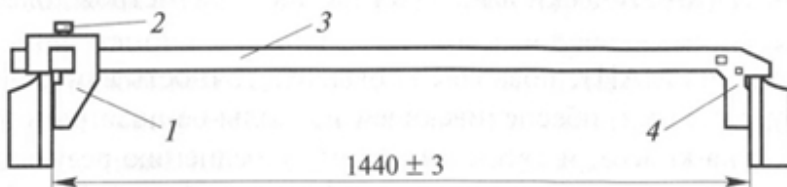


Рисунок 1.4 – Общий вид штангена РВП:
1 – ножка, которая может перемещаться; 2 – стопорный винт;
3 – штанга; 4 – неподвижно закреплённая ножка

Основные повреждения колёсных пар, получаемые в процессе эксплуатации, а также причины их возникновения приведены в **классификаторе неисправностей колёсных пар**. Приведем те, которые возможно определить при проведении технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов на ПТО.

В скобках приведен код *неисправности* в соответствии с классификатором.

Равномерный прокат (111) – равномерный круговой предельный износ колеса в плоскости круга катания.

Основные причины возникновения: нормальный естественный износ за счет деформации металла и истирания поверхности катания при взаимодействии колеса с рельсом, а также истирания от воздействий на колесо тормозных колодок.

Способ выявления: измерение производят абсолютным шаблоном в плоскости круга катания на расстоянии 70 мм от внутренней боковой поверхности обода.

Неравномерный прокат (112) – неравномерный круговой предельный износ колеса в плоскости круга катания.

Основные причины возникновения: неоднородность свойств металла на поверхности катания колеса, образующаяся при торможении в результате тепловых и механических воздействий, а также из-за развития поверхностных дефектов.

Способ выявления: определяется разностью измерений в сечениях максимального износа и с каждой стороны от этого сечения на расстоянии до 500 мм. Измерение производят абсолютным шаблоном.

Характерными признаками неравномерного проката являются: неравномерный круговой наплыв металла на фаску; местное уширение обода; наличие закатывающих ползунов и наваров; трещины и выщербины в сочетании с местным уширением обода или раздавливанием обода.

Наиболее часто возникает на колесах с тонким ободом в зоне нанесения заводских клейм на наружной поверхности обода.

Износ гребня (тонкий гребень) (113) – равномерный круговой износ гребня до предельно допустимых размеров.

Основные причины возникновения: трение гребня колеса с различной интенсивностью о боковую поверхность головки рельса.

Интенсивному износу гребня способствуют: несимметричная посадка колес на ось; большая разница диаметров колес по кругу катания; неправильная установка колесной пары в тележке; перекосы рамы тележки; повышенные износы опорной поверхности корпусов букс и боковых рам тележки.

Способ выявления: измерение производят абсолютным шаблоном на расстоянии 18 мм от вершины гребня.

Вертикальный подрез гребня (114) – равномерный круговой износ, при котором угол наклона профиля боковой поверхности гребня приближается к 90° , а радиус перехода от гребня к уклону 1:20 уменьшается до 8–12 мм.

Основные причины возникновения: трение гребня колеса с различной интенсивностью о боковую поверхность головки рельса.

Вертикальному подрезу гребня способствуют: несимметричная посадка колес на ось; большая разница диаметров колес по кругу катания; неправильная установка колесной пары в тележке; перекосы рамы тележки; повышенные износы опорной поверхности корпусов букс и боковых рам тележки; длительная работа на участках пути с крутыми кривыми; изгиб оси.

Способ выявления: измерение производят специальным шаблоном для контроля вертикального подреза гребня колеса (ножки шаблона должны плотно прижиматься к внутренней грани обода колеса).

Тонкий обод (115) – толщина обода колеса менее допустимых размеров.

Основные причины возникновения: нормальный естественный износ поверхности катания колеса и многократное обтачивание обода.

Способ выявления: измерение толщины обода производят толщиномером. При наличии на колесе ползуна или выщербины толщину обода определяют в месте расположения неисправности.

Кольцевые выработки (116) – неравномерный по поверхности катания колеса круговой износ и деформация, при которых образуются местные углубления различной глубины и ширины (рисунки 1.5, 1.6).

Основные причины возникновения: неоднородные термические воздействия на поверхностные слои металла обода колеса от тормозных колодок и башмаков по ширине зоны контакта, а также воздействие абразивных частиц по краям колодки в зоне контакта с ободом колеса.

Способ выявления: измерение глубины и ширины производят с помощью толщиномера и линейки.



Рисунок 1.5 – Кольцевая выработка, образовавшаяся на поверхности катания колеса от взаимодействия его с тормозным башмаком



Рисунок 1.6 – Кольцевые выработки, образовавшиеся на поверхности катания от взаимодействия с чугунными тормозными колодками

Поражение поверхности катания колеса электрическим током (рифление) (117) – механическое повреждение, характеризующееся ожогами поверхности металла в виде чередующихся участков чистого и пораженного металла вследствие прохождения электрического тока (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Поражение поверхности катания колеса электрическим током (рифление)

Основные причины возникновения: неоднородные термические воздействия на поверхностные слои металла обода колеса от действия электрического тока (утечка из контактной сети или локомотива, или рельсовых цепей) определенной частоты в результате пробоя.

Способ выявления: визуальный осмотр.

Навар (211) – смещение металла на поверхности обода колеса, характеризующееся образованием чередующихся сдвигов металла U-образной формы.

Основные причины возникновения: интенсивная пластическая деформация металла при кратковременном заклинивании колес (юз) (рисунок 1.8).

Способ выявления и характерные признаки: обнаруживают навары при встрече поезда сходу на слух по характерному, повторяющемуся с определенной периодичностью стуку, а после остановки поезда при внимательном осмотре колес.

Измерение высоты наvara производят абсолютным шаблоном. Высота наvara определяется как разность измерений проката в двух плоскостях – рядом с наваром и на наваре. В случае, когда навар смещен от круга катания, движок абсолютного шаблона смещается по специальной прорези до совпадения его с наваром.

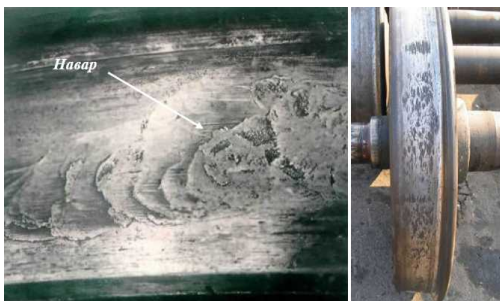


Рисунок 1.8 – Навар на поверхности катания колеса

Ползун (212) – локальный износ колеса, характеризующийся образованием плоской площадки на поверхности катания (рисунок 1.9).

Основные причины возникновения: скольжение колеса по рельсу, вызывающее местное истирание и деформацию металла колеса. Ползуны могут быть на обоих колесах (при скольжении колесной пары, заклиненной тормозом вагона) или на одном колесе (в результате торможения вагона съемным башмаком на сортировочной горке). Это может происходить из-за неисправности тормозных приборов; нарушения правил регулировки рычажной передачи; неправильного управления тормозами локомотива; роспуска вагонов на немеханизированных сортировочных горках со скоростями, превышающими допустимые.



Рисунок 1.9 – Ползун

Способ выявления и характерные признаки: обнаруживают ползуны при встрече поезда сходу на слух по характерному, повторяющемуся с опреде-

ленной периодичностью стуку, а после остановки состава производится измерение абсолютным шаблоном. Глубина ползуна определяется как разность измерений проката в двух плоскостях – рядом с ползуном и на ползуне. Если ползун смещен от круга катания, движок абсолютного шаблона смещается по специальной прорези до совпадения его с ползуном.

Сварочные ожоги (221) – термомеханическое повреждение в виде следов касания электродом или оголенным проводом поверхности оси.

Основные причины возникновения: несоблюдение правил выполнения сварочных работ. При соприкосновении с электродом или оголенным проводом происходят местные структурные изменения металла оси вследствие нагрева, что в дальнейшем вызывает появление трещины.

Способ выявления: внешний осмотр.

Остроконечный накат гребня (311) – выступ, образующийся в результате пластической деформации поверхностных слоев металла гребня в сторону его вершины (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Остроконечный накат гребня

Основные причины возникновения: эксплуатация колесной пары на участках пути с повышенным боковым износом рельсов, а также неудовлетворительная работа колесной пары из-за неправильной установки в тележке, недопустимой разницы диаметров колес на одной оси, длительной работы на участках пути с крутыми кривыми.

Способ выявления: внешний осмотр.

Круговой наплыв на фаску (312) – допустимое в эксплуатации механическое повреждение, характеризующееся смещением металла обода в сторону фаски и образованием наплыва, возвышающегося над наружной поверхностью обода (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Круговой наплыв на фаску

Основные причины возникновения: образуется в результате пластической деформации верхних слоев металла обода, возникающей под действием нормальных и боковых усилий, чаще всего в кривых участках пути.

Способ выявления: внешний осмотр.

Местное уширение обода (313) – механическое повреждение, характеризующееся образованием местного наплыва в зоне фаски обода колеса.

Основные причины возникновения: местное уширение обода возникает в результате пластической деформации металла вследствие наличия местного внутреннего дефекта (неметаллического включения, расслоения металла) под действием циклических вертикальных нагрузок (рисунок 1.12).

Способ выявления и характерные признаки: внешний осмотр. За величину местного уширения обода принимается разность замеров ширины обода, измеренная в месте наибольшего уширения и не имеющего его.

Сдвиг колеса на оси (331) – механическое повреждение, характеризующееся смещением колеса вдоль оси в результате нарушения прессового соединения колеса с осью.

Основные причины возникновения: нарушение технологии формирования колесной пары, механические воздействия при сходах подвижного состава.

Способ выявления и характерные признаки: внешний осмотр. Характерный признак сдвига колеса на оси: изменение расстояния между внутренними боковыми поверхностями ободов колес; разрыв краски у ступицы колеса по всему периметру соединения колеса с осью; появление коррозионной полосы (ржавчины) или масла из-под ступицы с внутренней стороны колеса.

Трещина в диске около обода (411) – нарушение сплошности металла из-за предельного накопления усталостных повреждений в диске колеса или наличия поверхностных и внутренних дефектов.

Основные причины возникновения: предельное накопление усталостных повреждений в диске. Возникновению трещины способствуют: тонкий обод; перегрузки колесной пары из-за наличия недопустимых дефектов на поверхности катания колес; некачественная поверхность диска; наличие внутренних дефектов металла в приободной зоне диска.

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование.

Термические трещины на поверхности катания (412) – нарушение сплошности металла в виде параллельных наклонных трещин термоусталостного происхождения по периметру поверхности катания колеса.

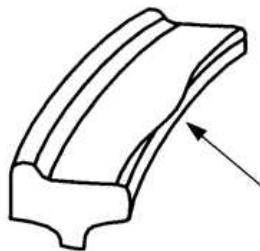


Рисунок 1.12 – Местное уширение обода

Основные причины возникновения: циклическое повторение интенсивного нагрева поверхности катания колеса от воздействия тормозной колодки при торможении и последующего ее охлаждения.

Способ выявления: внешний осмотр.

Продольные трещины, закаты, плены, расслоения и неметаллические включения в ободке колеса (511) – нарушения сплошности металла из-за несоблюдения технологии изготовления колес.

Основные причины возникновения: нарушение технологии изготовления колес.

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование (рисунки 1.13, 1.14).



Рисунок 1.13 – Продольная трещина



Рисунок 1.14 – Расслоения и плены

Закат или складка металла в диске колеса (512) – нарушения сплошности металла из-за несоблюдения технологии изготовления колес.

Основные причины возникновения: нарушение технологии изготовления.

Способ выявления и характерные признаки: внешний осмотр и дефектоскопирование. По внешнему виду дефект представляет собой тонкую извилистую трещину, распространяющуюся в окружном или радиальном направлениях по диску колеса.

Поперечная трещина на поверхности катания обода колеса (513) – нарушение сплошности металла из-за несоблюдения технологии изготовления колес.

Основные причины возникновения: нарушение технологии изготовления.

Способ выявления и характерные признаки: внешний осмотр и дефектоскопирование. Колесные пары с поперечными трещинами на поверхности катания ободов колес к эксплуатации не допускаются.

Трещина в ступице колеса (514) – нарушение сплошности металла из-за несоблюдения технологии изготовления колес.

Основные причины возникновения: нарушение технологии изготовления.

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование.

Трещина в диске около ступицы колеса (515) – нарушение сплошности металла из-за накопления циклической усталости и несоблюдения технологии изготовления колес.

Основные причины возникновения: циклическая усталость металла в диске колеса около обода вследствие перегрузки колесной пары из-за наличия недопустимых дефектов на поверхности катания колес; наличия недопустимых дефектов на поверхности катания колес; дефекта металла.

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование.

Радиальная трещина колеса (516) – нарушение сплошности металла в результате действия циклических нагрузок при наличии в ободу колеса дефектов металлургического происхождения.

Основные причины возникновения: высокие внутренние напряжения в колесе и наличие грубых металлургических дефектов.

Способ выявления и характерные признаки: внешний осмотр и дефектоскопирование. Трещина сквозная с внутренней и наружной сторон колеса, однако, может не иметь выхода на поверхность катания.

Трещина гребня колеса (517) – нарушение сплошности металла из-за несоблюдения технологии изготовления или ремонта колес (рисунок 1.15).

Основные причины возникновения: наличие металлургических дефектов, а также высоких внутренних напряжений от термического воздействия при наплавке и упрочнении гребня.



Рисунок 1.15 – Радиальная трещина колеса

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование.

Поперечные и наклонные трещины на средней части оси (521) – нарушение сплошности металла вследствие накопления циклической усталости и несоблюдения технологии изготовления осей.

Основные причины возникновения: циклическая усталость металла в средней части оси вследствие перегрузки колесной пары из-за наличия недопустимых дефектов на поверхности катания колес, дефекта металла.

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование.

Продольные и наклонные трещины на средней части оси (522) – нарушение сплошности металла вследствие несоблюдения технологии изготовления осей.

Основные причины возникновения: нарушение технологии изготовления осей.

Способ выявления: внешний осмотр и дефектоскопирование. Производится измерение длины продольных и относящихся к ним наклонных трещин.

Выщербины по светлым пятнам, ползунам, наварам (611) – местное разрушение в виде выкрашивания металла поверхности катания колеса. Выщербины по светлым пятнам, ползунам, наварам.

Основные причины возникновения: образуются в результате закалки металла при скольжении заклиненных колесных пар по рельсам.

Способ выявления: обнаруживают выщербины при встрече поезда сходу на слух по характерному, повторяющемуся с определенной периодичностью стуку, а после остановки поезда – при осмотре колес. Измерение глубины выщербины производят абсолютным шаблоном. Глубина выщербины определяется как разность измерений проката в двух плоскостях – рядом с выщербиной и на выщербине. В случае, когда выщербина смещена от круга катания, движок абсолютного шаблона смещается по специальной прорези до совпадения его с выщербиной.

Характерные признаки: образуются на светлых пятнах, ползунах и наварах; глубина не превышает 2 мм и редко достигает 3 мм; располагаются на обоих колесах колесной пары, реже на одном колесе.

Выщербины по усталостным трещинам (612) – местное разрушение в виде выкрашивания металла поверхности катания колеса.

Основные причины возникновения: один из видов естественного износа металла; образуются по усталостным трещинам, возникают вследствие истощения металлом запаса пластичности и накопления усталостных повреждений.

Способ выявления: обнаруживают выщербины при встрече поезда сходу на слух по характерному, повторяющемуся с определенной периодичностью стуку, а после остановки поезда – при осмотре колес. Измерение глубины выщербины производят абсолютным шаблоном. Глубина выщербины определяется как разность измерений проката в двух плоскостях – рядом с выщербиной и на выщербине. В случае, когда выщербина смещена от круга катания, движок абсолютного шаблона смещается по специальной прорези до совпадения его с выщербиной.

Характерные признаки: глубина может достигать значительных размеров; поверхность неровная, имеет характерный вид усталостного разрушения и покрыта пленкой окислов; внутри выщербины развиваются трещины, идущие вглубь обода под острым углом к поверхности катания, что обнаруживается при обточке и дефектоскопировании колес.

Выщербины по термическим трещинам на поверхности катания обода колеса (613) – местное разрушение в виде выкрашивания металла поверхности катания колеса.

Основные причины возникновения: образуются в результате многократно повторяющихся нагревов и охлаждений при торможении, с дальнейшим ростом и объединением микротрещин под действием контактных нагрузок с последующим выкрашиванием металла.

Способ выявления: обнаруживают выщербины при встрече поезда сходу на слух по характерному, повторяющемуся с определенной периодичностью стуку, а после остановки поезда – при осмотре колес. Измерение глубины выщербины производят абсолютным шаблоном. Глубина выщербины определяется как разность измерений проката в двух плоскостях – рядом с выщербиной и на выщербине. В случае, когда выщербина смещена от круга катания, движок абсолютного шаблона смещается по специальной прорези до совпадения его с выщербиной.

Характерные признаки: образуются по сетке термических трещин; расположены группами; имеют параллельные грани, поперечно ориентированные относительно поверхности катания.

Откол наружной боковой поверхности обода колеса (614) – местное разрушение в виде откола металла у наружной грани в районе фаски обода колеса, характеризующееся значительной глубиной и протяженностью.

Основные причины возникновения: развитие усталостных подповерхностных трещин от внутренних дефектов металлургического происхождения под действием эксплуатационных нагрузок.

Способ выявления: внешний осмотр. Определение геометрических параметров откола (рисунок 1.16).

Откол кругового наплыва наружной боковой поверхности обода колеса (615) – разрушение металла в виде откола наплыва на отдельных участках либо по всему периметру обода.

Основные причины возникновения: усталостные процессы в месте наплыва и действие горочных замедлителей при роспуске вагонов на механизированных горках.

Способ выявления: внешний осмотр, определение геометрических параметров откола.

Откол гребня колеса (616) – механическое повреждение, характеризующееся нарушением сплошности металла вследствие дефектов металлургического происхождения.

Основные причины возникновения: наличие внутренних дефектов металлургического происхождения. Механическое воздействие на гребень при



Рисунок 1.16 – Откол наружной боковой поверхности обода колеса

прохождении обустройств пути (контррельсы, усовики, отводы и др. элементы стрелочных переводов).

Способ выявления: визуальный осмотр.

Ширина обода колеса менее допустимой величины (811) – изменение ширины обода в процессе ремонта и эксплуатации.

Основные причины возникновения: результат многократной обточке внутренней поверхности обода колеса и воздействия горочных замедлителей.

Способ выявления: визуальный осмотр и измерение.

Разность расстояний между внутренними боковыми поверхностями ободов колес более допустимых размеров (911) – нарушение геометрии колесной пары.

Основные причины возникновения: некачественная расточка отверстий ступиц колес, несоблюдение допусков посадки колес на ось при формировании колесной пары, изгиб оси, деформация колес.

Способ выявления: измерение расстояний между внутренними боковыми поверхностями ободов колес у свободных от нагрузки колесных пар в четырех точках, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Вычисление разности замеров и сравнение ее с допускаемой.

Для выполнения лабораторной работы необходимо имеющимися инструментами произвести измерения, заполнить таблицу 1.1 и сделать заключение о возможности эксплуатации колесной пары

Таблица 1.1 – Контроль колесной пары грузового вагона при ТО

В миллиметрах

Дефект	Код несправности	Способ выявления	Допустимые размеры в эксплуатации	Результат измерений
Равномерный прокат вагонов: – пассажирских до 120 км/ч – грузовых			Не более 7,0 Не более 9,0	
Неравномерный прокат вагонов: – пассажирских – грузовых			Не более 2,0	
Вертикальный подрез гребня				
Ползун вагонов: – пассажирских – грузовых			Не более 1,0	
Выщербина вагонов: – пассажирских: - глубина - длина – грузовых: - глубина - длина			Не более 10,0 Не более 25,0 Не более 10,0 Не более 50,0	

Окончание таблицы 1.1

Дефект	Код неис- равности	Способ выяв- ления	Допустимые размеры в эксплуатации	Результат изме- рений
Кольцевая выработка: – глубина – ширина			Не более 1,0 у основания гребня Не более 2,0 На уклоне 1:7 Не более 15	
Раздавливание (уширение)			Не более 5	
Навар вагонов: – пассажирских – грузовых			Не более 0,5 Не более 1,0	
Толщина обода вагонов: – пассажирских до 120 км/ч – грузовых			Не более 30,0 Не более 22,0	
Остроконечный накат			Не допускается	
Толщина гребня вагонов: – пассажирских до 120 км/ч – грузовых			Не менее 25,0 и не более 33,0	
Ширина обода: – неповрежденного – в месте откола наружной грани			Не менее 126,0 Не менее 120,0	
Глубина откола наружной грани			Не более 10,0	
Ослабление, сдвиг колеса, трещины осей и колес			Не допускается	
Протертость средней части оси			Не более 2,5	
След от контакта с электродом			Не допускается	
Расстояние между внутренними гранями колес			Не менее 1437 и не более 1443	
Разность расстояний между внут- ренними гранями			Не более 2,0	

2 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Автосцепное устройство является одним из наиболее ответственных и повреждаемых узлов вагона, от исправного состояния которого зависит безопасность движения поездов.

Цель работы – предоставить студентам более глубокий и основательный материал для изучения проблем повреждаемости автосцепного устройства, причин и методов выявления его неисправностей, технических требований, предъявляемых к автосцепному устройству в эксплуатации.

Основные износы и повреждения автосцепки в эксплуатации

Анализ эксплуатационных повреждений показал, что по интенсивности отцепок в текущий неплановый ремонт на автосцепное устройство приходится до 8 % от всех неисправностей. Имеются данные о значительных повреждениях автосцепных устройств на сортировочных станциях при превышении скорости соударения вагонов, около 30 % вагонов повреждаются при маневрах: трещины, изломы и разрывы сварных и литых деталей.

Основным видом нарушения безопасности движения поездов по неисправностям автосцепного оборудования являются обрывы автосцепки – до 4 %. Основными причинами обрыва автосцепки являются трещины, особенно в хвостовике и в тяговых полосах или соединительных планках хомута, излом клина, просадка или излом пружин поглощающего аппарата. Известны единичные случаи схода вагонов из-за наезда на упавший корпус автосцепки.

Существенной причиной большого количества обрывов является неограниченный срок службы корпуса автосцепки (срок службы тягового хомута при наличии трещин ограничен – до 20 лет).

Другая проблема с автосцепным устройством – саморасцепы автосцепки (3–6 % общего количества брака по вагонному хозяйству). Основными причинами саморасцепа являются неисправности механизма сцепления.

К основным неисправностям корпуса автосцепки относятся (рисунок 2.1):

– трещины *1* в углах, образованных ударной стенкой зева и боковой стенкой большого зуба, а также между этой стенкой и тяговой стороной большого зуба;

– трещины в углах проемов для замка и замкодержателя. Эти трещины образуются в результате влияния концентрации напряжений в зонах перехода от одной поверхности к другой, т. к. при изготовлении часто уменьшаются радиусы сопряжений стенок контура изделия против установлен-

ных. Эксплуатация показывает, что 42,5 % корпусов автосцепки бракуют из-за наличия трещин в этих зонах;

– трещины 4 в месте перехода головы к хвостовику и трещины 6 в стенке отверстия для клина тягового хомута. Повреждения в этой зоне характеризуются хрупким разрушением и в большинстве своем происходят в результате износа перемычки. Уменьшение толщины перемычки происходит в результате износа 7 упорной поверхности хвостовика от взаимодействия с упорной плитой и за счет износа и смятия 5 стенки отверстия от взаимодействия с клином хомута. Основной причиной износа этого отверстия является существенное увеличение продольных сил, действующих в большегрузных поездах, наибольшие значения которых превышают предел текучести используемого металла. Поэтому клиновое соединение в усиленных автосцепках заменяют более прочным – шарнирным;

– износы 2 тяговых и ударных поверхностей большого и малого зубьев могут явиться причиной саморасцепов, износы 8 поверхностей корпуса в месте соприкосновения с поверхностями проема ударной розетки происходят в случае отклонения оси корпуса автосцепки в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При проходе вагонов в кривых малого радиуса и особенно при сцеплении вагонов с разной длиной консольной части рамы оси автосцепки отклоняются и на первом этапе подвергаются износу вертикальные стенки корпуса автосцепки. При достижении определенного значения износа прочность стенок становится недостаточной, хвостовик начинает изгибаться в горизонтальной плоскости, и в этом месте появляются трещины. Аналогичное явление наблюдается в вертикальной плоскости, когда поезд проходит различные переломы профиля пути – возникает заклинивание автосцепок в контуре зацепления. В результате этого хвостовик автосцепки одного из вагонов упирается через тяговый хомут в верхнее перекрытие хребтовой балки и начинает поднимать вагон. Это приводит к изгибу хвостовика или изломам маятниковых подвесок смежной автосцепки. Как показывает обследование корпусов автосцепок с трещинами и изломами хвостовика, у 60 % имели место дефекты технологического происхождения;

– износ поверхности 3 упора головы автосцепки в выступ ударной розетки происходит из-за недостаточной эффективности поглощающих аппаратов в определенных поездных ситуациях. После полного использования их энергоемкости избыточная часть кинетической энергии остается непоглощённой поглощающим аппаратом и передается непосредственно от головы корпуса автосцепки на выступ розетки и раму вагона. Такая передача сил отрицательно влияет и на техническое состояние рамы вагона.

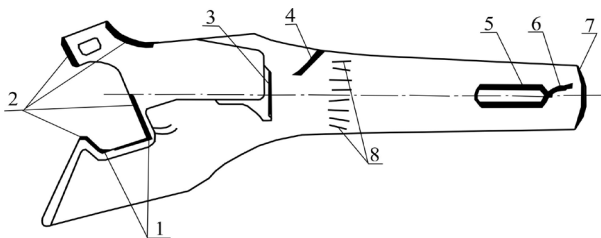


Рисунок 2.1 – Места повреждений и износов корпуса автосцепки

Большая доля изломов тяговых хомутов приходится на соединительные планки, несколько меньшая – на верхние полосы (рисунок 2.2).

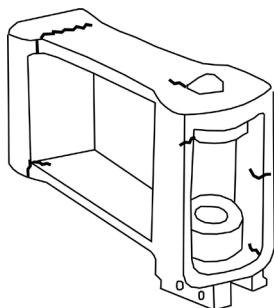


Рисунок 2.2 – Изломы и трещины в тяговом хомуте

Места наиболее частого появления трещин в тяговых хомутах:

- в нижней полосе;
- в соединительных планках;
- в верхней полосе;
- у отверстия, предназначенного для клина тягового хомута.

Наиболее часто обрыв тяговых хомутов происходит:

- по истечении 10-летнего срока их эксплуатации;
- у вагонов, стоящих в головной или средней части тяжеловесных поездов;

– у вагонов, срок эксплуатации которых после планового ремонта более 6 месяцев;

– в холодное время года.

Изгиб нижней тяговой полосы вниз указывает на излом соединительных планок или трещины тягового хомута.

Признаками излома клина тягового хомута являются:

- изгиб болтов, поддерживающих клин (одного или двух);
- блестящая намятина заплечиков клина;
- металлическая пыль на хомуте;
- провисание автосцепки;

– расстояние от упора головки автосцепки до ударной розетки не соответствует размерам.

Основными причинами повреждаемости и неисправностей автосцепных устройств являются:

– значительные динамические нагрузки, которые особенно велики при торможениях и трогании с места, при маневровых работах, при проходе составом кривых участков пути и сортировочных горок;

- износы из-за постоянного трения деталей;
- нарушение технологии изготовления и ремонта;
- большие перепады температур;
- незащищенность деталей от попадания в зону трения абразивных частиц.

Указанные неисправности приводят к образованию в деталях автосцепных устройств значительных выработок трущихся мест, трещин, отколов, обрывов и изгибов.

Основные способы контроля технического состояния объектов:

- органолептические, т. е. с помощью органов чувств человека (визуально, на слух, ощупыванием);
- инструментальные, т. е. с помощью измерительных инструментов;
- средствами технической диагностики.

В настоящее время основным способом контроля технического состояния практически всех деталей и сборочных единиц вагона в процессе технического обслуживания является органолептический.

Для контроля механизма при техническом обслуживании вагонов используется метод ручной проверки с помощью визуального осмотра, обстукивания молотком, шаблонов, ломика, которые при правильном исполнении дают хорошие результаты. Осмотрщики вагонов используют приемы, связанные с особенностями конструкции вагона, взаимодействия его частей, времени года и т. д. Основой их приемов работы являются положения, вытекающие из длительной практической работы, умение находить скрытые неисправности в деталях вагонов по внешним признакам.

Внешние признаки неисправностей возникают после неправильной работы поврежденных деталей автосцепного устройства в виде протертостей, металлического блеска, а также неправильного положения автосцепки и других узлов.

При осмотре автосцепки особое внимание следует уделять зонам, в которых трещины появляются чаще всего. Такими зонами являются:

- зона перехода от головки автосцепки к хвостовику;
- зона большого зуба;
- среднее сечение хвостовика;
- перемычка хвостовика;
- зона зева автосцепки.

Осмотр автосцепного устройства начинается с проверки и определения типа поглощающего аппарата и деталей, передающих нагрузку на раму вагона. Поглощающий аппарат считается исправным, если в его деталях отсутствуют изломы, трещины, сквозные протертости, зазоры между упорными угольниками и упорной плитой или корпусом аппарата (для поглощающего аппарата 73ZW – эластомерный поглощающий аппарат, им оборудованы цистерны для перевозки газов и других опасных грузов – указанный суммарный зазор допускается не более 5 мм).

Признаками наличия трещин являются: скопление валика пыли летом (в трещину забивается пыль, к которой прилипают следующие слои), скопление инея зимой (те же причины). В месте образования (развития) свежей трещины всегда тень, что хорошо видно при их освещении фонарем в темное время суток.

Одним из признаков наличия трещины в зоне перемычки хвостовика является увеличенное расстояние от упора головки автосцепки до ударной розетки, не соответствующее установочным размерам.

Излом клина тягового хомута с поглощающим аппаратом Ш-6-ТО-4 является следующим образом: изломанный соединительный клин при растянутом положении автосцепки будет иметь наклон в сторону концевой балки рамы, овальный износ – нижней опорной части клина, а между поддерживающей планкой и опорной частью клина будет зазор со стороны шкворневой балки. При сжатых автосцепках клин имеет наклон в сторону шкворневой балки, а зазор между его опорной поверхностью и поддерживающей планкой появляется со стороны автосцепки. Признаком излома клина является изгиб переднего болта поддерживающей планки вверх. На хвостовике автосцепки и упорной плите возможно наличие крупнозернистой металлической пыли, а на упоре автосцепки на ударной розетке – следы от взаимных ударов. При ударе молотком снизу по клину слышится двойной звук.

Нарушение крепления валика подъемника осмотрщики определяют по увеличению более 15 мм зазора между его цилиндрической частью и кромкой отверстия в корпусе со стороны малого зуба корпуса.

Излом упорной плиты определяют по провисанию ее нижних углов относительно нижней тяговой полосы, а верхние углы касаются вертикальных стенок хребтовой балки. Между передними упорами и поврежденными частями упорной плиты образуются зазоры в форме треугольника.

Разрыв хвостовика автосцепки в зоне отверстия для клина сопровождается изгибом хвостовика, который прикасается к упорной плите одной стороной. На упорной плите и боковых ограничителях центрирующей балочки возможны блестящие поверхности и металлическая пыль.

Оборудование, применяемое для проведения технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов, и его использование.

1 *Шаблон № 873 (Холодова)* используется для выявления недопустимых износов контура зацепления, уширения зева корпуса автосцепки и неисправности деталей механизма сцепления автосцепок концевых и отдельно стоящих вагонов, а также для контроля разности высот двух сцепленных вагонов.

Для проверки ширины зева шаблон вырезом у основания устанавливают на вертикальную кромку малого зуба (рисунок 2.3, а).

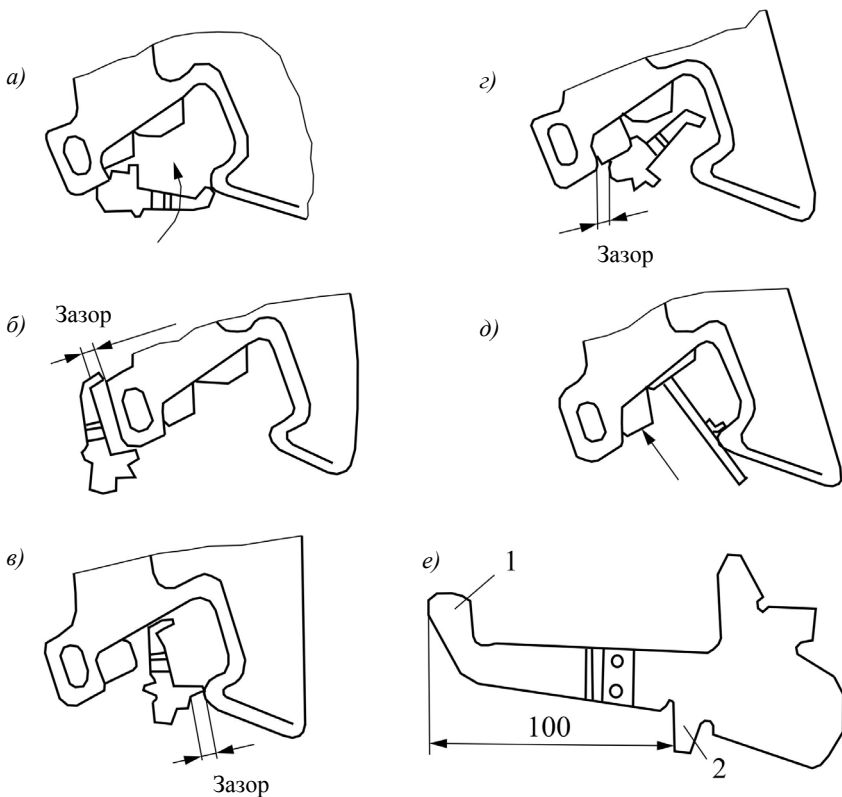


Рисунок 2.3 – Проверка автосцепки шаблоном № 873

Ширина зева нормальная, если шаблон, приложенный к углу малого зуба, не проходит мимо носка большого зуба. Износ малого зуба не превышает нормы, если шаблон соответствующим вырезом не надевается полностью на зуб (см. рисунок 2.3, б). Расстояние от ударной стенки зева до тяговой поверхности большого зуба в пределах нормы, если шаблон не входит в пространство между ними (см. рисунок 2.3, в). Две последние проверки выполняют на расстоянии 80 мм вверх и вниз от продольной оси автосцепки. Толщина замка достаточна, если размер выреза в шаблоне меньше толщины замка (см. рисунок 2.3, з). Для проверки предохранителя от саморасцепа шаблон устанавливают перпендикулярно ударной стенке зева так, чтобы он одним концом упирался в лапу замкодержателя, а угольником – в тяговую поверхность большого зуба. Автосцепка исправна, если замок при нажатии уходит в карман корпуса не менее чем на 7 мм и не более чем на 20 мм (см. рисунок 2.3, д). В таком же положении шаблона проверяют удержание

замка в расцепленном состоянии. Поворотом валика подъемника устанавливают автосцепку в расцепленное положение, а затем валик отпускают. Автосцепка годна, если замок удерживается в верхнем положении, а после прекращения нажатия на замкодержатель отпускается в нижнее положение.

Для проверки разницы по высоте между продольными осями автосцепок шаблон (см. рисунок 2.3, е) выступом 1 упирают в замок автосцепки, расположенной выше. Если между выступом 2 шаблона и низом замка расположенной выше автосцепки есть зазор, то разность по высоте между продольными осями автосцепок не превышает 100 мм (рисунок 2.4). Разность по высоте между продольными осями сцепленных автосцепок должна быть не более 100 мм (кроме локомотива и первого груженого грузового вагона, у которых разность допускается 110 мм). В пассажирских поездах, курсирующих со скоростью не более 120 км/ч, разность между продольными осями автосцепок смежных вагонов не более 70 мм, а в поездах, курсирующих со скоростью свыше 120 км/ч, не более 50 мм, между локомотивом и первым вагоном – не более 100 мм.

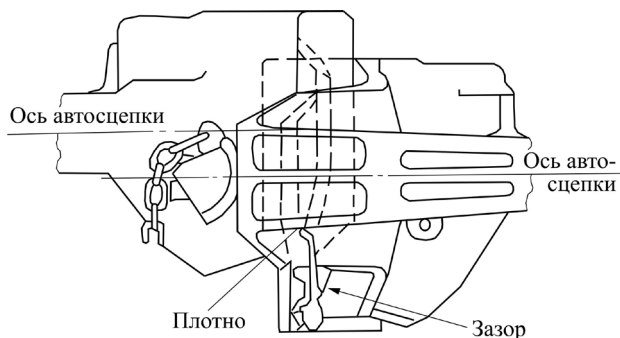


Рисунок 2.4 – Проверка разности по высоте сцепленных автосцепок шаблоном № 873

2 Ломик Гладуна (рисунок 2.5) используется для проверки исправности механизмов сцепленных автосцепок.

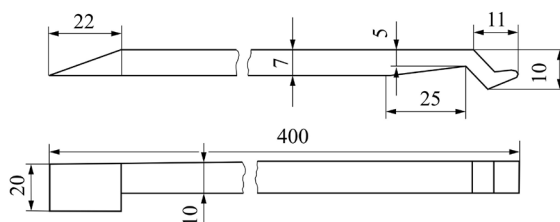


Рисунок 2.5 – Ломик Гладуна

Для проверки предохранителя от саморасцепа ломик заостренным концом вводят между ударной стенкой зева одной автосцепки и замком другой автосцепки (рисунок 2.6). Поворачивая выступающий конец ломака, нажимают заостренным концом на замок.

Уход замка должен быть не более 20 мм. При этом должен быть слышен четкий металлический стук от удара предохранителя в противовес замкодержателя. Если сверху ввести ломик невозможно, как например у пассажирских вагонов, его вводят снизу через грязевое отверстие и нажимают на замок в нижней части (положение I).

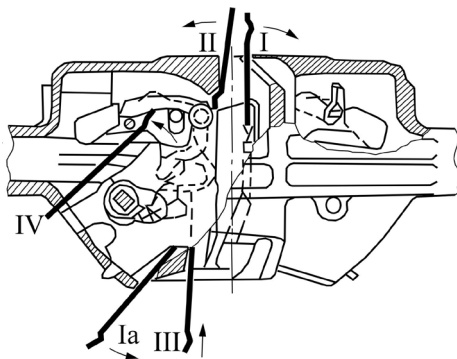


Рисунок 2.6 – Проверка автосцепки ломиком

Если уход замка составляет более 20 мм или он выходит за кромку ударной поверхности малого зуба, то необходимо проверить исправность полочки и предохранителя. Для этого ломик изогнутым концом заводят за выступ замка (положение II) и пытаются вытолкнуть замок из кармана корпуса. Если замок неподвижен или его свободный ход значительно уменьшился, то это означает, что предохранитель соскочил с полочки.

Чтобы проверить замкодержатель, ломик вводят между ударными поверхностями автосцепок сверху или снизу через отверстие корпуса, предназначенное для восстановления сцепления у ошибочно расцепленных автосцепок (положение III), и нажимают на лапу замкодержателя. Если замкодержатель свободно качается, то противовес отломан. Наличие верхнего плеча предохранителя проверяют ломиком, который вводят изогнутым концом в карман корпуса через отверстие для сигнального отростка (положение IV). Упирают ломик в предохранитель и перемещают его к полочке. Если при опускании ломака слышен металлический звук от удара предохранителя о полочку, то верхнее плечо исправно. Если ломик не упрется в полочку, значит она изломана.

Состояние полочки и верхнего плеча предохранителя проверяют поворотом валика подъемника за цепь расцепного привода до начала ухода замка в карман корпуса автосцепки, затем отпускают цепь. Четкий звук от удара верхнего плеча о полочку свидетельствует об исправности деталей.

Цепь расцепного привода должна быть установленной длины, о чем свидетельствует некоторое провисание цепи. Короткая цепь приводит к саморасцепу автосцепок. Длину цепи проверяют с помощью расцепного рычага. Длина цепи расцепного привода больше нормы, если при постановке руко-

ятки распепного рычага на горизонтальную полочку кронштейна замыкающая часть замка выступает за ударную стенку зева автосцепки. Короткая цепь, если невозможно положить рычаг на горизонтальную полочку кронштейна.

В пунктах формирования и оборота пассажирских составов дополнительно контролируют ломиком-калибром износ элементов контура сцеплений сцепленных автосцепок при растянутых загонах. При этом зазоры *a* и *b* (рисунок 2.7) проверяют утолщенной крестообразной частью ломака, имеющей контрольные размеры $(22 \pm 0,1)$ мм для проверки зазора *a* и $(25 \pm 0,1)$ мм для замера зазора *b*.

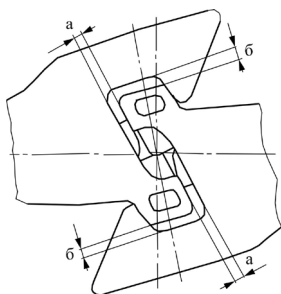


Рисунок 2.7 – Проверяемые зазоры в контурах сцепленных автосцепок

Если ломик проходит в соответствующий зазор, то необходимо распепить и разъединить вагоны, полностью проверить автосцепки шаблоном № 873, заменить негодные детали или автосцепку в сборе с механизмом.

Если ломик проходит в соответствующий зазор, то необходимо распепить и разъединить вагоны, полностью проверить автосцепки шаблоном № 873, заменить негодные детали или автосцепку в сборе с механизмом.

3 Рейка для измерения высоты автосцепки над головкой рельсов (рисунок 2.8) используется для проверки провисания и задиры автосцепки.

Основание рейки устанавливают на головки рельсов, а стойку с делениями прикладывают к литейному шву, который проходит вдоль хвостовика автосцепки. Если литейный шов плохо заметен, через середину хвостовика следует провести продольную линию. Высота автосцепки измеряется в месте выхода хвостовика автосцепки из ударной розетки по передней плоскости, центрирующей балочки (рисунок 2.9, размер *a*). Искомый размер определяют по делению шкалы на уровне литейного шва. Провисание или задиры автосцепки определяют по разнице размеров *a* и *b*. Размер *b* определяется по литейному шву на расстоянии 125 мм от края большого зуба, что соответствует линии зацепления автосцепки. Допускается принимать размер *b* на боковой поверхности малого зуба, отступив 15 мм от его вертикальной кромки в сторону зева корпуса. Провисание автосцепки допускается не более 10 мм, задиры – не более 3 мм.

Высота оси автосцепки над уровнем головки рельсов: у пассажирских порожних вагонов более 1080 мм и у вагонов с пассажирами менее 980 мм; у грузовых порожних вагонов более 1080 мм и у груженых четырехосных вагонов менее 950 мм; у шести- и восьмиосных вагонов менее 990 мм;

Зазор *в* (см. рисунок 2.9) между верхней плоскостью хвостовика и потолком ударной розетки определяется на расстоянии 15–20 мм от ее наружной кромки. Зазор между потолком розетки и хвостовиком корпуса автосцепки должен быть не менее 25 мм.

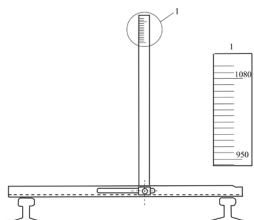


Рисунок 2.8 – Рейка для измерения высоты автосцепки над уровнем головок рельсов

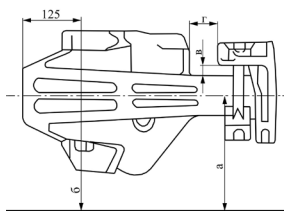


Рисунок 2.9 – Схема измерения высоты автосцепки над уровнем головок рельсов

Расстояние z (см. рисунок 2.9) от ударной розетки до упора головы автосцепки измеряется метром (таблица 2.1) до наиболее выступающей части розетки менее 60 и более 90 мм, у восьмиосных вагонов указанное расстояние менее 100 и более 140 мм. У вагонов, оборудованных укороченными ударными розетками, расстояние от упора головы автосцепки до ударной розетки должно быть не менее 110 и не более 150 мм. Расстояние от упора головы корпуса автосцепки до ударной розетки у вагонов, оборудованных поглощающим аппаратом Ш-6-ТО-4, менее 110 или более 150 мм.

Допускаемые в эксплуатации размеры высоты автосцепки над головками рельсов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расстояние от ударной розетки до упора головы автосцепки

В миллиметрах

Тип поглощающего аппарата	Наибольшая длина выступающей части розетки	Рабочий ход (ход сжатия), не более	Расстояние от упора головы автосцепки до ударной розетки		Тип вагона
			не менее	не более	
Ш-1-ТМ, Ш-1-Т	185	70	60	90	Грузовой четырехосный
Ш-2-В	130	90	110	150	
ПМК-НОА, ПМК-1 ЮК-23		110			
73ZW, АПЭ-120И, ЭПА-120, АПЭ-95-УВЗ		120			
Ш-6-ТО-4					
Ш-2-Т	95	110	100	140	Грузовой восьмиосный

Кроме перечисленных выше требований запрещается постановка в поезда и следование в них вагонов, у которых автосцепное устройство имеет хотя бы одну из следующих неисправностей, в том числе трещины, выявленные в видимой для осмотра части вагонов при осмотре зоне:

- трещина в корпусе автосцепки, излом деталей механизма;
- износ или другие повреждения деталей механизма автосцепки, при которых возможен саморасцеп;
- уширение зева, износы рабочих поверхностей по контуру зацепления автосцепки и др.

3 СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА (АСК ПС, КТСМ)

Комплекс технических средств многофункциональный КТСМ-02 (рисунок 3.1) представляет собой систему автоматического контроля, включающую в себя одну или несколько подсистем для обнаружения дефектных узлов и деталей подвижного состава (например, букс, колес, тормозов, габарита и т. д.). Основное назначение КТСМ-02 заключается в контроле параметров подвижного состава, привязанных к конкретным осям или подвижным единицам, а также координации работы подключенных к нему подсистем и обеспечении информационного взаимодействия через систему централизации с системами контроля и управления верхнего уровня.

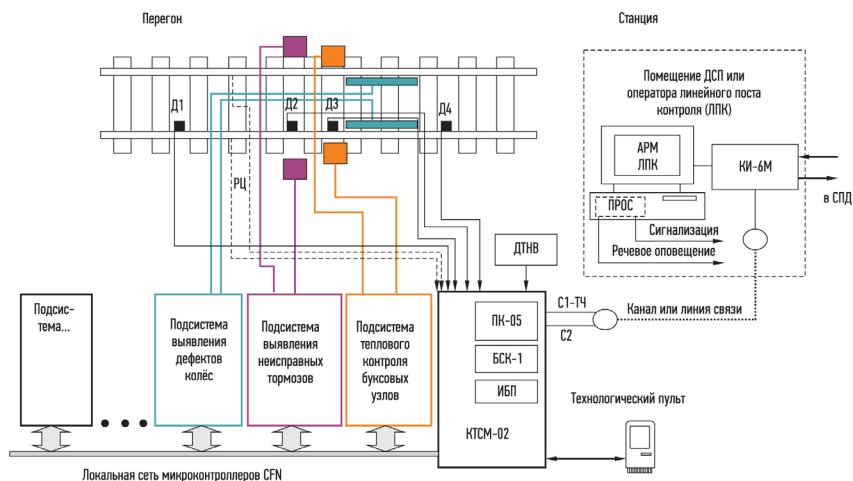


Рисунок 3.1 – Структурная схема системы контроля подвижного состава на базе комплекса КТСМ-02:

Д1–Д4 – датчики прохода осей; ДТНВ – датчик температуры наружного воздуха;
РЦ – рельсовая цепь; СПД – сеть передачи данных; ДСП – дежурный по станции;
КИ-6М – концентратор информации; RS-232, 485 – интерфейсы связи с КИ-6М

Главным элементом КТСМ-02, выполняющим все интеллектуальные функции, является периферийный контроллер ПК-05, который совместно с

блоком коммутации БСК-1 устанавливается в стойку, размещенную на перегоне в помещении поста контроля (рисунок 3.2), и соединяется с напольным оборудованием комплекса системой кабелей и соединительных коробок.

В режиме контроля поезда комплекс автоматически осуществляет:

- нумерацию поездов в диапазоне от 1 до 200;
- счет подвижных единиц в поезде;
- счет осей в каждом вагоне (до 32 осей);
- счет общего количества осей в поезде по каждому датчику прохода осей (до 5000 осей);
- измерение скорости прохода каждого вагона по участку контроля в диапазоне от 5 до 250 км/ч.

Регистрацию нагрева букс осуществляет подсистема выявления дефектов букс вагонов в движущихся поездах КТСМ-02Б, которая предназначена для использования в составе комплекса технических средств многофункционального КТСМ-02Б совместно с техническими и программными средствами автоматизированной системы контроля подвижного состава (СПД, АРМ ЛПК). Выявление дефектов производится путем бесконтактного считывания и анализа теплового излучения буксовых узлов в нижней части корпуса буксы.

Конструкция подсистемы состоит из блока управления напольными камерами (БУНК), двух напольных малогабаритных камер КНМ-05, устанавливаемых на подошве рельса, как показано на рисунке 3.3, а также комплекта кабелей и соединительных коробок. БУНК устанавливается в стойке базового комплекса и подключается к

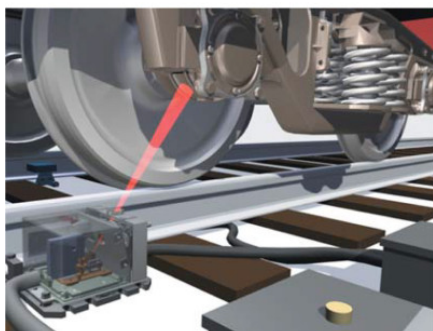


Рисунок 3.3 – Схема сканирования буксового узла приёмником инфракрасного излучения напольной камеры КНМ-5



Рисунок 3.2 – Приборная стойка перегонной части комплекса КТСМ-02

блокам БСК, ИБП и ПК базового комплекса соединительными кабелями.

Напольные камеры предназначены для приема сигнала теплового излучения, его усиления, нормирования, преобразования в цифровой код и передачи результатов преобразования в БУНК для обработки. Связь камеры с БУНК осуществляется по последовательному цифровому интерфейсу.

Объединение установок контроля в единую сеть АСК ПС позволяет осуществлять мониторинг нагрева буксы по изменению местоположения и по времени. Непрерывное наблюдение позволяет формировать огромную выборку показаний нагрева букс, что является основой для статистической обработки и построения на этой основе эмпирических математических моделей поведения буксового узла. На основе данных моделей устанавливаются и апробируются оптимальные пороговые значения тревожной сигнализации букс, что обеспечивает при эксплуатации системы минимальное количество задержек поездов по нагреву букс и поддержание эффективности транспортного потока.

Автоматизированная система контроля подвижного состава (АСК ПС) предназначена для автоматизации процесса сбора, передачи и обработки показаний аппаратуры контроля перегретых букс с целью обеспечения централизованного контроля технического состояния поездов на участках движения. Контроль за показаниями аппаратуры контроля перегрева буксовых узлов вагонов осуществляется оператором центрального поста контроля АСК ПС регионального ЦУП. При обнаружении в составе поезда вагона (локомотива) с повышенным уровнем нагрева буксового узла на экране монитора появляется информационное окно и раздается звуковой сигнал. В информационном окне выводятся данные о показаниях установки КТСМ, которые содержат: название пункта контроля, зафиксировавшего повышенный нагрев буксового узла с указанием направления (четное, нечетное), порядкового номера вагона в поезде, начиная с головы, порядкового номера оси вагона, стороны вагона и уровня нагрева буксового узла с каждой стороны вагона.

Комплекс технических средств АСК ПС представляет собой распределенную структуру специализированных аппаратно-программных комплексов, объединенных единой СПД. По своему функциональному назначению технические средства АСК ПС подразделяются на технические средства линейных пунктов контроля (ЛПК) и оборудование центрального поста контроля (ЦПК).

Примерная структурная схема комплекса технических средств АСК ПС приведена на рисунке 3.4.

Оборудование АСК ПС центрального поста контроля представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС), содержащую:

- 1) сервер БД – ЭВМ, функционирующую под управлением сетевой операционной системы (ОС) и системы управления базами данных (СУБД);
- 2) сервер СПД – ЭВМ, обеспечивающую информационный обмен между сетью передачи данных и сервером ЛС, а также осуществляющую контроль работы концентраторов СПД, периферийных контроллеров и каналов информационной связи между ними;

3) рабочие станции (АРМы) – компьютеры, на которых выполняется прикладная программа «АРМ ЦПК» и использующие информацию, содержащуюся на сервере БД.

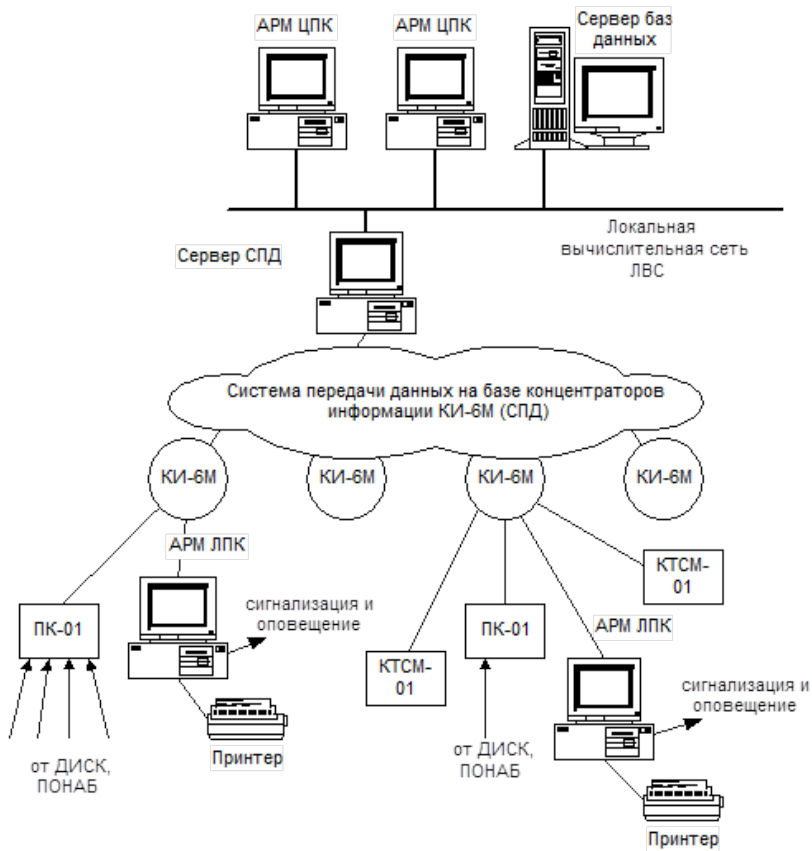


Рисунок 3.4 – Структурная схема АСК ПС

Сервер СПД принимает, осуществляет обработку и помещает в файлы информационных баз показания аппаратуры контроля, размещенные на файловом сервере ЛВС. Прикладные системы (АРМы ЦПК), включенные в локальную вычислительную сеть диспетчерского центра, осуществляют чтение информации из файлов баз показаний аппаратуры контроля для выполнения различных задач формирования оперативных и статистических данных. Программное обеспечение АРМов ЛПК дополнительно к прикладным задачам содержит функции сервера СПД по управлению и диагностике устройств.

Автоматизация функций оперативного управления техническим обслуживанием и ремонтом грузовых вагонов и функций взаимодействия с пользователями линейного уровня включает в себя:

- контроль за поездами, находящимися на линии;
- планирование ТО и текущего ремонта;
- информационную поддержку ТО и текущего ремонта;
- автоматизацию ведения учета и анализа производственной деятельности;
- автоматизацию ведения учета запасных частей и материалов;
- ведение технологической, нормативной и организационной документации;
- организацию взаимодействия причастных работников линейных предприятий.

АСУ ПТО функционирует как одна из подсистем АСУ опорной станции, работа которой осуществляется на единой БД и не требует специального обмена информацией между смежными подсистемами.

Применение комплексных систем ТД подвижного состава позволяет повысить безопасность движения за счет выработки рекомендаций об индивидуальных объемах ремонта каждой единицы подвижного состава с учетом действительного технического состояния. Экономический эффект от внедрения указанной системы можно представить в виде трех составляющих. Первая составляющая – экономический эффект, реализуемый на сетевом уровне. Он связан с безопасностью движения, уменьшением затрат энергии и топлива на тяговое усилие локомотивов, уменьшение числа повреждений стрелочных переводов и динамических нагрузок на путь. Вторая составляющая – экономический эффект, реализуемый в дело и обусловленный снижением затрат на ТО. Третья составляющая – экономический эффект, реализуемый в дело и связанный с повышением срока службы подвижного состава. Например, по данным опыта эксплуатации систем контроля и паспортизации колесных пар в США при профилактике достижения 50%-го износа гребня бандажей колес срок службы или пробег колесной пары повышается на 20 %.

Рабочее окно программы представлено на рисунке 3.5.

Окно состоит из строки заголовка, информационных полей, полей ввода и списка уровня нагрева по осям.

В заголовке окна указывается название пункта контроля, порядковый номер, тип проконтролированной подвижной единицы, обозначение подсистемы контроля и тип тревоги.

Информационные поля: «№ п/п» – порядковый номер подвижной единицы с учётом каждой секции локомотива; «Груз: вес (т)» – вес и код груза; «Выявлено аппаратурой» – может быть выведена одна из следующих информационных фраз:

- обозначение подсистемы контроля;

- «Сбой отметчика» – при контроле данной подвижной единицы произошел сбой отметчика подвижных единиц;
- «Торможение» – обнаружено затормаживание колёсных пар при помощи вспомогательных камер;
- «Имитатор» – информация получена в результате имитации прохода подвижной единицы;

Мол. из Минска, Карта подв. ед. № 38 Груз.,Пр.подш., «Б», Тр.1,Слж.,Отд.

Идентификаторы
 Инв. ном. 59858969 № п/л 38
 Груз: вес (т) []

Выявлено аппаратурой
 Грузовой
 Подсистема «Б»
 Приработка подш.

Результаты осмотра
 Грание буксы []
 Тем-ра буксы [] °C
 Готовность 23 / 20 [] Отцепка
 Осмотрщик Свиридо []

Операции с записью
 Поступление 26.03.07 22:36:59
 Изменение 27.03.07 07:25:37

2610 (картотека)
 Поиск по инв. номеру

Сохранить
 Отмена

Примечание []

Уровни нагрева по осям График Ввести заводской номер КП (2 ось)
 Показывать все отношения

Пункт	чч.мм	1 Лв	1 Пр	2 Лв	2 Пр	3 Лв	3 Пр	4 Лв	4 Пр
Радошковичи Н	21.08	08	07	21	29/4.8	06	06	05	05
Плеховичи Н	21.29	07	08	18	34/5.1 п	06	07	05	05
Мол. из Минска	22.36	08	08	18	36/5.7	06	06	05	05

Рисунок 3.5 – Рабочее окно программы

- «Шкив» – обнаружен нагрев в области предполагаемого размещения генератора у пассажирского вагона;
- «ВОЛОЧЕНИЕ» – сработала сигнализация подсистемы «Волочение» под контролируемой подвижной единицей;
- «Грузовой» – грузовой вагон;
- «Локомотив» – локомотив;
- «Пассажирский» – пассажирский вагон;
- «Короткобазный» – короткобазный вагон;
- «Малая скорость» – проконтролированная подвижная единица двигалась со скоростью ниже 5 км/ч.

Перечень наименований для заполнения строки «Результаты осмотра» и примеры из эксплуатации выявленных дефектов: 0 – Рабочий нагрев;

1 – Волочение (опускание триангеля из-за выпадения валика подвески башмака; обрыв кронштейна расцепного рычага; обрыв тяги штурвала; наличие посторонних предметов в грязевом отверстии боковой рамы тележки; обрыв поводка воздухораспределителя; обрыв ручного тормоза вагона; свисание рукава в тормозной магистрали; выпадение валика подъемника автосцепки; падение скобы предохранительной); 2 – Торможение; 3 – Солнце; 4 – Шкив; 5 – Локомотив; 6 – Горячий налив; 7 – Течь горячей воды; 8 – Фиттинговая платформа; 9 – Неисправность буксового узла; 10 – Путейская машина; 11 – Неисправность устройства; 12 – Начальная стадия нагрева; 13 – Держатели тормоза; 14 – Зажаты колодки; 15 – Грение буксы; 16 – Без остановки; 17 – Выхлоп трубы; 18 – Редуктор; 19 – Бронза в смазке; 20 – Грязь в смазке; 21 – Дрезина; 22 – Заторможенность; 23 – Излом обода; 24 – Имитация; 25 – Вагон-лаборатория; 26 – Матриса; 27 – Мало смазки; 28 – Много смазки; 29 – Металл/стружка; 30 – Нагрев роликовой буксы; 31 – Нарушение торцевого крепления; 32 – Неисправность отопительной системы; 33 – Нет данных; 34 – Переключение фидеров; 35 – Перекрестье ремней; 37 – Проверка устройств; 36 – Фиттинговая платформа без пола; 38 – Проворот внутреннего кольца; 39 – Разрушение сепаратора; 40 – Ремень; 41 – Сдвиг лабиринта; 42 – Сдвиг ремня; 43 – Тепловоз из ремонта; 44 – Вагон из ремонта; 45 – Вагон-цистерна; 46 – Выброс смазки; 47 – Бандаж; 48 – Гроза; 49 – Завал мёртвой точки; 50 – Малая скорость на участке; 51 – Приработка подшипников; 52 – Сдвиг буксы; 53 – Нагрев не обнаружен; 54 – Паровоз; 55 – Остаточный нагрев колеса; 56 – Платформа-лесовоз; 57 – Кассетная букса; 58 – По неправильному пути; 59 – Торможение на участке.

4 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАГОННОГО ПАРКА

Об эффективности эксплуатации вагонов можно судить по количественным показателям, характеризующим объем работы, и качественным, отражающим использование их по времени. От величины этих показателей зависит какой объем можно выполнить заданным парком или какой парк требуется для выполнения заданного объема работы.

Количественные показатели

1 *Перевезено грузов, млн. т.* – масса грузов P , которые в отчетном периоде прибыли, отправлены и проследовали через Белорусскую железную дорогу:

$$\Sigma P = \Sigma P_{\text{отп}} + \Sigma P_{\text{прн}},$$

где $\Sigma P_{\text{отп}}$ – количество отправленных грузов, таблица 4.1;

$\Sigma P_{\text{прн}}$ – количество принятых грузов, таблица 4.2.

Таблица 4.1 – Объем отправленных грузов

В миллионах тонн

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	71,5	50,1	47,1	44,3	50,6	52,3	51,5	80,4	72,4
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	50,3	51,0	54,5	53,4	52,4	61,4	68,4	75,2	74,3
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	78,1	30,2	25,8	44,4	38,4	29,6	50,1	37,5	68,4

Таблица 4.2 – Объем принятых грузов

В миллионах тонн

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	120	115	109	125	147	133	122	146	131
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	129	128	115	141	153	118	126	127	134
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	144	155	147	142	134	126	110	108	140

2 *Количество погруженных вагонов, т ваг.* – показатель, характеризующий загрузку вагонов рабочего парка:

$$U_{\text{п}} = \frac{\Sigma P_{\text{отп}}}{P_{\text{ст}}},$$

где $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка вагона, т (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Статическая нагрузка вагона

В тоннах

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	46,25	48,68	50,29	50,34	50,72	51,66	52,83	53,19	53,45
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	53,75	53,48	52,39	46,77	47,25	50,11	51,36	52,98	54,87
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	50,78	50,68	49,01	46,42	53,44	48,22	51,69	52,14	54,29

3 Количество выгруженных вагонов, m ваг. – конечная операция перевозочного процесса, характеризующаяся освобождением подвижного состава от перевозимых в нём грузов. Определяется как сумма выгруженных вагонов по всем станциям Белорусской железной дороги.

4 Грузооборот, $t \cdot км$ – размеры перевозочной работы с учётом расстояния перевозки грузов. Различают грузооборот:

– тарифный $\sum Pl_{\text{тар}}$ – расчётный показатель продукции железнодорожного транспорта, выраженный в тарифных тонно-километрах; определяется как сумма произведений массы в тоннах грузовых отправок P на тарифное расстояние их перевозки (таблица 4.4);

Таблица 4.4 – Тарифный грузооборот

В миллионах тонно-километров

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	5,7	6,6	7,5	8,4	7,9	6,8	6,4	8,4	8,5
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	8,0	12,7	12,2	13,8	12,1	7,2	8,6	5,6	6,8
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	7,7	6,1	10,1	7,8	6,9	6,9	5,5	9,1	7,7

– эксплуатационный $\sum Pl_o$ – объём перевозочной работы с учётом фактического расстояния перемещения груза (умножением массы нетто поезда на длину поезда-участка) (таблицы 4.5, 4.6):

$$\sum Pl_o = \sum Q_i^H l_{yчi};$$

Таблица 4.5 – Фактическое расстояние перемещения груза $l_{yчi}$

В километрах

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	227	204	187,7	180,5	185	210	221	160	160,8
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	171,8	175,4	173	158	165	199	264	214	158
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	183	183	164	187	205,4	187,9	200	175,2	161,4

Таблица 4.6 – Объем перевозимого груза нетто Q_i^n

В миллионах тонн

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	320	221	190	185	315	300	168	152	137
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	281	321	178	240	261	183	232	184	230
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	240	211	144	184	281	147	192	221	201

– брутто – объем механической работы локомотивов по перемещению поездов. Определяется умножением массы брутто поезда (без массы локомотива) на пройденное расстояние (таблица 4.7):

$$\sum Pl_{бр} = \sum Q_i^{бр} l_{учи};$$

Таблица 4.7 – Объем перевозимого груза брутто $\sum Q_i^{бр}$

В миллионах тонн

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	384	285	190	245	375	360	218	197	178
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	271	417	228	312	341	240	302	238	299
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	322	275	188	239	365	192	250	288	261

– приведенный – обобщающий показатель транспортной продукции, характеризующий суммарную работу отделений и дороги в целом по перевозке грузов и пассажиров, измеряемый в приведенных тонно-километрах. Определяется как сумма тарифных тонно-километров и пассажиро-километров (таблица 4.8):

$$\sum Pl_{прив} = \sum Pl_{тар} + \sum Al.$$

Таблица 4.8 – Пассажиро-километры $\sum Al$

В миллионах

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	19500	16060	12510	11640	12910	13270	16870	17770	15500
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	14350	13310	13890	13567	18546	17436	12647	14579	16843
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	15473	19348	18462	15749	16897	14723	17931	16487	15348

5 Разрыв между эксплуатационными и тарифными тонно-километрами ($\delta_{тар}$), % – частное от деления эксплуатационного и тарифного грузооборота.

6 Средняя дальность перевозки грузов, км – средневзвешенное расстояние перемещения в пределах Белорусской дороги 1 тонны груза от станции отправления до станции назначения:

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum P l_{\text{тар}}}{\sum P}.$$

7 Густота перевозок грузов (грузонапряжённость), т·км брутто/км – расчётный показатель, характеризующий интенсивность грузового потока на железнодорожном участке (линии); определяется делением эксплуатационного грузооборота на эксплуатационную длину железнодорожных путей общего пользования ($L_3 = 5583$ км):

$$\Gamma = \frac{\sum P l_3}{L_3}.$$

8 Работа парка грузовых вагонов U , ваг. – количество грузовых вагонов рабочего парка, с которым совершаются операции на отделении или дороге в целом (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Работа вагонного парка

		В вагонах в сутки								
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Значение	6680	4500	3926	3975	4603	4502	4314	4355	4259	
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Значение	4627	5255	5581	6255	6428	6189	6031	5855	5746	
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Значение	5612	5326	5214	5067	4924	4861	4762	4687	4556	

9 Пробег вагонов обций, ваг·км – показатель, оценивающий работу, связанную с перемещением вагонов рабочего парка. Определяется как сумма произведения числа вагонов на соответствующее расстояние их пробега. Состоит из пробега гружёных и порожних вагонов (таблицы 4.10, 4.11):

$$\sum ns = \sum nS_{\text{пор}} + \sum nS_{\text{гр}}.$$

Таблица 4.10 – Пробег порожних вагонов

		В миллионах вагоно-километров								
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Значение	1,4	1,2	1,8	1,3	1,5	2,1	1,7	2,1	1,3	
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Значение	1,4	1,3	2,2	1,5	1,2	1,2	1,3	2,1	1,5	
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Значение	2,0	1,2	1,4	1,8	1,4	2,0	1,9	1,6	2,0	

Таблица 4.11 – Пробег гружёных вагонов

В миллионах вагоно-километров

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	3,8	4,2	5,8	3,9	4,5	6,2	5,2	6,4	3,9
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	4,3	4,1	6,5	4,7	5,7	3,7	4,0	6,5	4,6
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	6,1	3,6	4,1	5,4	4,3	6,1	5,9	4,7	6,0

Коэффициент порожнего пробега – доля порожнего пробега по отношению к груженому или общему пробегу:

$$k_{\text{пор}} = \sum ns_{\text{пор}} / \sum ns_{\text{гр}};$$

$$k_{\text{пор}} = \sum ns_{\text{пор}} / \sum ns.$$

Качественные показатели

1 *Оборот грузового вагона, сут* – основной показатель использования вагонного парка по времени, включающий затраты времени на выполнение цикла операций от момента окончания погрузки вагона до момента окончания следующей его погрузки.

2 *Среднее время оборота грузового вагона* – показатель, определяемый для железной дороги (отделения дороги) по всем вагонам рабочего парка. Определяется суммированием времени нахождения вагона в движении $l_0/v_{\text{уч}}$, под грузовыми операциями $k_{\text{м}}t_{\text{гр}}$ и на технических станциях $(l_0/L_{\text{тех}})t_{\text{тех}}$ ($L_{\text{тех}}$ – вагонное плечо, т. е. среднее расстояние, проходимое вагоном между двумя переработками на технических станциях, $L_{\text{тех}} = 200$ км) (таблицы 4.12–4.16):

$$\theta = \frac{1}{24} \left(\frac{l_0}{v_{\text{уч}}} + \frac{l_0}{L_{\text{тех}}} t_{\text{тех}} + k_{\text{м}} t_{\text{гр}} \right).$$

Таблица 4.12 – Участковая скорость

В километрах в час

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	39	39,6	39,4	35,2	40,3	50,1	48,6	39,8	49,6
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	48,1	47,5	39,8	41,6	45,6	47,6	38,4	49,2	37,1
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	46,2	43,6	46,5	44,4	41,3	40,6	50,9	46,2	37,9

Таблица 4.13 – Коэффициент местной работы

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	1,39	1,17	1,22	1,14	1,15	1,17	1,12	1,07	1,05
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	1,01	1,11	1,03	1,38	1,21	1,11	1,02	1,36	1,26
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	1,22	1,15	1,09	1,29	1,18	1,21	1,27	1,11	1,02

Таблица 4.14 – Время грузовой работы

										В часах
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Значение	18,6	19,8	21,6	22,0	22,3	23,6	19,4	19,1	39,3	
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Значение	37,3	33,5	35,0	34,6	34,1	37,5	36,2	20,1	26,4	
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Значение	29,3	18,9	19,2	21,2	29,2	34,3	33,9	35,4	29,2	

Таблица 4.15 – Время простоя под технической операцией

										В часах
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Значение	5,7	6,6	7,5	8,4	7,9	6,8	6,4	8,4	8,5	
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Значение	8,0	12,7	12,2	13,8	12,1	7,2	8,6	5,6	6,8	
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Значение	9,1	7,7	6,1	10,1	7,8	6,9	6,9	5,5	9,1	

Таблица 4.16 – Вагонное плечо

										В километрах
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Значение	70	62	51	52	63	68	45	46	52	
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Значение	57	58	56	60	62	65	78	72	61	
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Значение	52	62	51	63	64	50	69	54	53	

3 Рейс грузового вагона гружённый, км – расстояние, которое проходит вагон за время оборота в гружёном состоянии:

$$l_{гр} = \frac{\sum ns_{гр}}{U}.$$

4 Рейс грузового вагона порожний, км – расстояние, которое проходит вагон за время оборота в порожнем состоянии:

$$l_{пор} = \frac{\sum ns_{пор}}{U}.$$

5 Рейс грузового вагона полный, км – среднее расстояние, которое вагон проходит за время оборота как в гружённом, так и в порожнем состоянии:

$$l_0 = \frac{\sum ns}{U} = l_{гр} + l_{пор}.$$

6 Коэффициент участковой скорости – отношение средней участковой скорости к средней технической скорости движения поездов (таблица 4.17):

$$\beta = \frac{v_{уч}}{v_{тех}}.$$

Таблица 4.17 – Техническая скорость

В километрах в час

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	45	43,6	39,4	35,2	40,3	50,1	48,6	39,8	49,6
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	48,1	47,5	39,8	41,6	45,6	47,6	38,4	49,2	37,1
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	46,2	43,6	46,5	44,4	41,3	40,6	50,9	46,2	37,9

7 Среднесуточный пробег грузового вагона, км – показатель, который характеризует среднее расстояние, проходимое грузовым вагоном за сутки в отчётном периоде. Определяется делением общего пробега грузовых вагонов на рабочий парк вагонов (таблица 4.18):

$$s_{\text{в}} = \frac{\sum ns}{N_{\text{п}}}$$

Таблица 4.18 – Среднесуточный парк

В вагонах

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение	17652	13670	13090	14093	15746	13658	12806	18036	17109
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение	18476	20714	21917	25966	24531	23697	22478	21679	20691
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Значение	19364	18247	17931	16479	15317	14892	13412	12478	13897

8 Средняя динамическая нагрузка на вагон рабочего парка, т – средняя загрузка вагона рабочего парка на всем следовании за определённый период времени:

$$P_{\text{д}} = \frac{\sum Pl_{\text{з}}}{\sum ns_{\text{гр}}}$$

9 Среднесуточная производительность грузового вагона, т·км нетто – работа, выполняемая вагоном рабочего парка за сутки:

$$W_{\text{в}} = \frac{\sum PL_{\text{з}}}{N_{\text{п}}}$$

5 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ГАРАНТИЙНОМ УЧАСТКЕ

1 Определение перспективного объема работ на гарантийном участке

В соответствии с таблицей 5.1 выдаются задания на курсовое проектирование.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчёта

Витебск – Громы 101 км	Витебск – Орша 91 км	Витебск – Езерище 80 км	Барановичи – Лунинец 116 км	Барановичи – Негорелое 94 км	Брест – Лунинец 216 км
Барановичи – Волковыск 122 км	Барановичи – Слуцк 122 км	Барановичи – Лида 114 км	Могилёв – Рогачёв 98 км	Могилёв – Орша 70 км	Барановичи – Минск 133 км
Могилёв – Осоповичи 136 км	Гомель – Жлобин 110 км	Гомель – Могилёв 150 км	Минск – Молодечно 70 км	Брест – Волковыск 160 км	Минск – Гомель 283 км
Могилёв – Кричев 112 км	Гомель – Калинковичи 140 км	Минск – Орша 180 км	Минск – Барановичи 130 км	Брест – Барановичи 200 км	Минск – Осиповичи 98 км

В задании на курсовое проектирование преподавателем указывается количество составов N , проходящих в сутки по направлению, взятому из таблицы 5.1, в среднем за месяц в течение 12 месяцев (таблица 5.2), а также среднее значение вагонов в каждом составе m

Таблица 5.2 – Количество поездов N , проследовавших по участку

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	10	12	8	7	9	11	12	15	16	13	15	12

Для определения перспективного значения количества поездов, проследовавших по участку, используем корреляционно-регрессионный анализ, который применяется для того, чтобы при сложном взаимодействии посторонних влияний выяснить, какова была бы зависимость между результатом и фактором, если бы посторонние факторы не изменялись и своим изменением не исказили основную зависимость.

Наблюдая статистическую связь между двумя признаками, математическая статистика стремится придать этой связи форму функциональной зависимости, т. е. $y = f(x)$. Вид этой зависимости и требуется определить

из опыта (в данном случае имея статистику о количестве составов, проследовавших по гарантийному участку). Графическое изображение изучаемых явлений позволяет не только установить наличие или отсутствие связи между ними, но и изучить характер этой связи, иначе говоря, изучить форму связи и её тесноту.

Графический метод наглядно иллюстрирует зависимость, но он позволяет выявить связь лишь между двумя признаками. Однако такое решение вопроса обычно не является удовлетворительным и возникает типичная для практики задача сглаживания экспериментальной зависимости. При этом желательно обработать экспериментальные данные таким образом, чтобы точно отразить общую тенденцию зависимости y от x и вместе с тем сгладить незакономерные, случайные отклонения.

Подбор параметров линейной зависимости. Уравнение связи как уравнение прямой $y = ax + b$ применяется в случае равномерного нарастания и убывания результативного признака с увеличением признака факториального. Параметры уравнения прямой линии a и b находятся путем решения системы нормальных уравнений, получаемых по методу наименьших квадратов. Пусть для указанных опытных значений (x_i, y_i) , где $i = 1, 2, 3, \dots, n$, требуется по методу наименьших квадратов подобрать параметры линейной функции $y = ax + b$. Наименьшее отклонение экспериментальных точек от линейной зависимости будет при соблюдении следующих условий:

$$\begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} a + \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n}; \\ \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} a + b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \end{cases} \quad (5.1)$$

где $\sum_{i=1}^n x_i$ – сумма значений факториального признака;

$\sum_{i=1}^n x_i^2$ – сумма квадратов значений факториального признака;

$\sum_{i=1}^n y_i$ – сумма значений результативного признака;

$\sum_{i=1}^n x_i y_i$ – сумма произведений значений факториального признака назначения результативного признака;

n – число полученных при наблюдении пар взаимосвязанных величин.

Из системы уравнений определяем параметры искомой линейной зависимости:

$$a = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \right)^2}; \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - a \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Подставляя в полученную зависимость $y = a + bx$ соответствующие значения x_i , полученные опытным путем, находим расчетные значения резуль- тативного признака y_i^{pac} , отражающие среднюю зависимость y_i от x_i в виде корреляционной зависимости.

При исследовании эксплуатационной надёжности грузовых вагонов на координатную сетку наносятся экспериментальные точки и в этих же осях координат $(N - t)$ строится график полученной зависимости числа проследо- вавших поездов по гарантийному участку за определённый промежуток времени, т. е. осуществляется прогнозирование количества поездов в опре- делённый месяц.

Подбор параметров параболы второго порядка. Параболическая зависи- мость, выражаемая уравнением параболы второго порядка $y = ax^2 + bx + c$, имеет место при ускоренном возрастании или убывании резуль- тативного признака в сочетании с равномерным возрастанием факториального при- знака. Параметры уравнения параболы a , b и c вычисляются путём решения системы трёх нормальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^n x_i^4}{n} a + \frac{\sum_{i=1}^n x_i^3}{n} b + \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 y_i}{n} \\ \frac{\sum_{i=1}^n x_i^3}{n} a + \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} b + \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n}; \\ \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} a + \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} b + c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \end{cases} \quad (5.2)$$

Решая систему (5.2) относительно неизвестных a , b , c , находим искомые параметры параболы. Подставляя в найденное уравнение параболы опы- тные значения x_i , получаем расчетные значения y_i^{pac} .

Рациональный выбор параметров (a , b , c и т. д.) при предположительных видах зависимостей. Решение этой задачи зависит от того, что именно мы будем считать «наилучшим».

Можно, например, считать «наилучшим» такое взаимное расположение кривой и экспериментальных точек, при котором максимальное расстояние между ними обращается в минимум; можно потребовать, чтобы в минимум обращалась сумма абсолютных величин отклонений точек от кривой и т. д.

При каждом из этих предположений мы получим свое решение задачи, свои значения параметров (a , b , c и т. д.). Однако общепринятым при решении подобных задач является метод наименьших квадратов, при котором требование наилучшего согласования кривой $y = f(x)$ и экспериментальных точек сводится к тому, чтобы сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от сглаживающей кривой обращалась в минимум, т. е.

$$\sum_{i=1}^{n\Sigma} (y_i^{\text{pac}} - y_i)^2 = \min. \quad (5.3)$$

Имея числовые значения количества поездов, проследовавших по участку N за 12 месяцев (см. таблицу 5.2), строим экспериментальную зависимость $N = f(x)$ (рисунок 5.1, a).

Используя метод наименьших квадратов, найдем параметры уравнения связи при помощи решения системы нормальных уравнений (5.1) для линейной зависимости $y = ax + b$ и для параболы второго порядка $y = ax^2 + bx + c$.

Исследуем линейную зависимость.

Подставляя в (5.1) значения факторного и результативного признаков:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2 + 7^2 + 8^2 + 9^2 + 10^2 + 11^2 + 12^2}{12} \cdot a + \\ + \frac{1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12}{12} \cdot b = \\ = (1 \cdot 12 + 2 \cdot 13 + 3 \cdot 15 + 4 \cdot 14 + 5 \cdot 15 + 6 \cdot 15 + 7 \cdot 12 + 8 \cdot 12 + 9 \cdot 12 + \\ + 10 \cdot 12 + 11 \cdot 11 + 12 \cdot 12) / 12; \\ \\ \frac{1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12}{12} \cdot a + b = \\ = \frac{12+13+15+14+15+15+12+12+12+12+11+12}{12}, \end{array} \right.$$

получаем систему уравнений

$$\begin{cases} 54,17a + 6,5b = 81,42; \\ 6,5a + b + 12,92. \end{cases}$$

Из системы уравнений определяем параметры искомой линейной зависимости $a = -0,215$; $b = 14,3175$.

Отсюда уравнение связи $y = -0,215x + 14,3175$.

Подставляем в полученную зависимость соответствующие значения x_i , полученные опытным путем, находим расчетные значения результативного признака y_i^{pac} .

Строим график полученной зависимости (рисунок 5.1, б).

Подберем параметры параболы второго порядка a , b , c путем решения системы трех нормальных уравнений (5.2).

Подставляя в (5.2) значения факториального и результативного признаков, получаем систему уравнений

$$\begin{cases} 5059,167a + 507b + 54,167c = 660,42; \\ 507a + 54,167b + 6,5c = 81,4167; \\ 54,167a + 6,5b + c = 12,92. \end{cases}$$

Определяем параметры искомой параболической зависимости методом Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 5059,167 & 507 & 54,167 \\ 507 & 54,167 & 6,5 \\ 54,167 & 6,5 & 1 \end{vmatrix} = 5059,167 \cdot 54,167 \cdot 1 +$$

$$+ 507 \cdot 6,5 \cdot 54,167 + 507 \cdot 6,5 \cdot 54,167 - 54,167^3 - 507^2 \cdot 1 -$$

$$- 6,5^2 \cdot 5059,167 = 1326;$$

$$\Delta a = \begin{vmatrix} 660,42 & 507 & 54,167 \\ 81,4167 & 54,167 & 6,5 \\ 12,92 & 6,5 & 1 \end{vmatrix} = 660,42 \cdot 54,167 \cdot 1 +$$

$$+ 507 \cdot 6,5 \cdot 54,167 + 507 \cdot 6,5 \cdot 54,167 - 54,167^3 - 507^2 \cdot 1 - 6,5^2 \cdot 5059,167 = 1326;$$

$$\Delta b = \begin{vmatrix} 5059,167 & 660,42 & 54,167 \\ 507 & 81,4167 & 6,5 \\ 54,167 & 12,92 & 1 \end{vmatrix} = 5059,167 \cdot 81,4167 \cdot 1 +$$

$$+ 507 \cdot 12,92 \cdot 54,167 + 660,42 \cdot 6,5 \cdot 54,167 - 54,167^2 \cdot 81,4167 -$$

$$- 507 \cdot 660,42 \cdot 1 - 12,92 \cdot 6,5 \cdot 5059,167 = 659,087;$$

$$\Delta c = \begin{vmatrix} 5059,167 & 507 & 660,42 \\ 507 & 54,167 & 81,4167 \\ 54,167 & 6,5 & 12,92 \end{vmatrix} = 5059,167 \cdot 54,167 \cdot 12,92 +$$

$$+ 507 \cdot 6,5 \cdot 660,42 + 507 \cdot 81,4167 \cdot 54,167 - 54,167^2 \cdot 660,42 -$$

$$- 6,5 \cdot 81,4167 \cdot 5059,167 - 507^2 \cdot 12,92 = 16790.$$

$$a = \frac{\Delta a}{\Delta} = -0,055; \quad b = \frac{\Delta b}{\Delta} = -0,497; \quad c = \frac{\Delta c}{\Delta} = 12,662.$$

Тогда уравнение связи будет $y = -0,055x^2 + 0,497x + 12,662$.

Строим график полученной зависимости (рисунок 5.1, в).

Определяем остаточную вариацию по формуле (5.3):

– для линейной зависимости $\sum_{i=1}^n (y_i^{\text{расч}} - y_i)^2 = 16,1805$;

– для параболы 2-го порядка $\sum_{i=1}^n (y_i^{\text{расч}} - y_i)^2 = 12,2998$.

Так как $12,2998 < 16,1805$, принимаем зависимость 2-го порядка, т. е.

$$y = -0,055x^2 + 0,497x + 12,662.$$

Рассчитаем перспективное значение количества поездов, проследовавших по участку, приняв $X_{\text{перспек}} = 13$:

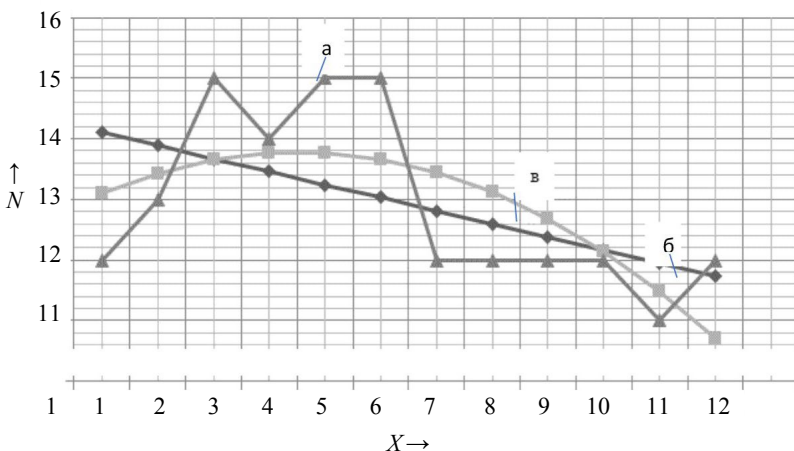


Рисунок 5.1 – Количество поездов, проследовавших по участку по месяцам:
 а – экспериментальная зависимость (количество поездов, фактически проследовавших по рассматриваемому участку в течении года); б – $y = -0,215x + 14,3175$;
 в – $y = -0,055x^2 + 0,497x + 12,662$.

2 Определение и оценка показателей эксплуатационной надежности грузовых вагонов на гарантийном участке

Термины и определения надёжности регламентируются ГОСТом 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

Надёжность – свойство вагона сохранять во времени значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функ-

ции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортировки. Надёжность является комплексным свойством, включающим: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность – свойство вагона непрерывно сохранять работоспособное состояние в течении некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность – свойство вагона сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе ТО и ремонта.

Ремонтпригодность – свойство вагона, заключающееся в приспособляемости к обнаружению, предупреждению причин возникновения отказа, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путём проведения ТО и ремонта.

Работоспособность – состояние вагона при некотором значении всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствующие требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния вагона.

Основным показателем надежности вагона является вероятность безотказной работы $P(t)$, которая означает, что в пределах заданной наработки t не возникнет отказ. Значение $P(t)$ находится в пределах $0 \leq P(t) \leq 1$.

Заданием на курсовое проектирование устанавливается количество отказов происходящих в среднем в месяц на рассматриваемом участке n_0 .

Показатели, характеризующие эксплуатационную надежность вагонов:
– параметр потока отказов

$$\omega_0 = \frac{n_0}{Nml}, \quad (5.4)$$

где n_0 – количество отказов, возникших у вагонов на гарантийном участке за определенный промежуток времени t ;

N – среднее количество составов, проследовавших по этому участку;

m – среднее количество вагонов в составе;

l – длина гарантийного участка, км;

– наработка на отказ

$$T = \frac{Nml}{n_0}; \quad (5.5)$$

– вероятность безотказного проследования поезда по участку

$$P(l) = e^{-\omega_0 l}. \quad (5.6)$$

3 Расчет и оценка показателей качества работы ПТО

Качество работ ПТО характеризуется следующими показателями:

– вероятность восстановления работоспособности вагона при обслуживании на ПТО;

– ожидаемое количество отказов вагонов после обслуживания на ПТО;

– выигрыш в надежности при обслуживании вагонов на ПТО.

Восстановление работоспособности вагонов в процессе эксплуатации играет важную роль в обеспечении безотказной работы. Чем лучше организована система технического обслуживания и ремонта вагонов, тем меньше отказов возникает в процессе перевозочной работы; ожидаемое количество отказов на гарантийном участке

$$n_{\text{ож}} = n_0 V(t) = n_0 [1 - V(t)], \quad (5.7)$$

где $n_{\text{ож}}$ – число отказов вагонов в процессе движения поездов по участку за рассматриваемое время t с учетом восстановления их работоспособности на ПТО;

n_0 – общее число отказов на участке при отсутствии технического обслуживания на ПТО;

$V(t)$ – вероятность восстановления работоспособности вагонов (после возникновения отказа) за допустимое время t ;

$n_0 V(t)$ – число отказов, которые были выявлены и устранены на ПТО за указанное время t при подготовке составов в рейс.

Ожидаемое количество отказов на участке при отсутствии технического обслуживания на ПТО

$$n_0 = 30 \omega_0^{\text{ПТО}} N m l, \quad (5.8)$$

где $\omega_0^{\text{ПТО}}$ – параметр потока отказов при условии, что вагоны не проходили техническое обслуживание на ПТО;

N – количество поездов, проследовавших по участку за сутки;

m – среднее количество вагонов в поезде;

l – длина гарантийного участка, км.

Основным показателем оценки качества работы ПТО служит сокращение числа отказов (задержек поездов и отцепок вагонов по техническим неисправностям на гарантийных участках). Для этого определяют ожидаемое число отказов за рассматриваемый отрезок времени для расчетного значения уровня восстановления работоспособности вагонов и сравнивают его с фактическим числом отказов, возникшим за отчетный период. Если $n_{\text{ож}} < n_{\text{ф}}$, то работа ПТО оценивается как неудовлетворительная. При $n_{\text{ф}} < n_{\text{ож}}$ работа на ПТО считается удовлетворительной.

Выигрыш в надежности от обслуживания на ПТО определяется из выражения

$$\eta = \frac{1}{1 - V(t)}, \quad (5.9)$$

где $V(t)$ – вероятность восстановления работоспособности вагонов.

Данное выражение показывает, во сколько раз сократятся отказы вагонов в результате восстановления их работоспособности в системе технического обслуживания и ремонта.

Вероятность восстановления работоспособности вагона при обслуживании на ПТО задается заданием на курсовую работу $V(t)$.

Пример расчета и оценки показателей качества работы ПТО

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Структура парка вагонов на участке (задается заданием на курсовую работу)

Тип вагона	Процентное содержание вагонов в составе, %
Крытые	23,5
Платформы	13
Полувагоны	30,7
Цистерны	24,5
Прочие	8,3

Ожидаемое количество отказов на участке при отсутствии технического обслуживания на ПТО рассчитаем по формуле (5.5). Для этого сначала определим параметр потока отказов при условии, что вагоны не проходили техническое обслуживание на ПТО.

Значения $\omega_0^{\text{ПТО}}$ приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Параметр потока отказов при условии, что вагоны не проходили техническое обслуживание на ПТО

Тип вагона	$\omega_0^{\text{ПТО}} \cdot 10^{-6}$, 1/ваг·км
Крытые	11,43
Платформы	12,33
Полувагоны	8,43
Цистерны	9,33
Прочие	9,04

Все значения ω_0 умножаются на поправочный коэффициент $\gamma = 0,73$ и принимаются к дальнейшим расчетам (задается заданием на курсовую работу).

Среднее расчетное значение параметра потока отказов для вагона:

$$\omega_0 = 0,73 \cdot \left(\begin{array}{l} 11,43 \cdot 0,235 + 12,33 \cdot 0,13 + \\ + 8,43 \cdot 0,307 + 9,33 \cdot 0,245 + \\ + 9,04 \cdot 0,083 \end{array} \right) \cdot 10^{-6} = 7,237 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ваг} \cdot \text{км}$$

Тогда ожидаемое количество отказов

$$n_0 = 30 \cdot 7,237 \cdot 10^{-6} \cdot 9,83 \cdot 51,52 \cdot 98 = 10,77.$$

Принимаем $n_0 = 11$ отказов.

Ожидаемое количество отказов на гарантийном участке рассчитаем по формуле (5.8):

$$n_{\text{ож}} = 11 \cdot (1 - 0,6) = 4,4.$$

Так как $n_{\text{ф}} = 2 < n_{\text{ож}} = 4,4$, то работа на ПТО считается удовлетворительной.

По формуле (5.9) определим выигрыш в надежности при обслуживании на ПТО:

$$\eta = \frac{1}{1 - 0,6} = 2,5 \text{ раза.}$$

Получаем, что в пути следования отказы сократятся в 2,5 раза, если отправляемые в рейс поезда подвергать техническому обслуживанию на ПТО с вероятностью восстановления работоспособности вагонов $V(t) = 0,6$.

4 Расчет контингента работников ПТО

Потребность в рабочей силе ПТО можно определить исходя из усредненной трудоемкости технического обслуживания одного вагона:

$$R_{\text{яв}} = \frac{NmH}{F_{\text{яв}}}, \quad (5.10)$$

где N – количество поездов, проследовавших по данному участку за определенный интервал времени;

m – среднее количество вагонов в поезде;

H – усредненная трудоемкость технического обслуживания одного вагона, чел·мин;

$F_{\text{яв}}$ – фонд времени одного явочного рабочего, ч.

Определение трудоемкости ремонта и технического обслуживания вагонов должно производиться с учетом динамики всех происходящих изменений.

В этой связи необходимо перейти к вероятностной модели расчета контингента работников ПТО:

$$R_{\text{яв}} = \frac{NmH_{\text{расч}}^{\text{ваг}} \alpha_{\text{н}}}{F_{\text{яв}}}, \quad (5.11)$$

где $H_{\text{расч}}^{\text{ваг}}$ – расчетное значение трудоемкости технического обслуживания одного вагона, чел·мин;

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность прибытия поездов и непроизводительные переходы ремонтных бригад, $\alpha_{\text{н}} = 1,1$.

Расчетное значение трудоемкости технического обслуживания одного вагона определяется по формуле

$$H_{\text{расч}}^{\text{ваг}} = \frac{H_i^{\text{расч}} P_i}{100}, \quad (5.12)$$

где $H_i^{\text{расч}}$ – расчетная трудоемкость восстановления работоспособности i -го вагона;

P_i – количество вагонов i -го типа, находящихся в поезде, %.

Для нормального закона распределения случайной величины

$$H_{\text{расч}}^i = \bar{H}_i + t_{\beta} \delta_{H_i}, \quad (5.13)$$

где \bar{H}_i – математическое ожидание случайной величины (среднеарифметическое H_i), средняя трудоемкость восстановления работоспособности i -го вагона.

t_{β} – нормированное отклонение при заданном уровне доверительной вероятности 0,99; ($t_{\beta} = 1,74$);

δ_{H_i} – среднее квадратическое отклонение величины H_i вагона, чел·мин.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Исходные данные

Тип вагона	Процентное содержание вагонов, %	Трудоемкость ТО вагонов, чел·мин	Среднеквадратические отклонения, чел·мин
Крытые	23,5	7,9	6,9
Платформы	13	8,2	7,0
Полувагоны	30,7	6,6	5,3
Цистерны	24,5	7,6	5,3
Прочие	8,3	7,4	4,9

По формуле (5.13) расчетная трудоемкость для крытого вагона при $\beta = 99\%$ составит:

$$H_{\text{расч}}^{\text{кр}} = 7,9 + 1,74 \cdot 6,9 = 19,906 \text{ чел·мин.}$$

Результаты определения расчетной трудоемкости для всех типов вагонов приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Результаты расчета трудоемкости

Тип вагона	H_i , чел·мин	Уровень значимости β , %	Нормированное отклонение t_{β}	$H_{\text{расч}}$, чел·мин
Крытый	7,9	99	1,74	19,906
Платформа	8,2			20,38
Полувагон	6,6			15,82
Цистерна	7,6			16,82
Прочие	7,4			15,93

По формуле (5.12) находим $H_{\text{расч}}^{\text{ваг}}$ при $\beta = 99\%$:

$$H_{\text{расч}}^{\text{ваг}} = \frac{19,906 \cdot 23,5 + 20,38 \cdot 13 + 15,82 \cdot 30,7 + 16,82 \cdot 24,5 + 15,93 \cdot 8,3}{100} = 17,63 \text{ чел·мин.}$$

Контингент работников ПТО при расчете вероятностным методом определяется по формуле (5.11):

$$R_{\text{яв}} = \frac{9,83 \cdot 51,52 \cdot 17,63 \cdot 365 \cdot 1,1}{2058 \cdot 60} = 29,03 \text{ чел.}$$

Принимаем $R_{\text{яв}} = 30$ чел.

При классическом подходе контингент работников ПТО определяем по формуле (5.10):

$$R_{\text{яв}} = \frac{9,83 \cdot 51,52 \cdot 365 \cdot 1,1}{2058 \cdot 60} = 11,29 \text{ чел.}$$

Принимаем $R_{\text{яв}} = 12$ чел.

На основании расчетов можно сделать вывод, что грубое усреднение трудоемкости технического обслуживания одного вагона при классическом подходе расчета контингента работников ПТО дает большую погрешность при вычислениях, поэтому необходим переход к вероятностной модели расчета, т. е. принимаем $R_{\text{яв}} = 30$ чел.

5 Разработка планировки вагонсборочного цеха вагоноремонтного предприятия

Вагонсборочный цех является основным и служит для выполнения разборочных, ремонтных и сборочных работ.

Режим работы цеха характеризуется следующими показателями:

– количество смен работы цеха в течение суток: одна, две или три (круглосуточный режим работы);

– прерывная или непрерывная работа цеха (на вагоноремонтных заводах обычно принята прерывная работа, за исключением тех цехов, в которых переход оборудования в рабочее состояние занимает много времени, например, литейное производство);

– количество рабочих дней в неделю (пять дней для прерывного режима работы с двумя выходными днями в неделю, семь – для непрерывного производства);

– продолжительность рабочей смены, ч (в соответствии с трудовым кодексом Республики Беларусь в качестве основного, на работах с нормальными условиями труда, установлен 8-часовой рабочий день).

Годовой фонд времени работы цеха (режимный фонд времени), ч, определяется по формуле

$$F_{\text{год}} = \left[(D_k - d_{\text{нр}}) t_{\text{см}} - d_{\text{ск}} t_{\text{ск}} \right] m_{\text{см}}, \quad (5.14)$$

где D_k – количество календарных дней в году;

$d_{\text{нр}}$ – количество нерабочих (праздничных и выходных) дней в году;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены, ч;

$d_{\text{ск}}$ – количество предпраздничных дней в году с сокращенной продолжительностью рабочей смены (количество рабочих дней, непосредственно предшествующих праздничным дням);

$t_{ск}$ – величина сокращения продолжительности рабочей смены в пред-
праздничные дни, $t_{ск} = 1$ ч;

$m_{см}$ – количество смен работы цеха в сутки.

Значения D_k , $d_{пр}$, $d_{ск}$ определяют по календарю.

Годовой фонд рабочего времени одного явочного рабочего

$$F_{яв} = \frac{F_{год}}{m_{см}}. \quad (5.15)$$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования (плановый фонд времени)

$$F_{об} = F_{год} \left(1 - \frac{K_{об}}{100} \right), \quad (5.16)$$

где $K_{об}$ – потери рабочего времени на ремонт оборудования, $K_{об} = 4 \dots 6$ %.

6 Обоснование метода организации ремонта вагонов, расчет параметров производственного процесса

Особенностями вагоноремонтного производства являются:

- крупные габаритные размеры ремонтируемых вагонов;
- наличие специальных транспортных средств для подачи вагонов в ремонт, перемещения внутри цеха как самих вагонов, так и отдельных их сборочных единиц, использование специальных энергонасыщенных подъемных устройств, ремонтных машин и механизмов;

- наличие двух фронтов работ: часть работ выполняют непосредственно на вагонах, а часть – в специализированных производственных участках и отделениях.

В зависимости от положения предметов труда относительно рабочих мест в процессе производства различают: поточно-предметную (поточную) форму организации производства, при которой вагон перемещается с позиции на позицию с помощью технологического транспорта через определенные промежутки времени, и стационарно-предметную (стационарную) форму, при которой вагон от начала до окончания ремонта находится на одной позиции.

В настоящее время для ремонта вагонов на заводах используют поточную форму организации производства как наиболее прогрессивную.

Рассчитаем параметры производственного процесса при использовании поточного метода организации работ.

Основными параметрами поточной линии являются:

- такт поточной линии (интервал времени между соседними моментами перемещения вагонов по позициям поточной линии);

- количество позиций поточной линии (определяется расчетом);

- количество вагонов в транспортной партии (количество вагонов, которые располагаются на каждой позиции поточной линии и одновременно перемещаются с одной позиции на другую (указано в задании на выполнение курсовой работы));

– длительность цикла поточной линии (общее время, необходимое для ремонта каждого вагона на всех позициях поточной линии);

– фронт работы поточной линии (количество вагонов, одновременно ремонтируемых на всех позициях поточной линии).

Кроме этого, параметрами производственного процесса в проектируемом цехе являются:

– фронт работы цеха (количество вагонов, одновременно ремонтируемых в цехе);

– съём отремонтированных вагонов с одной ремонтной позиции (среднегодовое количество отремонтированных в цехе вагонов, приходящихся на одну ремонтную позицию).

Такт поточной линии

$$\tau = \frac{F_{\text{год}} \eta n_{\text{пл}} K_{\text{в}} \cdot 60}{N_{\text{ц}}}, \quad (5.17)$$

где η – коэффициент использования рабочего времени поточной линии, $\eta = 0,85 \dots 0,95$;

$n_{\text{пл}}$ – количество поточных линий в цехе по заданию;

$K_{\text{в}}$ – величина транспортной партии (количество вагонов, расположенных на одной позиции) по заданию;

60 – коэффициент перевода часов в минуты;

$N_{\text{ц}}$ – годовая программа цеха по заданию.

Такт поточно-конвейерной линии должен целое число раз укладываться в продолжительность рабочей смены. Если продолжительность смены была принята 8 ч или 480 мин, то величина такта может составлять 480, 240, 160, 120, 96 и 80 мин.

Тогда откорректированная величина программы цеха

$$N = \frac{F_{\text{год}} \eta n_{\text{пл}} K_{\text{в}} \cdot 60}{\tau}. \quad (5.18)$$

Определяем число позиций поточной линии:

$$\theta_{\text{пл}} \leq \frac{T_{\text{пр}} \cdot 60}{\tau}, \quad (5.19)$$

где $T_{\text{пр}}$ – норма простоя вагона в ремонте на позициях проектируемого цеха, ч (для четырехосного полувагона – 11 ч, для крытых вагонов – 16 ч).

При сокращении числа позиций по сравнению с расчетной величиной необходимо помнить, что их чрезмерное уменьшение приведет к неоправданному увеличению количества рабочих на каждой позиции (к увеличению плотности работ).

Определяем продолжительность цикла поточной линии:

$$T_{\text{ц}} = \tau \theta. \quad (5.20)$$

Полученная длительность цикла должна быть меньше или равна норме простоя вагона в ремонте, $T_{\text{пр}}$. В противном случае необходимо откорректировать принятое число позиций поточной линии в сторону уменьшения.

Продолжительность технологического такта (времени, в течение которого на каждой позиции ведутся непосредственно ремонтные работы)

$$\tau_{\text{тех}} = \tau - t_{\text{тр}}. \quad (5.21)$$

где $t_{\text{тр}}$ – продолжительность транспортировки вагонов между соседними позициями поточной линии (при $K_{\text{в}} = 1$ $t_{\text{тр}} = 3$ мин; при $K_{\text{в}} = 2$ $t_{\text{тр}} = 6$ мин; при $K_{\text{в}} = 3$ $t_{\text{тр}} = 9$ мин)

Фронт работы поточной линии

$$\Phi_{\text{пл}} = \theta K_{\text{в}}. \quad (5.22)$$

Фронт работы цеха

$$\Phi_{\text{ц}} = \Phi_{\text{пл}} n_{\text{пл}}. \quad (5.23)$$

Величина съёма отремонтированных вагонов с одной ремонтной позиции

$$M_{\text{ц}} = \frac{N}{\Phi_{\text{ц}}}. \quad (5.24)$$

7 Расчет основных геометрических размеров цеха

Длина проектируемого цеха

$$L_{\text{ц}} = l_1 + \Phi_{\text{пл}} l_{\text{в}} + (K_{\text{в}} - 1) \theta_{\text{пл}} l'_{\text{п}} + (\theta_{\text{пл}} - 1) l''_{\text{п}} + l_{\text{тр}} + l_{\text{т}} + l_2, \quad (5.25)$$

где l_1, l_2 – расстояние от торцовых стен до начала ремонтной позиции, $l_1 = l_2 = 5$ м;

$l_{\text{в}}$ – расчетная длина вагона по осям сцепления (полувагон четырехосный – 14 м, крытый вагон – 17 м);

l' – длина интервала между двумя соседними вагонами, расположенными на одной позиции, $l'_{\text{п}} = 2$ м;

$l''_{\text{п}}$ – длина интервала между соседними позициями, $l''_{\text{п}} = 3$ м;

$l_{\text{тр}}$ – ширина поперечного транспортного проезда внутри цеха (принимают 6 м посередине цеха длиной более 180 м);

$l_{\text{т}}$ – дополнительное расстояние между позициями для выкатки тележек в вагоносборочном цехе (принимается из расчета количества одновременно выкатываемых тележек из-под всех вагонов, расположенных на одной ремонтной позиции, и длины одной тележки: 3 м – на одну двухосную грузовую тележку).

Длину цеха округляем в большую сторону до величины, кратной строительному шагу 6 или 12 м.

Ширина цеха

$$B_{\text{ц}} = 2b_1 + (n_{\text{пл}} - 1)b_2, \quad (5.26)$$

где b_1 – расстояние от осей крайних путей до продольных стен здания, $b_1 = 5$ м;

b_2 – расстояние между осями смежных путей цеха, $b_2 = 7$ м.

Ширина цеха должна соответствовать ширине стандартных ферм перекрытия: 12, 18, 24 и 36 м. Если полученная ширина больше указанных значений, то в цехе предусматривают несколько пролетов по его ширине.

Площадь цеха

$$S_{\text{ц}} = L_{\text{ц}}B_{\text{ц}}. \quad (5.27)$$

Рабочий и полный объём цеха

$$V_{\text{р.ц}} = S_{\text{ц}}h_{\text{ц}}; \quad (5.28)$$

$$V_{\text{п.ц}} = S_{\text{ц}}H_{\text{ц}}. \quad (5.29)$$

Съем отремонтированных вагонов с 1 м² площади цеха

$$M_s = \frac{N}{S_{\text{ц}}}. \quad (5.30)$$

8 Расчет промышленно-производственного персонала цеха

В состав промышленно-производственного персонала (ППП) проектируемого цеха вагоноремонтного завода входят следующие категории работников:

– основные производственные рабочие, непосредственно участвующие в выполнении технологических операций, результатом которых является выпуск вагонов из ремонта;

– вспомогательные рабочие, обеспечивающие нормальные условия труда для основных производственных рабочих;

– руководители и специалисты;

– служащие;

– ученики.

Явочная численность основных производственных рабочих

$$R_{\text{яв.}i} = \frac{\Phi_{\text{ц}} H_i \cdot 60}{[T_{\text{ц}} - t_{\text{тр}}(\theta - 1)K_{\text{н}}]} m_{\text{см}}, \quad (5.31)$$

где H_i – трудоёмкость ремонта вагона рабочими i -й специальности, чел·ч; приведены в таблице 5.7;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент выполнения норм, $K_{\text{н}} = 1,05 \dots 1,2$ (за перевыполнение установленных норм выработки рабочие получают премиальные выплаты в размере, соответствующем величине $K_{\text{н}}$).

Таблица 5.7 – Трудоёмкость работ в вагоносборочном цехе

В человеко-часах

Наименование работ	Тип вагона	
	полувагон 4-осный	крытый
Слесарные	15,22	12,50
Электросварочные	13,72	10,03
Столярные	–	20,30
Малярные (внутренние)	–	–
Прочие	4,35	6,17
Всего	33,29	49,00

Списочная численность основных производственных рабочих

$$R_{\text{сп}} = R_{\text{яв}} K_3, \quad (5.32)$$

где K_3 – коэффициент замещения, учитывающий численность рабочих, находящихся в отпусках и не явившихся на работу по болезни, $K_3 = 1,1 \dots 1,15$ (в зависимости от специфики производства).

Списочную численность вспомогательных рабочих, руководителей, специалистов, служащих и учеников принимаем в процентах от списочного количества основных производственных рабочих (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Промышленно-производственный персонал цеха

Категория и специальность работников	Трудоёмкость работ, чел·ч	Процент от числа основных производственных рабочих	Численность работников	
			явочная	списочная
Основные производственные рабочие:				
слесари	24,74	–	141	155
газорезчики	25,04	–	143	157
электросварщики	24,55	–	140	154
столяры	–	–	–	–
прочие	7,60	–	43	47
<i>Итого</i>	81,93	–	467	513
Вспомогательные рабочие	–	18	–	92
Руководители и специалисты	–	6	–	31
Служащие	–	2	–	10
Ученики	–	2	–	10
Всего				656

Производительность основных производственных рабочих

$$M_p = \frac{N}{R_{\text{сп}}^{\text{осн}}}, \quad (5.33)$$

где $R_{\text{сп}}^{\text{осн}}$ – списочная численность основных производственных рабочих.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации ЦВ-ЦЛ/408 : утв. М-вом путей сообщения РФ 10.12.1996. – М. : ТРАНСИНФО, 2005.

2 РД 32.174-2001. Неразрушающий контроль деталей вагонов. Общие положения. – Взамен технологической инструкции № 637-96ПКБ.ЦВ. – М. : ВНИИЖТ, 2001. – 56 с.

3 Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колёсных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524 мм). – М. : ВНИИЖТ, 2012. – 276 с.

4 **Разон, В. Ф.** Основы проектирования цехов по ремонту вагонов на заводах : учеб.-метод. пособие / В. Ф. Разон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 46 с.

Учебное издание

ЧЕРНИН Ростислав Игоревич
КОНОВАЛОВ Евгений Николаевич
ПАСТУХОВ Михаил Иванович

ВАГОННОЕ ХОЗЯЙСТВО

Пособие

Редактор *Я. В. Войтеховская*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 08.04.2022 г. Формат бумаги 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 3,60. Уч.-изд. л. 3,65. Тираж 100 экз.
Зак. № 828. Изд. № 4.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель