

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИргГУПС)

Факультет «Транспортные системы»  
Кафедра «Физика, механика и приборостроение»

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ  
зав. кафедрой «ФМиП»  
к.т.н., доцент Пахомов С.В.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
АВТОСЦЕПКИ ПРИ ТЕКУЩЕМ ОСМОТРЕ

Магистерская диссертация

МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ

нормоконтролёр  
к.т.н. Татарникова С.Р.

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТЫ  
к.т.н., доцент Лопатин М.В.

ИСПОЛНИТЕЛЬ  
студент гр. ПСм.1-18-1  
Ермоленко И.Ю.

Иркутск 2020

# ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Факультет «Транспортные системы» Кафедра «Физика, механика и приборостроение»  
Направление подготовки/специальность 12.04.01 Приборостроение / Приборы и методы  
контроля качества и диагностики

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Зав. кафедрой «ФМиП»  
Пахомов С.В.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## **ЗАДАНИЕ** на выпускную квалификационную работу (ВКР) студента

Ермоленко Игоря Юрьевича

дипломный проект, дипломная работа, магистерская диссертация  
(нужное подчеркнуть)

1. Тема ВКР Разработка способа контроля технического состояния автосцепки при текущем  
осмотре

Утверждена приказом по университету от «10» февраля 2020 г. № 403-с

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к ВКР Материалы и результаты расследования сходов подвижного состава  
на Восточно-Сибирской железной дороге и научно-исследовательской работы магистранта

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

1. Проблемы безопасности движения на Восточно-Сибирской железной дороге

2. Исследование технического состояния пути и вагона на безопасность движения

3. Разработка способа контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Консультации по ВКР с указанием относящихся к ним разделов:

Наименование раздела	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял

7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_  
(подпись)

Лопатин М.В.

Задание принял к исполнению:

Студент \_\_\_\_\_  
(подпись)

Ермоленко И.Ю.



## Содержание

	Введение	3
1	Проблемы безопасности движения на Восточно-Сибирской железной дороге	6
2	Исследование влияния технического состояния пути и вагона на безопасность движения	12
2.1	Анализ технического состояния грузовых вагонов	12
2.2	Анализ отцепок вагонов по неисправностям буксового узла	18
2.3	Взаимосвязь работы автосцепки на отказы буксового узла	22
3	Разработка способа контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре	30
3.1	Общие сведения об автосцепном оборудовании	30
3.2	Основы визуального и измерительного метода контроля	35
3.3	Последовательность контроля технического состояния узлов и деталей вагона в эксплуатации	39
3.4	Новый браковочный признак и способ его контроля	41
	Заключение	44
	Список использованных источников	45
	Приложение А Патент на изобретение	49

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка способа контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Ермоленко И.Ю.					2	50
Провер.		Лопатин М.В.				ИрГУПС гр. ПСм.1-18-1		
Н. Контр.		Татарникова С.Р.						
Утверд.		Пахомов С.В.						

## Введение

*Актуальность темы исследования.* Железнодорожный транспорт на сегодняшний день является одной из наиболее важных отраслей, осуществляющей перевозочный процесс, при функционировании которой огромное внимание уделяется безопасному проследованию поездов и скорейшей доставке грузов до пункта назначения. Первостепенно это связано с обеспечением надежной и безотказной работы подвижного состава, что напрямую влияет на подход к выявлению неисправностей как в пути следования, так и на промежуточных станциях.

На Восточно-Сибирской железной дороге находится около 50 станций различного класса и назначений, с широким перечнем выполняемых операций, в зависимости от размещения и оснащенности техническими средствами. Дорога охватывает четыре региона: Тайшетский (от станции Хребтовая (573 км) до станции Уда-2 (5067 км) включительно); Северобайкальский (от станции Карстовая (589 км) до станции Хани (1865 км)); Иркутский (от станции Хингуй (4703 км) до станции Большой Луг (5223 км) включительно и Улан-Удэнский регион (от станции Подкаменная (5249 км) до станции Кижя (5765 км)). Также дорога граничит с Красноярской железной дорогой, пограничная станция Юрты 4489 км; с Забайкальской железной дорогой, пограничная станция Петровский завод 5784 км.

Существующая система технического обслуживания нацелена на безопасное проследование поездов по гарантийным участкам. Обеспечивающими структурами, поддерживающими организацию оборота вагонов в исправном состоянии, являются вагоноремонтные и эксплуатационные депо. Ремонтные депо предоставляют широкий спектр оказываемых услуг: модернизация подвижного состава, плановые виды ремонта, сервисное обслуживание.

В работе особое внимание уделено проблеме технического

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обслуживания и эксплуатации подвижного состава на участках Восточно-Сибирской железной дороги (далее – ВСЖД), расположенных в сложных природно-климатических и географических условиях. Развитая протяженность основных путей дороги составляет 6188 км, в том числе 3848 км федерального значения, протяженность бесстыкового пути – более 3000 км. Длина кривых составляет 45,1%, в том числе 25,4% с радиусами 250-650 м. По данным ВСЖД путь на этих отрезках имеет около 8000 правых - левых поворотов.

*Степень разработанности темы.* Проблема обеспечения безопасности движения поездов, особенно, по горно-перевальным участкам пути на данный момент раскрыта недостаточно. Это утверждение основано на множестве публикаций ведущих ученых и крупных специалистов, много лет работающих в области изучения динамики подвижного состава.

Среди наиболее фундаментальных работ в области улучшения динамических качеств подвижного состава, влияющих на безопасность движения, необходимо отметить труды наших отечественных ученых М.Г. Андриевского, А.Я. Вериги, Е.П. Блохина, И.В. Бирюкова, В.М. Богданова, С.В. Вершинского, В.М. Винокурова, Л.О. Грачевой, И.И. Галиева, В.Н. Данилова, А.С. Евстратова, О.П. Ершкова, В.В. Иванова, И.П. Исаева, В.Г. Иноземцева, А.А. Ковалева, А.А. Камаева, В.А. Камаева, А.Я. Коган, С.М. Куценко, В.А. Лазаряна, А.А. Львова, В.С. Лысюк, В.Б. Медея, Г.И Петрова, А.В. Смольянинова, И.И. Николаева, А.П. Хоменко, Н.А. Панькина, М.П. Пахомова, Н.П. Петрова, Ю.П. Бороненко, А.А. Петрова, Ю.С. Ромена, А.Н. Савоськина, М.М. Соколова, Т.А. Тибилова, С.П. Тимошенко, В.Ф. Ушкалова, В.Н. Филиппова, М.А. Фришмана, В.Д. Хусидова, П.П. Челнокова, А.А. Шадур, Г.М. Шахунянца, А.К. Шафрановский, А.А. Шацилло, В.Ф. Яковлева и ряда зарубежных: Ф. Картера, Рокарда, Е. Шперлинга, Л. Хеймана и других.

*Целью работы* является разработка технических решений и предложений, направленных на повышение безопасности движения

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

подвижного состава.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- анализ состояния безопасности движения поездов и объективных факторов, влияющих на нее;
- выявление факторов, влияющих на надежность подвижного состава, и установление причинно-следственных связей отказов на основе информации с постов безопасности;
- определение влияния работы автосцепки на отказы узлов и деталей вагонов;
- разработка способа контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре.

*Объектом исследования* является безопасность движения поездов.

*Предметом исследования* являются сходы подвижного состава.

*Реализация результатов работы.* Теоретическое исследование влияния работы автосцепки на отказ буксового узла позволило обосновать причины сходов подвижного состава, определить новый браковочный признак автосцепки и разработать способ контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре.

*Структура и объем работы.* Магистерская диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, приложения и изложена на 50 страницах машинописного текста, содержит 29 рисунков и 4 таблицы. Список использованных источников из 30 наименований.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 1 Проблемы безопасности движения на Восточно-Сибирской железной дороге

На железных дорогах России происходит увеличение числа сходов подвижного состава, в особенности в порожнем состоянии. Для решения задачи предупреждения сходов вагонов необходимо обоснование и изменение отдельных норм содержания вагонов, регламентирование скоростного режима на участках движения, где происходили сходы [20]. При решении данной задачи необходимо исследовать различное техническое состояние вагонов и пути. Для этих целей возможно и целесообразно, использование методов математического и компьютерного моделирования, а также реальные расследования причин сходов вагонов.

Железнодорожный путь не является строго прямолинейным в плане и имеет различные неровности, уклоны и подъемы. Указанные неровности могут быть системными (стык, стрелочный перевод) или случайными (боковой износ, дефект на поверхности рельса), которые образуются вследствие деформаций. На путь и ходовые части вагона возлагается обеспечение надежного направления движения колесных пар в прямых и кривых участках пути. Указанная задача решается за счет соответствующего выбора формы профилей поверхностей катания колесных пар и рельсов.

Обеспечение безопасности движения и оценку динамических качеств вагона часто связывают с показателем запаса устойчивости колесной пары. Коэффициент запаса устойчивости против вкатывания его на головку рельса является интегральным показателем безопасности движения, так как определяется с учетом вертикальных и рамных сил, сил трения в контакте гребня колеса с рельсом и геометрических параметров колесной пары. В работе выявлено, что одной из причин схода колес вагона с рельса в кривых является возникновение значительных боковых сил между колесом и рельсом от действия момента сопротивления повороту тележки под кузовом.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сход является первым и наиболее серьезным по последствиям показателем неправильного взаимодействия вагона и пути.

Во избежание сходов с рельсов и обеспечения запаса устойчивости устанавливаются границы, выраженные с помощью определенных показателей:

- условие подъема колеса над головкой рельса (угол набегания);
- опрокидывания рельса;
- расширения колеи.

Изначально наиболее распространенным было условие, выраженное через отношение действующей на колесо боковой силы к вертикальной.

Для установления критического значения отношения, с помощью которого определяется жесткое ограничение на отрыв колеса от головки рельса, используется формула Надаля, которая задается в следующем виде (1.1)

$$\frac{P_6}{P_B} \leq [K_{вк}], \quad (1.1)$$

где  $P_6$  – сила давления рамы на направляющую колесную пару (рамная сила);

$P_B$  – вертикальная сила, действующая на шейку у набегающего колеса;

$[K_{вк}]$  – допустимая величина коэффициента устойчивости по вкатыванию.

Коэффициент устойчивости колесной пары против схода с рельса в настоящее время определяется по [6], формула (1.2)

$$K_{уст} = \frac{tg(\beta) - \mu}{1 + \mu \times tg(\beta)} \times \frac{P_B}{P_6} \geq [K_{уст}], \quad (1.2)$$

где  $\beta$  – угол наклона образующей поверхности гребня колеса с горизонталью. Для новых колес с профилем по ГОСТ 10791-2011,  $\beta = 60^\circ$ ;

$\mu$  – коэффициент трения поверхностей между колесом и рельсом (принимается  $\mu = 0,25 \div 0,3$ );

$P_6$  – вертикальная составляющая нагрузки от набегающего колеса;

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$P_6$  – горизонтальная составляющая нагрузки от взаимодействия гребня набегающего колеса и головки рельса;

$[K_{уст}]$  – допускаемое значение коэффициента запаса устойчивости (для грузовых вагонов  $[K_{уст}]=1,3$  в соответствии с ГОСТ [9]).

Особенно важной является проблема устойчивости подвижного состава против схода с рельсов в нештатной ситуации, т.е. случаи, когда сходы с рельсов при неисправностях пути и подвижного состава не согласуются с накопленным опытом или не подтверждаются инженерными расчетами.

Авторы работы [19] предполагают, что существует диапазон значений рамных сил, при котором значение из этого диапазона зависит от угла набегания колеса на рельс. Если величина превышает верхнюю границу диапазона, то возможен сход при любом угле набегания, если на нижней границе – схода не будет. Для колесной пары под грузе́ным вагоном нижняя граница составляет 150-175 кН; верхняя – 400-425 кН, что соответствует величинам коэффициента запаса устойчивости по условию вкатывания гребня колеса на рельс 0,9 и 0,6 соответственно.

В.Д. Данович в своей работе предлагает ввести параметр подъема одного колеса над другим за счет возвышения наружного рельса при движении по криволинейным участкам пути, а в работе [27] предлагается ввести критерий величины подъема колеса за один его оборот.

Сход может рассматриваться, как потеря контакта одного из колес, предположили авторы работы [26]. Для разных условий движения рассчитаны граничные значения, что позволяет оценить безопасность движения по данному условию.

В работах [19] одним из наиболее значимых критериев опасности схода рассматривалось влияние продольных сил, которые возникают в результате нарушений режима вождения поезда. При расположении вагонов под углом друг к другу, в соответствии с рисунком 1.1, в плане возникают поперечные горизонтальные составляющие продольных сил; а при разности высот их

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

автосцепок – вертикальные составляющие, создающие дополнительную загрузку или разгрузку соответствующего колеса экипажа.

При движении по пути ломаного профиля, особенно во время торможения поезда с головного локомотива, в составе возникают значительные сжимающие усилия, достигающие 1-2,5 МН. Как показывают практика и расчеты, условия для обеспечения устойчивости вагонов в сжатом поезде значительно менее благоприятные. Это оказывает влияние на соотношения боковых и вертикальных сил взаимодействия, обуславливающих условия вкатывания колеса на рельс.

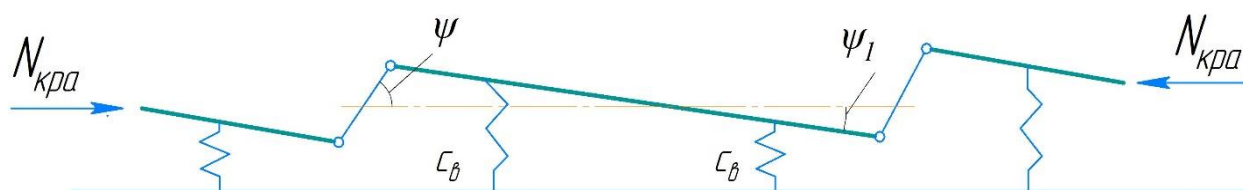


Рисунок 1.1 – Форма потери устойчивости вагона от выжимания продольными силами

На рисунке 1.2 представлено распределение сходов подвижного состава на сети ВСЖД в период за 2000-2019 гг.

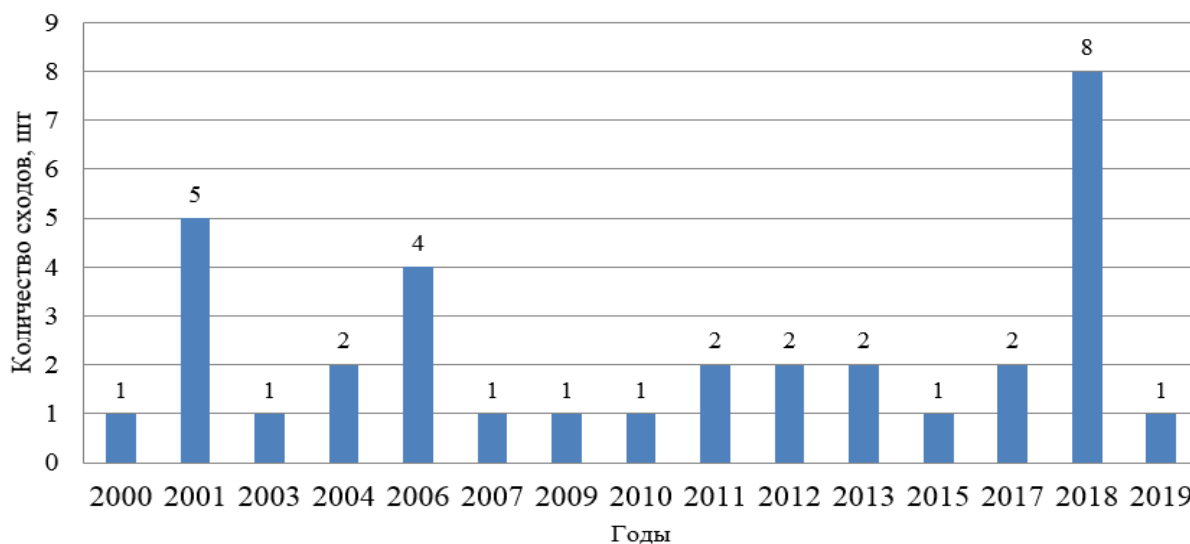


Рисунок 1.2 – Динамика сходов подвижного состава на сети ВСЖД в период за 2000-2019 гг.

Анализируя данные по сходам подвижного состава на сети ВСЖД в период за 2000-2019 годы можно заметить, что 7 случаев из 31 (22,5 %) происходили на одном и том же участке.

Диаграмма, приведенная на рисунке 1.3, показывает распределение сходов по причинам возникновения.

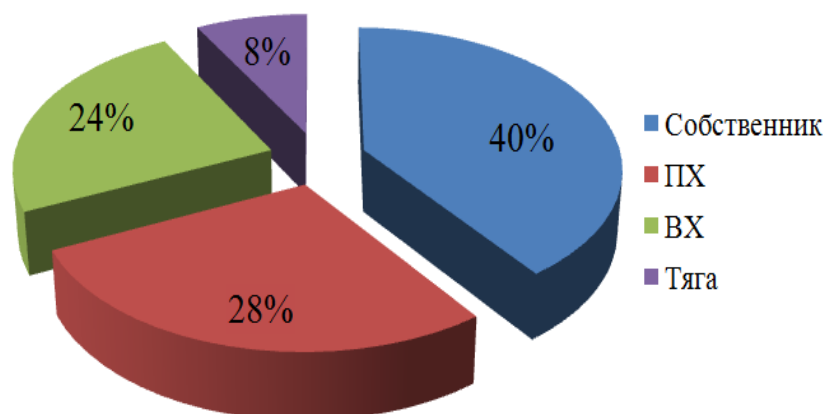


Рисунок 1.3 – Распределение числа сходов по причинам возникновения

Исследование причин схода показывает следующую статистику:

- 28% сходов происходит из-за неудовлетворительного текущего содержания железнодорожных путей, не обеспечивающего своевременное выявление и замену дефектных рельсов и шпал;
- 24% из-за нарушения технологии осмотра вагонов на станции;
- 40% сходов вагонов произошли по причине неудовлетворительного обслуживания и ремонта подвижного состава, что привело к излому колёс и боковых рам тележки вагонов;
- 8% из-за резкого торможения, несоблюдения скоростного режима, на негабаритных кривых и другие причины.

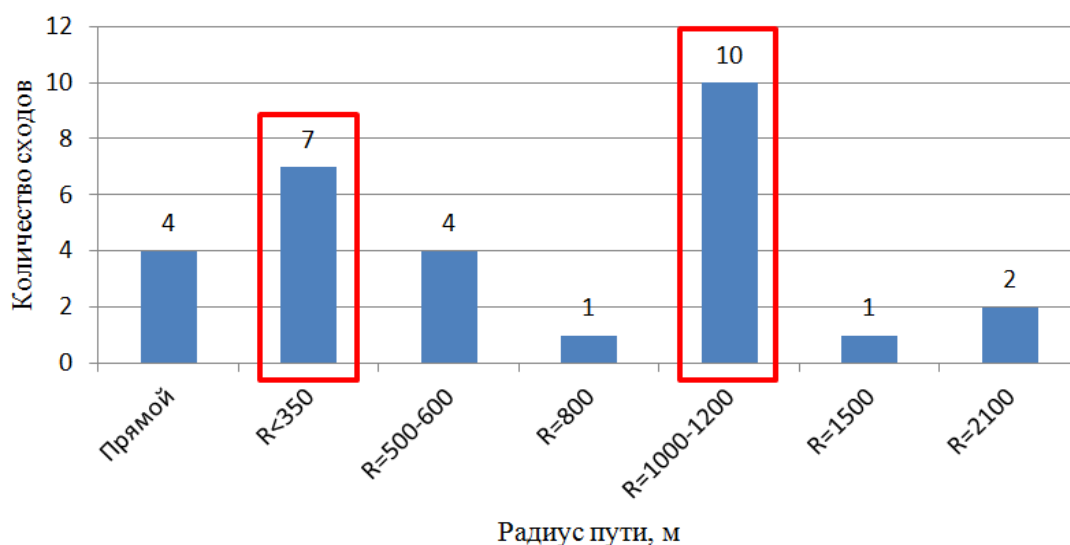


Рисунок 1.4 – Анализ сходов по радиусу кривизны участка



## 2 Исследование влияния технического состояния пути и вагона на безопасность движения

### 2.1 Анализ технического состояния грузовых вагонов

Вопрос безопасности движения вагонов является одним из ведущих в системе грузооборота по сети железных дорог. Требования к этому аспекту все время повышаются. Чтобы достичь устойчивого, безопасного и эффективного функционирования железнодорожного транспорта, необходимо своевременное выявление создающих угрозу неисправностей ответственных узлов и деталей вагонов.

Для обнаружения неисправностей вагонов разработано и внедрено большое количество технических и организационных мероприятий. Так статистическая подтверждаемость дефектов ходовых частей вагонов, выявляемых различными эксплуатируемыми в настоящее время системами диагностики, составляет около 70% [2]. Это неплохой, но все-таки недостаточный показатель для однозначной идентификации и принятия решения об отцепке неисправного вагона для проведения ремонта.

Несмотря на совершенствование автоматизированных систем выявления, учета и анализа отказов, незаменимым на данном этапе остается обнаружение неисправностей вагона на ходу поезда визуальным методом контроля, так как до 80% всех отказов выявляется при встрече «сходу».

На полигоне Восточно-Сибирской железной дороги расположено 6 постов безопасности [29]. Для аналитической оценки работы постов безопасности на ВЧДэ-8 был рассмотрен участок Иркутск-Сортировочный – Слюдянка, который представлен на рисунке 2.1. Выбор обусловлен малым расстоянием участка, и как следствие, меньшей ошибкой при анализе. Также участок является одним из сложнейших на ВСЖД. Протяженность горно-перевального участка составляет 134 км развернутой длины. Уже через 30 км от начала движения поезда поднимаются по перевалу на высоту 400 м над уровнем озера Байкал – станция Андриановская. Участок имеет уклоны до 20

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



%, в том числе от 15 до 20 % составляет 60,13 м, протяженность кривых радиусом менее 299 м – 33,06 км, кривых радиусом 300–350 м – 86,10 км.



Рисунок 2.1 – Расположение постов безопасности на сети ВЧДэ-8

По каждому узлу, представленных на рисунках 2.2-2.6, можно увидеть прослеживающуюся динамику замечаний по отказам основных узлов вагона. Любая собранная аналитическая информация предоставляет широкий спектр скрытых возможностей, важно лишь правильно интерпретировать те или иные полученные зависимости в ходе анализа. Получение этих данных дает возможность по-новому решать проблемы безопасности и безотказности подвижного состава, что является основой для прогнозирования, т.е. позволяет оценить будущее состояние на основе глубокого анализа тенденций и взаимосвязей. Все это связано с анализом временных рядов, который позволяет охарактеризовать закономерность изменения явлений во времени.

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ					





Рисунок 2.2 – Выявление замечаний по буксовому узлу

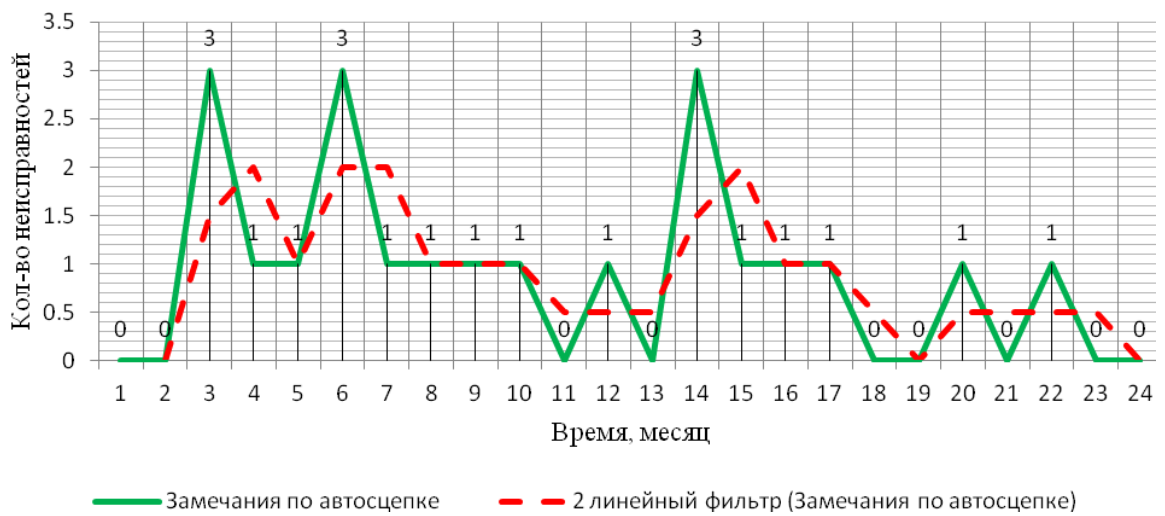


Рисунок 2.3 – Выявление замечаний по автосцепке

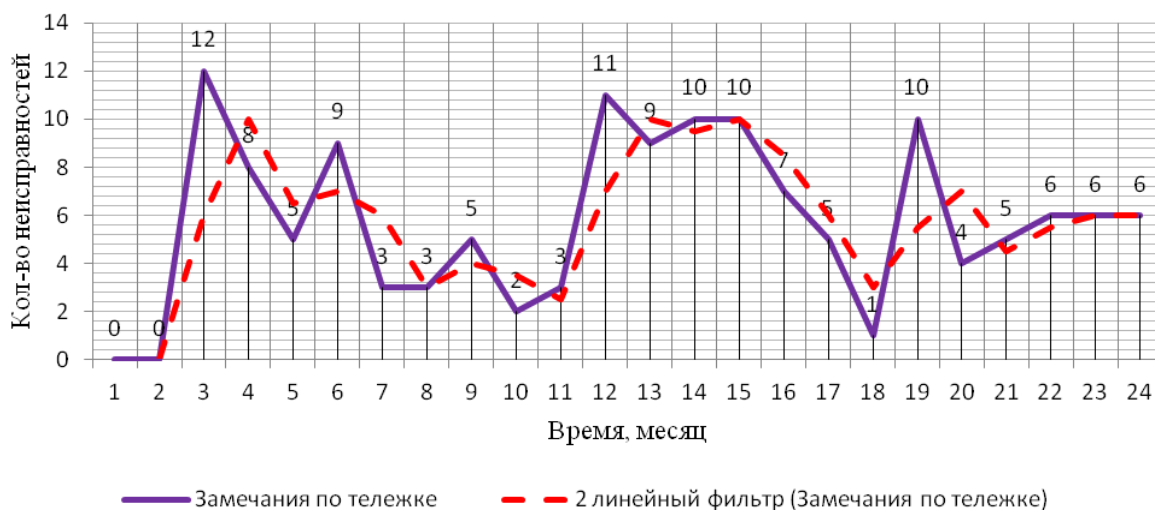


Рисунок 2.4 – Выявление замечаний по тележке



Рисунок 2.5 – Выявление замечаний по кузову



Рисунок 2.6 – Выявление замечаний по колесной паре

По каждому узлу можем теперь увидеть прослеживающуюся динамику, имеющую циклический характер. Любая собранная аналитическая информация предоставляет широкий спектр скрытых возможностей, важно лишь правильно интерпретировать те или иные полученные зависимости в ходе анализа. Получение этих данных дает возможность по-новому решать проблемы безопасности и безотказности подвижного состава, дает основу для прогнозирования, т.е. позволяет оценить будущее состояние на основе глубокого анализа тенденций и взаимосвязей. Все это связано с анализом временных рядов, который позволяет охарактеризовать закономерность изменения явлений во времени.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Ввиду большой интенсивности движения поездов, и частом проведении технического обслуживания (что заметно уменьшает число отказов в пути следования) можем утверждать, что вероятность отцепки вагона подвергается закону Пуассона. В работе «Оценка рисков отцепки вагонов в пути следования» [21], как раз достаточно подробно рассмотрены всевозможные риски этих событий. При рассмотрении маловероятных событий (здесь подразумеваем выявление замечаний с дальнейшим подтверждением и отцепкой от состава), имеющих место в большой серии независимых испытаний (каждый осмотр поезда на посту безопасности) некоторое (конечное) число раз, вероятности появления этих событий подчиняются закону Пуассона или закону редких событий. Это распространяется даже на тот случай если заранее не известно количество вагонов в составе, на рисунке 2.7 показано определение максимально возможного количества отцепленных вагонов при заданной доверительной вероятности.

Поэтому любая неисправность, выявленная осмотрщиком на посту безопасности обусловлена случайным событием. Динамикой этого проявления могут являться как правило три составляющие: существующая тенденция, сезонные колебания и влияние случайности. В теории принято рассматривать эту динамику для подвижного состава как произведение всех трех компонент (мультипликативная модель) по формуле (2.1)

$$y = K_t \times K_s \times K_{sl}, \quad (2.1)$$

где  $K_t$  – фактические уровни тенденции;

$K_s$  – влияние сезонности;

$K_{sl}$  – коэффициент случайности.

Теперь на основании вышеизложенного докажем, что существует некоторое уравнение степени  $n$ , описывающее поведение выявляемых замечаний осмотрщиком на посту безопасности с учетом всех трех компонент.

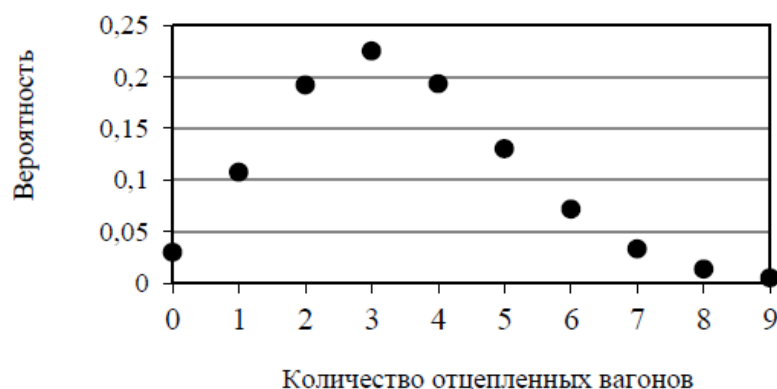


Рисунок 2.7 – Зависимость отцепленных вагонов в пути следования от заданной доли вероятности

Рассмотрим на примере колесных пар, представленном на рисунке 2.8. Здесь представлена исходная временная гистограмма по выявляемым неисправным колесным парам, так как это наиболее ответственный узел.

Далее с помощью программного комплекса MS Excel выполним построение аппроксимирующей кривой, т.е. наиболее приближенной и более полно описывающей поведение числа выявления неисправностей.

Анализ числа замечаний, выявленных осмотрщиком на посту безопасности, на основе временного ряда позволяет определить уравнение тенденции развития процесса. Ярко выражено явление сезонности и цикличности.



Рисунок 2.8 – Динамический временной ряд по числу неисправностей колесных пар и аппроксимирующая кривая

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,7265$ , т.е. уравнение описывает нашу модель на 73%.

Анализ числа отцепок, выявленных по замечаниям осмотрщика на посту безопасности, на основе временных рядов позволяет определить уравнение тенденции развития данного процесса. Ярко выражено явление сезонности (число отцепок больше в переходные периоды).

Таким образом на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- выявление неисправностей осмотрщиком на посту безопасности следует рассматривать как случайную величину, поведение которой подвергается закону Пуассона;
- количество этих неисправностей можно прогнозировать по полученной функции полинома.

## 2.2 Анализ отцепок вагонов по неисправностям буксового узла

При движении по кривым участкам пути в зависимости от радиуса следует всегда снижать скорость движения поезда. При этом будет значительно возрастать рамная сила, которая действует не только на колесо, но и оказывает значительное влияние на буксовый узел. Анализируя данные наблюдений за отказами осевых узлов и по показаниям постов безопасности была выдвинута гипотеза о том, что кривые малого радиуса ( $R \leq 350$  м) являются катализаторами перехода буксового узла из скрытого аварийного состояния в явное аварийное состояние [30].

Для подтверждения гипотезы были рассмотрены случаи отцепов вагонов на участке Иркутск-Сортировочный – Слюдянка, где в течение последних пяти лет наблюдается повышенный уровень отказов в работе буксовых узлов, представленно на рисунке 2.9.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

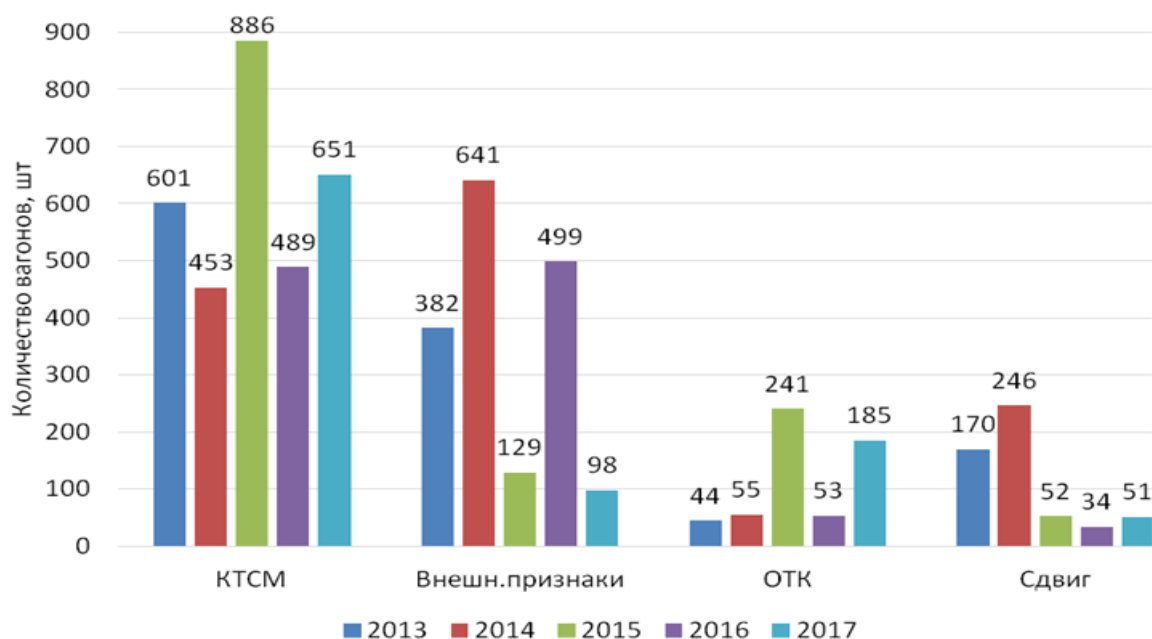


Рисунок 2.9 – Анализ отцепок вагонов по неисправностям буксовых узлов на участке Иркутск-Сортировочный – Слюдянка

Основными неисправностями, выявленными осмотрщиками и аппаратурой КТСМ по тревогам, в соответствии с рисунком 2.10, являются: ослабление (разрушение) торцевого крепления, обводнение смазки и проворот внутреннего кольца. Причинами этих неисправностей являются несоблюдение технологического процесса затяжки болтов тарельчатых шайб и гаек М110 с нормируемым усилием, обводнение и потеря триботехнических свойств смазки ЛЗ-ЦНИИ и нарушение технологии сборки буксового узла, в результате чего происходит разрушение торцевого крепления и сдвиг корпуса буксы с последующим ее нагревом.

Так же главным фактором, влияющим на количество отцепок, является сложный профиль и горно-перевальные участки пути. Вертикальные и горизонтальные неровности пути вызывают большие нагрузки при взаимодействии колес и рельсов. Кроме того, в кривых малого радиуса значительно возрастает нагрузка на узлы и детали подвижного состава, особенно на буксовый узел за счет действия рамной силы. В результате чего происходит нагрев буксового узла вагона и срабатывание аппаратуры КТСМ. Отцепки вагонов по показаниям тревог приборов КТСМ представлены в таблице 2.1.



Рисунок 2.10 – Диаграмма основных неисправностей буксовых узлов

Таблица 2.1 – Отцепки вагонов по показаниям тревог приборов КТСМ

Всего отцеплено по показаниям КТСМ				Тревога-0		Тревога-1		Тревога-2				
Всего	В том числе по показаниям			На промежуточной станции (без ПТО)	На станции с ПТО		На промежуточной станции (без ПТО)	На станции с ПТО				
	На промежуточной станции (без ПТО)	На станции с ПТО			Внутри гарантийного участка	На конце гарантийного участка		Внутри гарантийного участка	На конце гарантийного участка			
		Внутри гарантийного участка	На конце гарантийного участка									
1195	139	194	866	0	14	553	6	96	253	133	78	63

## 2.2.1 Анализ технического состояния автосцепных устройств вагонов в эксплуатации

В качестве источников информации о состоянии автосцепных устройств использовались базы данных Главного вычислительного центра ОАО «РЖД».

По материалам ПКБ ЦВ «Анализ отказов технических средств, технологических нарушений по вагонному комплексу и вагонному хозяйству» Москва, 2019 г. получены данные о поступлении грузовых вагонов в текущий отцепочный ремонт (ТОР) с распределением по основным узлам.

Таблица 2.2 – Количество поступлений вагонов в ТОР с распределением по узлам грузовых вагонов по всей сети железных дорог

Основные узлы грузовых вагонов	Количество отцепок в ТОР		в %
	2018	2019	
Колесная пара	529998	534237	0,80
Буксовый узел	36435	35242	-3,27
Тележка	238842	241124	0,96
<i>Автосцепное оборудование</i>	25878	31036	19,93
Автотормозное оборудование	44483	42590	-4,26
Кузов	424810	406298	-4,36
Рама	29090	27910	-4,06
Прочие отцепки	2157	2230	3,38
Итого	1331693	1320667	-0,83

Из таблицы 2.2 видно, что в 2019 году по сравнению с 2018 годом произошло увеличение количества поступлений в ТОР по автосцепному устройству на 19,93 %, что свидетельствует о необходимости проведения исследований по совершенствованию его конструкции и технологии ТО и Р.

Виды основных неисправностей автосцепных устройств грузовых вагонов, поступивших в ТОР в 2018 и 2019 годах представлены в таблице 2.3. Как видно из таблицы 2.2 неисправности автосцепных устройств в 2019 году



возросли в среднем на 19.93 %, что свидетельствует о недостаточно высоком качестве ремонта их в депо.

Таблица 2.3 – Виды основных неисправностей автосцепных устройств грузовых вагонов

Неисправности автосцепного оборудования	2018	2019	в %
Измор/ослабление крепления расцепного привода	7353	10465	42,32
Суммарный зазор эластомерного поглощающего аппарата более 5 мм	4479	5923	32,24
Неисправность поглощающего аппарата	4905	5541	12,97
Провисание автосцепки	3353	2871	-14,38
Трещина ударной розетки	937	1098	17,18
Обрыв/трещина маятниковой подвески	692	1024	47,98
Трещина в корпусе автосцепки	938	928	
Несоответствие зазора между потолком розетки и хвостовиком автосцепки	288	636	120,83
Итого	25878	31036	19,93

### 2.3 Взаимосвязь работы автосцепки на отказы буксового узла

Основной закономерностью отказов буксовых узлов является четкий их рост в 1,5÷2 раза в осенне-зимний период времени [30]. Эта закономерность отказов буксовых узлов связывается с влиянием температуры, влажности окружающего воздуха, изменениями в состоянии верхнего строения пути, соответствующим ростом действующих силовых факторов и т.д.

Трещины и разрывы внутренних колец появляются в эксплуатации преимущественно в начальной стадии при небольших пробегах, когда вагон эксплуатируется, в первую очередь, на сложных участках горного рельефа местности [13]. Причинами появления этого дефекта могут быть: перекосы рядов роликов в переднем и заднем подшипниках, когда ось симметрии колесной пары «стремится» занять некоторое угловое отклонение. Эти предположения основаны на анализе разрушений буксового узла, который

произошел 03.01.2017 г. в 16 часов 24 минуты на перегоне Танхой – Переемная, двухпутного участка пути, Улан-Удэнского региона Восточно-Сибирской железной дороги грузового поезда № 2002. Причина срабатывания аппаратуры КТСМ «Тревога 2», в соответствии с рисунком 2.14, температура буксового узла 114 градусов у 19 с головы состава вагона № 57461394.

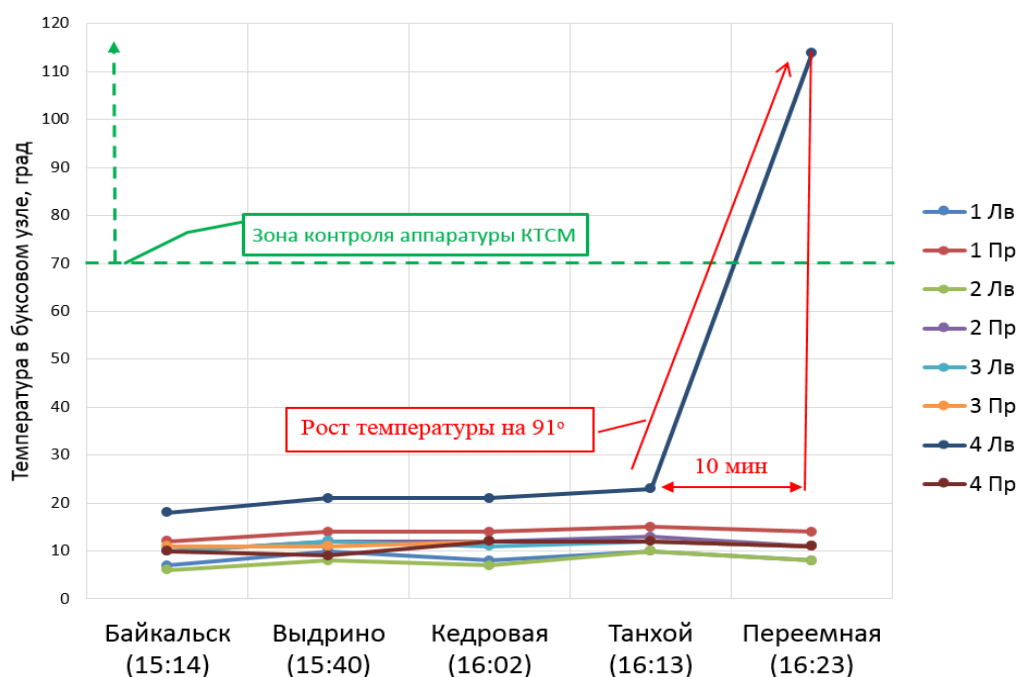


Рисунок 2.11 – График нарастания температуры в буксовых узлах

Осмотр показал, что разрушено внутреннее кольцо подшипника буксового узла четвертой колесной пары, которое показано на рисунке 2.12. В таблице 2.4 приведена распечатка системы АСК ПС за наблюдением этого вагона. При этом левое колесо идет с двойным увеличением температуры по всему маршруту движения, а в момент остановки температура составила 114°C.

Таблица 2.4 – Распечатка из системы АСК ПС

Пункт	Время	1 Лв	1 Пр	2 Лв	2 Пр	3 Лв	3 Пр	4 Лв	4 Пр
Байкальск (ч)	15:14	7°	12°	6°	10°	10°	11°	18°	10°
Выдрино (ч)	15:40	10°	14°	8°	12°	12°	11°	21°	9°
Кедровая (ч)	16:02	8°	14°	7°	12°	11°	12°	25°	12°
Танхой (ч)	16:13	10°	15°	10°	13°	12°	12°	34°	12°
Переемная (ч)	16:23	8°	14°	8°	11°	11°	11°	114°	11°



(проворот) происходило выкрашивание металла внутреннего кольца заднего подшипника. Попадание металлических примесей в смазку ЛЗ-ЦНИИ, привело к дальнейшему разрушению подшипников и нагреву всего буксового узла. Экспертная комиссия пришла к выводу, что причиной повышенного нагрева буксового узла колесной пары № 0039-11626-10 изначально послужил проворот внутреннего кольца заднего подшипника.

Причин отказов буксового узла многообразие, например ослабление натяга внутреннего кольца подшипника на шейке оси происходит из-за неправильного подбора и определения величины посадочного натяга внутренних колец, а также из-за несоблюдения геометрических параметров монтируемых деталей.

Но в данном случае следует обратить особое внимание на взаимосвязь надёжности работы буксового узла с надёжностью работы автосцепного оборудования, принимая во внимание показатели работы постов безопасности и систем автоматизированного визуального контроля технических характеристик подвижного состава «Техновизор», представленных на рисунках 2.2-2.3.

Ранее отказы буксовых узлов и автосцепного оборудования рассматривались отдельно друг от друга, предполагая, что это разные события, в которых нет явных признаков взаимосвязи.

Однако в 2017 году целый ряд сходив грузовых вагонов на одном и том же участке пути ВСЖД, представленном на рисунке 2.13 сподвиг провести анализ исследований сходов. Были установлены взаимосвязи отказов пятника-подпятника, рессорного комплекта и буксовых узлов с неисправностями автосцепки СА-3 при прохождении горно-перевальных участков пути.

Для оценки взаимного влияния узлов СА-3 в процессе движения вагонов по сложному горному рельефу рассмотрим известные теоретические основы, в соответствии с рисунками 2.14-2.15 [4].

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

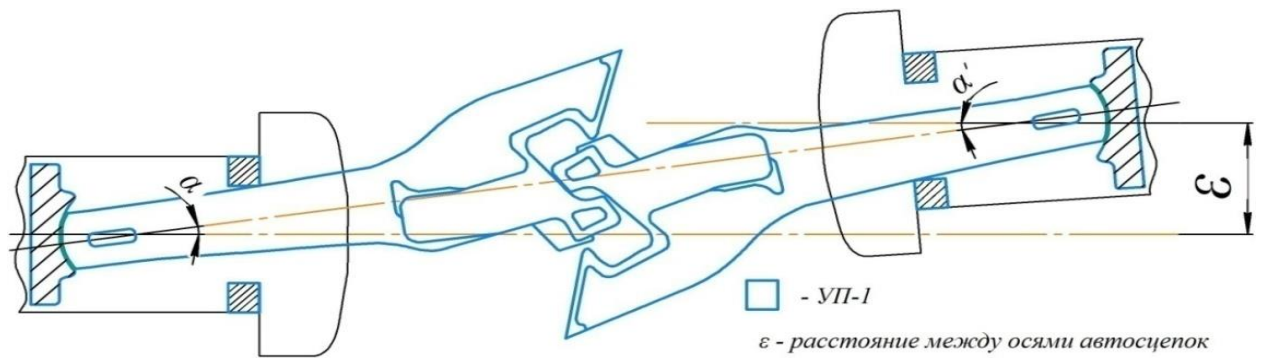


Рисунок 2.14 – Схема прохода сцепки вагонов в кривой

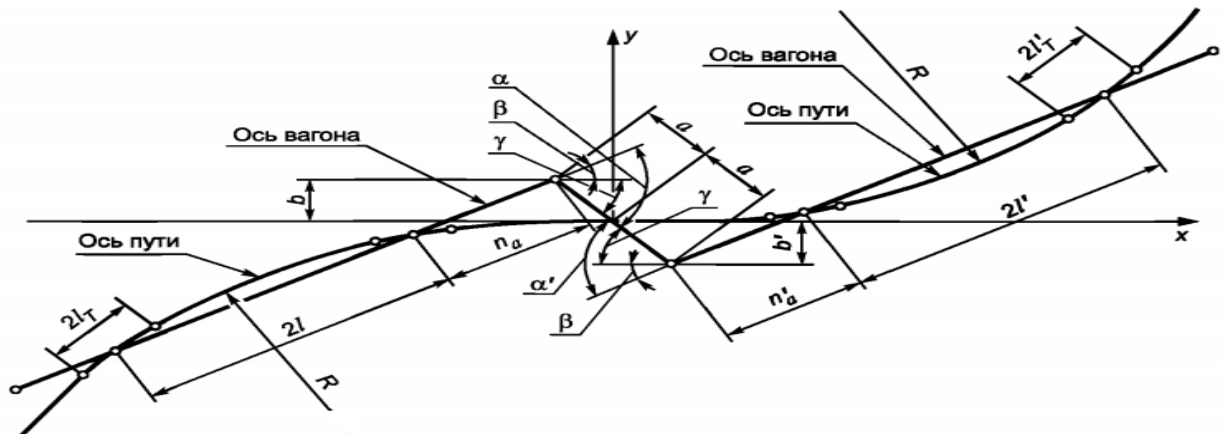


Рисунок 2.15 – Расчетная схема прохода сцепки вагонов в кривой

При вписывании в кривые участки пути корпус автосцепки способен перемещаться в горизонтальной плоскости (поперек пути) до  $11^0-12^0-13^0$  в каждую сторону.

При проектировании и расчете ударно-тяговых приборов проводят проверку прохода сцепленных вагонов на S-образной кривой. За расчетные критерии принимаются углы поперечного отклонения продольной оси автосцепки –  $\gamma$ , оси вагона –  $\beta$ , где  $\alpha$  и  $\alpha'$  – углы между осями автосцепок и продольной осью сцепленных вагонов, которые определяются по формулам (2.2-2.6)

$$\alpha = \beta + \gamma; \tag{2.2}$$

$$\alpha' = \beta' + \gamma; \tag{2.3}$$

$$\beta = \arctg \frac{l+n_a+a}{R}; \tag{2.4}$$

$$\beta' = \arctg \frac{l'+n'_a+a}{R'}; \tag{2.5}$$

$$\gamma = \arcsin \frac{b+b'+\xi}{2a}. \tag{2.6}$$

Проход сцепа вагонов обеспечен, если точка с координатами  $(\alpha, \alpha')$  находится внутри контура образованного соответствующей ограничительной линией и осями координат, и не обеспечен при ее расположении снаружи этого контура. Для автосцепки модели СА-3 по ГОСТ 32885, установленной по ГОСТ 3475, ограничительные контуры показаны на рисунке 2.16. Для автосцепки попавшей в сход, ограничительный контур представлен на рисунке 2.17.

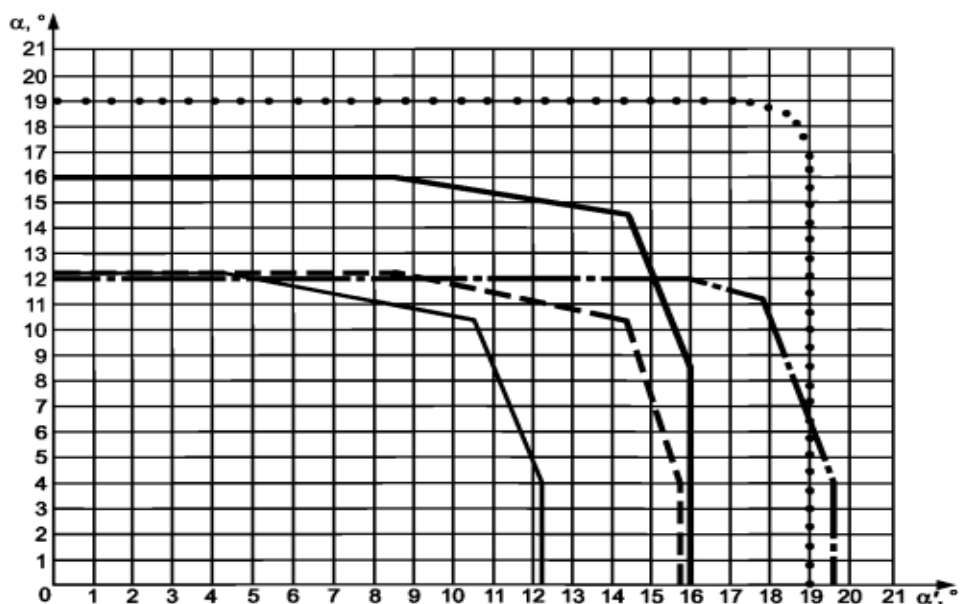


Рисунок 2.16 – Ограничительные контуры для автосцепки модели СА-3 по ГОСТ 32885, установленные по ГОСТ 3475

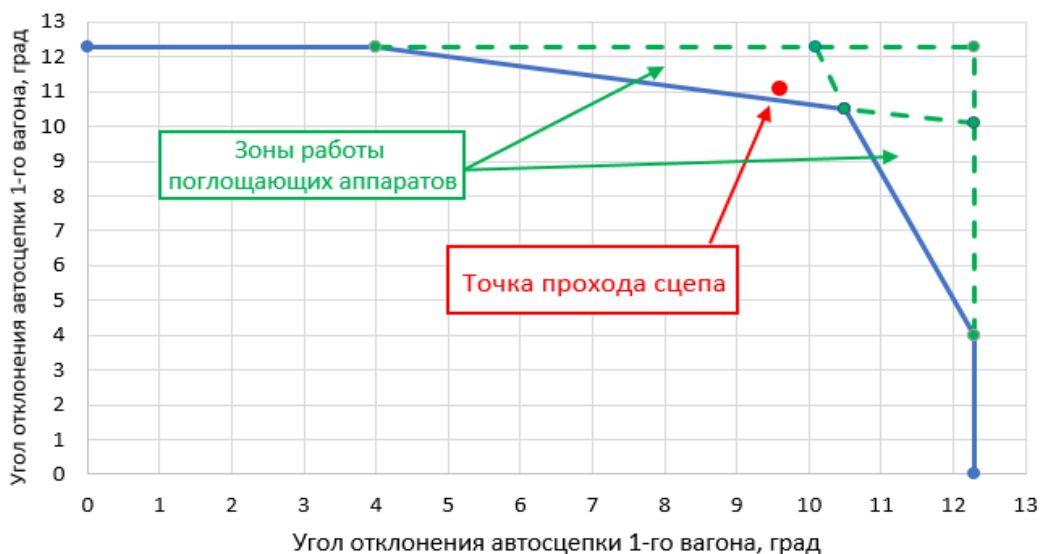


Рисунок 2.17 – Положение координаты  $(\alpha, \alpha')$  при проходе сцепа по участку Кедровая-Танхой (при сходе)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



Если положение точки лежит в пределах контура, следовательно, проход сцепленных вагонов по криволинейным участкам пути обеспечен. Исправное состояние упора УП1 обеспечивает нормальную работу хвостовика корпуса СА-3 (R130) в контакте с корпусом упорной плиты (R150).

Пятно от контакта радиальных поверхностей на упорной плите должно располагаться строго по оси симметрии. Такое сопряжение поверхностей подтверждает исправную работу автосцепки СА-3 в целом, в соответствии с рисунком 2.18.а.



а) симметричного расположения; б) со смещением влево.

Рисунок 2.18 – Контактные пятна на упорной плите

Если пятно контакта на упорной плите имеет смещение относительно оси симметрии (вправо – влево), представленного на рисунке 2.18.б, то необходимо проверять возможность беспрепятственного поворота корпусов автосцепок СА-3 в окне ударных розеток (до упора в вертикальные грани окна УП1), в соответствии с рисунком 2.14.

Вполне возможно, что контактные поверхности (R150 и R130) в нерабочем состоянии имеют дефекты, которые ограничивают подвижность сцепки в горизонтальной плоскости, как это представлено на рисунке 2.19.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28



а)



б)

а) хвостовик корпуса автосцепки со схода; б) хвостовик, требующий ремонта.

Рисунок 2.19 – Хвостовик автосцепки

Таким образом, из проведенного исследования можно предположить, что одной из причин отказов буксовых узлов в эксплуатации является работа автосцепки и ее явная взаимосвязь с отказами буксового узла грузовых вагонов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



### 3 Разработка способа контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре

#### 3.1 Общие сведения об автосцепном оборудовании

Ударно-тяговые приборы относятся к основным и ответственным частям вагона. Они предназначены для соединения (сцепления) вагонов и локомотивов, удержания их на определенном расстоянии друг от друга, передачи и смягчения действия продольных(растягивающих и сжимающих) усилий, развивающихся во время движения в поезде и при маневрах.

Автосцепное устройство вагона состоит из следующих частей: корпуса и расположенного в нем механизма; расцепного привода; ударно-центрирующего прибора; упряжного устройства; поглощающего аппарата; опорных частей [1].

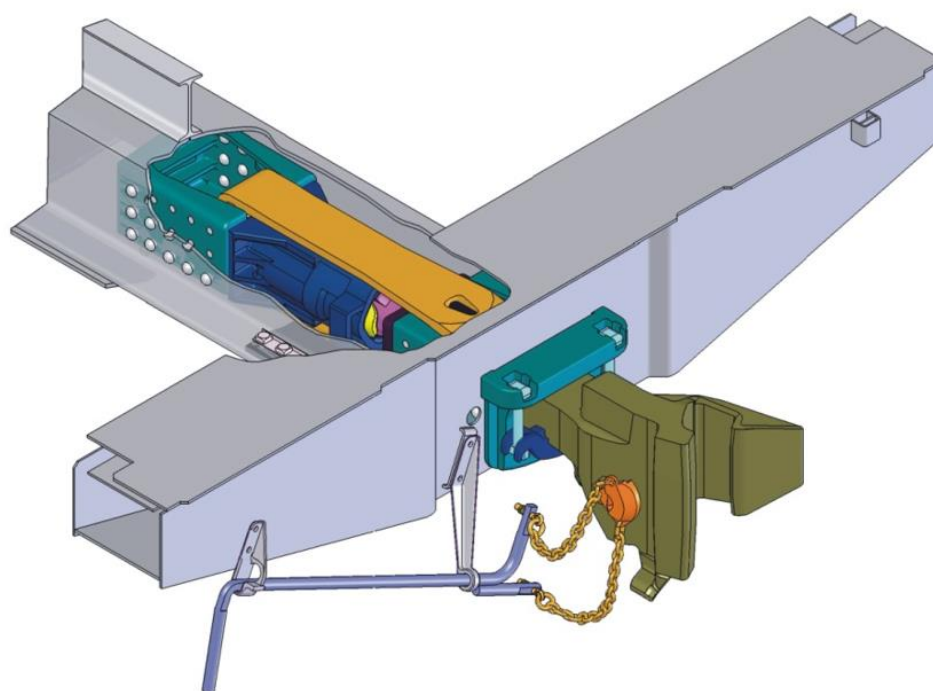


Рисунок 3.1 – Общий вид автосцепного оборудования

Подвижной состав железных дорог России оборудован автосцепным устройством СА-3 (советская автосцепка – третий вариант).

Автосцепки разделяются на жесткие, полужесткие, нежесткие:

- а) жесткие автосцепки, которые не допускают вертикального перемещения между собой;

б) полужесткие автосцепки, которые допускают вертикальное перемещение, но ограничивают возможность выхода из зацепления сцепленных автосцепок.

в) нежесткие автосцепки, которые допускают вертикальное перемещение относительно друг друга и при не подходе центров работают ступенчато.

Более простыми при изготовлении и обслуживании являются не жесткие автосцепки, получившие наибольшее распространение на подвижном составе наших железных дорог.

Полужесткие автосцепки применяются на вагонах, у которых по условиям эксплуатации возможны случаи потери вертикального зацепления и, как следствие - саморасцеп.

Жесткие автосцепки используются на специальном подвижном составе, главным образом – на моторном. При совершенствовании автосцепок, несмотря на сложность, предпочтение отдается жесткой автосцепке, обеспечивающей более высокие эксплуатационные характеристики, и упрощающей автоматическое соединение воздухопроводов и электропроводов.

Автосцепка СА-3 является тягово-ударной нежесткого типа, состоит из корпуса и деталей механизма сцепления.

Корпус автосцепки СА-3, рисунок 3.2, представляет собой стальную полую отливку, которая состоит из головной части, переходящей в удлиненный пустотелый хвостовик, в котором имеется отверстие для размещения клина, соединяющего автосцепку с тяговым хомутом. Головная часть имеет большой и малый зубья. В пространство между малым и большим зубьями, в так называемый зев автосцепки, выступают замок и замкодержатель, взаимодействующие в сцепленном состоянии со смежной автосцепкой.

Большой зуб имеет три усиливающих ребра: верхнее, среднее и нижнее, плавно переходящие в хвостовик и соединенные между собой

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

перемычкой. Голова автосцепки заканчивается сзади упором, предназначенным для передачи при неблагоприятном сочетании допусков жесткого удара на хребтовую балку через концевую балку рамы вагона и ударную розетку.

Внутри корпуса имеется:

- со стороны малого зуба прилив с отверстиями для валика подъемника и запорного болта;
- в ударной стенке зева имеются два окна: большое для выхода в зев замка и малое для выхода лапы замкодержателя;
- серповидный прилив вверху на внутренней стенке малого зуба, ограничивающий перемещение замка внутрь кармана;
- нижняя часть прилива переходит в полочку, на которую опирается верхнее плечо предохранителя;
- со стороны малого зуба имеется отверстие с приливом снаружи для размещения толстой цилиндрической части стержня валика подъемника;
- со стороны большого зуба - отверстие для тонкой цилиндрической части стержня;
- приливы, служащие опорами для подъемника;
- шип для навешивания замкодержателя.

На дне кармана корпуса имеются:

- отверстие для сигнального отростка;
- отверстие для направляющего зуба замка;
- для выпадания мусора, случайно попавшего в карман;
- отверстие для соединения ошибочно расцепленных автосцепок.

По всей высоте малого зуба проходит вертикальное отверстие, которое выполнено для уменьшения массы корпуса и улучшения технологии литья.

Корпус служит для размещения деталей механизма автосцепки и для сцепления единицы подвижного состава, а также для передачи тяговых и ударных нагрузок. В корпусе размещены [8]:

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



сцепленные автосцепки от самопроизвольного расцепления. Имеет овальное отверстие для навешивания на шип замка.

*Подъемник замка* (имеет широкий и узкий палец), служащий для удержания вместе с замкодержателем замка в расцепленном положении до разведения вагонов, для подъема предохранителя и перемещения замка из зева внутрь кармана корпуса. Широкий палец поднимает предохранитель и уводит замок, а узкий палец подъемника скользит по расцепному углу замкодержателя, приподнимает его и по проходу угла замкодержатель опускается вниз, при этом узкий палец упирается в расцепной угол, а широкий удерживает замок в утопленном положении. Подъемник замка имеет отверстие, предназначенное для квадратной части стержня валика подъемника.

*Валик подъемника*, предназначенный для поворота подъемника с помощью расцепного привода. Валик подъемника закреплен болтом и тем самым удерживает в собранном состоянии все детали механизма автосцепки. Имеет: балансир, соединяемый с цепью расцепного привода, облегчает возвращение валика в исходное положение после разведения автосцепок; стержень валика, состоящего из толстой и тонкой цилиндрических и квадратной частей.

Для поддержания автосцепного устройства в исправном состоянии установлены следующие виды осмотра [17]:

- полный осмотр – производится при капитальном и деповском ремонтах;
- наружный осмотр – производится при текущем отцепочном ремонте;
- проверка автосцепного устройства – производится при техническом обслуживании подвижного состава на ПТО, ППВ, ПКТО, КП, ПТП.

При наружном осмотре, а также при проверке автосцепного устройства во время технического обслуживания производится освидетельствование узлов и деталей без снятия с вагона. Снимают только неисправные узлы и детали с заменой их исправными.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.2 Основы визуального и измерительного метода контроля

Визуальный метод контроля применяется в основном для проверки открытых поверхностей (наружных и внутренних) и предназначен для обнаружения поверхностных дефектов достаточно большого размера: трещин, царапин, вмятин, коррозии, негерметичности и т.п. Минимальный размер дефекта, который может быть обнаружен при визуальном контроле, зависит от характера контролируемой поверхности, уровня яркости и контраста яркостей между деталью и фоном [12]. Глаз довольно быстро утомляется, и острота зрения снижается, поэтому визуальный осмотр – недостаточно точный метод. Кроме того, возможности глаза человека не всегда позволяют получить достоверную информацию о состоянии детали. Удаленность объекта контроля, недостаточная освещенность, ограниченная контрастная чувствительность и малая разрешающая способность (разрешающая способность определяется наименьшим расстоянием между двумя соседними минимальными выявленными дефектами, для которых возможна их раздельная регистрация) зрения человека позволяет принимать визуальный контроль только для обнаружения больших дефектов. Ограниченность остроты человеческого зрения компенсируется применением различного рода оптических устройств. Острота зрения и разрешающая способность глаза увеличивается примерно во столько раз, во сколько увеличивает изображение оптическое устройство. Это позволяет видеть мелкие объекты, размеры которых находятся за пределами границы видимости невооруженного глаза.

Визуальный контроль с применением оптических приборов называют оптико-визуальным. Он используется для обнаружения различных поверхностных дефектов, осмотра закрытых конструкций, труднодоступных мест (при наличии каналов для доступа приборов к контролируемым местам). Метод основан на использовании законов распространения и преломления лучей света в системах оптических приборов и взаимодействия

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

света с контролируемым объектом. Однако оптико-визуальный контроль имеет недостаточно высокую чувствительность и достоверность. Поэтому его используют в целях поиска поверхностных дефектов, доступных для непосредственного осмотра, анализа характера повреждений, обнаруженных другими методами дефектоскопии, а также осмотра закрытых конструкций с целью обнаружения загрязнений и наличия посторонних предметов. Дефекты даже относительно больших размеров могут быть не обнаружены с помощью оптических приборов из-за малого контраста с фоном.

Оптические приборы применяются для следующего:

– поиска относительно мелких поверхностных дефектов (трещин, коррозионных и эрозионных повреждений, язв, открытых раковин, пор и др.) при оптическом контроле, а также более мелких дефектов (по сравнению с осмотром невооруженным глазом) при цветном, люминесцентном, магнитном и рентгеновском контролях;

– обнаружения крупных дефектов – больших трещин, мест разрушения элементов конструкции, остаточной изгибной деформации, скрытых или удаленных элементов конструкции, поиска течей, загрязнений, а также различных посторонних предметов внутри закрытых конструкций;

– анализа характера типа и степени опасности поверхностных дефектов, обнаруженных при контроле деталей каким-либо методом дефектоскопии (ультразвуковым, токовихревым, цветным и т.п.)

Применяются приборы с различной степенью увеличения. В связи с тем, что с ростом увеличения оптических приборов существенно сокращаются поле зрения и глубина резкости, а также снижаются производительность и надежность контроля, для осмотра деталей применяют приборы увеличения не более 20-30х. При общем осмотре особенно крупных объектов при поиске дефектов применяют приборы увеличением 2-16х, при контроле особо точных деталей при анализе характера обнаруженных дефектов применяют приборы увеличением 10-30х.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По назначению приборы подразделяются на три группы для рассматривания:

- мелких близко расположенных объектов (лупы, микроскоп);
- удаленных объектов (телескопические лупы, бинокли);
- скрытых объектов внутренних поверхностей закрытых конструкций, отверстий, полых деталей и т.п. (перископы, техноэндоскопы и др.).

Визуальный и измерительный контроль вагонов производит осмотрщик-ремонтник вагонов. Все необходимые шаблоны и инструменты находятся в специальной сумке, представленной на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Сумка осмотрщика-ремонтника вагонов

В состав сумки входят:

- молоток осмотрщика вагонов с ручкой длиной 0,6-0,7 м;
- ломик Гладунова (для проверки механизма автосцепки);
- фонарь;
- шаблон абсолютный 447.05.000 ПКБ ЦВ;
- толщиномер Т447.07.000 ПКБ ЦВ для измерения толщины обода колеса;
- шаблон Т447.08.000 МБ ЦВ измерения подреза гребня;
- кронциркуль;
- типовое приспособление Т914.21.000 ПС для измерения зазоров в горизонтальных скользунах тележки;

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- шаблон Т914.18.000 для определения положения клина относительно надрессорной балки в эксплуатации;
- шаблон Басалаева для контроля буксовых узлов;
- зеркало;
- металлическая линейка или складной метр;
- лупа;
- ключи гаечные, размерами 14x17, 17x19;
- шаблон для проверки автосцепки усл. № 873;
- секундомер или часы с секундной стрелкой;
- манометр.

### 3.3 Последовательность контроля технического состояния узлов и деталей вагона в эксплуатации

Осмотр вагона для выявления неисправностей, требующих устранения в объемах ремонта ТОР дополнительно к неисправностям, выявленным при техническом обслуживании подвижного состава в парке.

Контроль технического состояния 4-х осного вагона производится на 12 позициях с пролазкой [17].

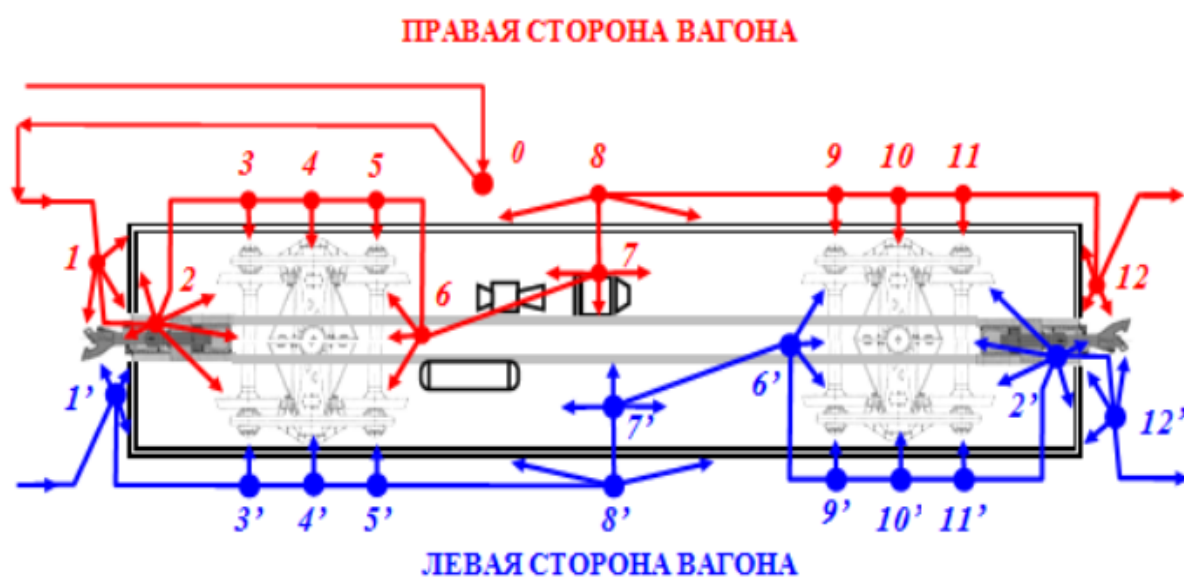


Рисунок 3.4 – Последовательность контроля технического состояния 4-х осного вагона с пролазкой

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

*На первой позиции* осматривает торцевую стену, а у вагонов с тормозными площадками – стойку, обшивку, сигнальные скобы; у полувагонов без глухих торцевых стен - двери и их запоры, крепления дверей; далее кронштейн расцепного привода, расцепной рычаг, розетку, концевую балку, маятниковые подвески, центрирующий прибор, цепь расцепного привода, валик подъемника, автосцепку и видимую часть тягового хомута. Проверяет действие механизма автосцепки на саморасцеп, расстояние от упора корпуса до розетки. Для розетки вагона с длиной выступающей части 185 мм расстояние между упором автосцепки и ударной розеткой должно быть в пределах от 70 до 90 мм (поглощающие аппараты Ш-1-ТМ, Ш-1-Т). При укороченной розетке с длиной выступающей части 130 мм расстояние между упором автосцепки и ударной розетки должно быть в пределах от 120 до 140 мм (аппарат Ш-2-В, Ш-6-ТО-4, ПМК-110К-23, 73ZW, АПЭ-120И 500, АЭП-95-УВЗ), РТ-120.

*На второй позиции* осматривает хребтовую балку, балки рамы, клин тягового хомута и его крепление, тяговый хомут, хвостовик корпуса автосцепки, поглощающий аппарат, упоры, поддерживающую плиту, шкворневую балку, надрессорную балку, предохранительные устройства триангеля, колеса первой колесной пары с внутренней стороны, ступицы и места сопряжения оси со ступицами, среднюю часть оси по всей длине, пятник и подпятник, крепление и предохранительные устройства тормозной рычажной передачи на предмет выявления трещин и несоответствий требованиям нормативных документов.

*На третьей позиции* осматривает подножки составителя, поручни, колеса первой колесной пары с наружной стороны, проверяет толщину обода, гребня, прокат колеса, выявляет ползуны, выбоины, выщербины, кольцевые выработки, уширения и отколы обода, вертикальный подрез и остроконечный накат гребня, челюстной проём боковой рамы тележки R-55 с внутренней и наружной стороны, осматривает буксовый узел.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

*На четвертой позиции* проверяет состояние скользунов, наружного конца надрессорной балки, рессорного подвешивания, тормозных колодок, башмаков, подвесок триангеля и их крепление, боковую раму тележки, осматривает пол вагона, стену кузова, стойки, раскосы, крышки люков и люковые запоры, проверяет трафареты периодического ремонта, верхнюю и нижнюю обвязки, крышки люков и их запорные механизмы у полувагонов; у платформ – борта и бортовые запоры. Проверяет расположение пружин в рессорных комплектах, зазор между скользунами.

*На пятой позиции* осматривает колесо второй колесной пары и другие детали тележки в полном соответствии с третьей позицией.

*На шестой позиции* осматривает под вагоном вторую сторону тележки, шкворневую, надрессорную балки, шкворень, предохранительные устройства триангелей, колеса второй колесной пары с внутренней стороны, ступицы и места сопряжения оси со ступицами, среднюю часть оси по всей длине, пятник и подпятник.

*На седьмой позиции* осматривает хребтовую балку и балки рамы.

*На восьмой позиции* осматривает боковую стену крытого вагона, дверной запор, направляющие двери; у полувагона – верхнюю и нижнюю обвязки, крышки люков и их, запорные механизмы; у платформ – борта, бортовые запоры, скобы лесных стоек, производится контроль за состоянием фитинговых упоров у платформ для перевозки большегрузных контейнеров (у платформ в порожнем состоянии – с их обязательным переворачиванием, в грузе – с осмотром их видимой части); у цистерн, хопперо-цементовозов – загрузочные и разгрузочные устройства, узлы и детали крепления котла цистерн.

Остукивание колесных пар производит на 3, 5, 9, 11, 3', 5', 9', 11'.

На всех позициях у кузовов и рамы проверяют целостность сварных швов, наличие трещин, изломов, прогибов, состояние усиливающих планок и накладок, закрытие дверей, люков, бортов, бункеров и сливных приборов

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

порожних вагонов, приведение в закрытое положение грузополучателями разгрузочных устройств вагонов и бункеров битумных полувагонов.

Контроль технического состояния второй половины вагона производится в обратной последовательности соответственно на девятой – двенадцатой позициях. Выявленные неисправности размечают мелом.

### 3.4 Новый браковочный признак и способ его контроля

На основании проведенных теоретических исследований и поездных испытаний [14], после определения уточненных значений коэффициентов вертикальной динамики и коэффициента устойчивости против схода, был разработан способ контроля автосцепки при текущем осмотре.

Изобретение относится к области контроля технического состояния автосцепки при текущем осмотре вагона (Приложение А) [23]. На розетку автосцепки наносят центральную отметку. На головную часть автосцепки наносят центральную отметку и отметки предельно допустимых отклонений головы. При текущем осмотре вагона проверяют целостность клина тягового хомута, величину выхода головы автосцепного устройства от ударной розетки, наличие зазора между поглощающим аппаратом и тяговым хомутом и совмещение центральной отметки розетки с отметками на головной части. При выходе за рамки допустимых отклонений головной части вагон направляют в ремонт. Достигается повышение вероятности обнаружения внутренних неисправностей автосцепки без ее демонтажа.

Задачей предлагаемого способа является предотвращение заклинивания автосцепки при прохождении вагона на кривых участках пути.

Способ контроля технического состояния автосцепки вагона при текущем осмотре, включает: проверку целостности клина тягового хомута, имеется ли увеличенный выход автосцепного устройства от ударной розетки до упора головы автосцепки, отсутствие зазора между днищем корпуса поглощающего аппарата и тяговым хомутом, отличающийся тем, что

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дополнительно проверяют отклонение хвостовой части автосцепки в горизонтальной плоскости, причем предварительно устанавливают вертикальную метку по середине ударной розетки автосцепки, а на хвостовой части автосцепки между головной частью и ударной розеткой устанавливают посередине горизонтальную метку, а также метки максимального отклонения хвостовой части автосцепки в горизонтальной плоскости и при визуальном осмотре по степени отклонения хвостовой части автосцепки от метки максимального отклонения определяют техническое состояние узла.

Способ контроля технического состояния автосцепки вагона при текущем осмотре осуществляется следующим образом:

- а) проверяют целостность клина тягового хомута;
- б) увеличенный выход хвостовой части автосцепного устройства;
- в) отсутствие зазора между днищем корпуса поглощающего аппарата;
- г) отклонение хвостовой части автосцепки в горизонтальной плоскости;
- д) установление вертикальной метки посередине ударной розетки;
- е) на хвостовой части автосцепки между головной частью и ударной розеткой;
- ж) метки максимального отклонения хвостовой части автосцепки.

Способ контроля заключается в следующем – белой флуоресцентной краской наносится вертикальная метка по центру ударной розетки, а на выступающей части хвостовика – горизонтальная метка симметрии, проходящая через ось симметрии вагона. Так как корпус автосцепки способен перемещаться в горизонтальной плоскости поперёк пути  $11^{\circ}$ - $12^{\circ}$ - $13^{\circ}$  в каждую сторону, то при любом осмотре днем или ночью эти метки могут контролироваться визуально, и в том числе автоматизированной системой (на малых скоростях) при наличии в ней технического зрения.

Несоответствие положения указанных линий может классифицироваться как новый браковочный признак (заклинивание автосцепки). На рисунке 3.5 показаны возможные положения корпуса автосцепки относительно контрольных меток.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



а) левый перекос; б) симметрия (нормальное положение); в) правый перекос.

Рисунок 3.5 – Способ контроля технического состояния автосцепки при заклинивании

Предложенный способ позволяет визуально определить при осмотре вагона, в каком состоянии находится автосцепное устройство. Продольные оси сцепленных вагонов всегда находятся в сопараллельном положении, т.е. с некоторым эксцентриситетом, а продольная ось корпусов сцепленных автосцепок образует с продольными осями вагона углы  $\alpha$  и  $\alpha'$ . Для определения угловых положений упорных радиальных поверхностей корпусов сцепленных автосцепок предложено нанести контрольные вертикальные метки на ударной розетке строго по центру и горизонтальные метки на корпусе хвостовика автосцепки.

При визуальном осмотре осмотрщик видит несовпадение меток, что указывает на предполагаемый отказ работы сцепок. Для обнаружения неисправностей демонтируется корпус автосцепки и осматриваются контактные поверхности на упорной плите и торце корпуса автосцепки.

Разработанный способ контроля автосцепки определяет исправность работы автосцепки по ограничительному контуру и расположению точки сцепа в координатах ( $\alpha$  и  $\alpha'$ ), что соответствует ГОСТ 33211-2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам» [9].

## Заключение

В ходе проведенной работе был проведен обзор и анализ существующих расчетных методов определения устойчивости вагона при движении по сложным участкам пути, который показал, что в настоящее время большинство методик оценки схода грузового вагона в кривой не учитывают определенные взаимосвязи узлов и деталей вагонов.

Выполнено исследование влияния технического состояния пути и вагона на безопасность движения, при этом:

– проведена оценка плана пути и систематизация факторов, влияющих на нарушение безопасности движения вагона;

– выполнена аналитическая оценка постов безопасности и анализ неисправностей буксовых узлов, подтверждающий, что кривые малого радиуса ( $R \leq 350$  м) являются катализаторами для перехода буксового узла из скрытого аварийного состояния в очевидное аварийное состояние;

– установлена взаимосвязь влияния работы автосцепки на отказы буксового узла.

Установлен новый браковочный признак заклинивания хвостовика автосцепки и разработан способ его контроля при текущем осмотре.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Список использованных источников

1. Автосцепное устройство четырехосных вагонов. – Текст : электронный [Электронный ресурс] // Железнодорожный транспорт. URL: <http://www.aswn.ru/design/avtoscepnoedevise/avtodevice> (дата обращения: 22.04.2020).
2. Ададуров, А.С. Пост комплексного контроля как инновационный подход к диагностике ходовой части вагона / А.С. Ададуров, Р.Ю. Бушуев, А.И. Долгий, А.В. Хатламаджиян // Журнал «Вагоны и вагонное хозяйство». – 2015. – №4(44). – С. 24-27.
3. Барбарич, С.С. Требования к грузовым вагонам нового поколения / С.С. Барбарич, В.Н. Цюренко // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 8. – С. 21-26.
4. Бороненко, Ю.П. Расчет автосцепного устройства СА-3, установленного на платформу модели 23-469 / Ю.П. Бороненко, С. Петербург.: НВЦ «Вагоны». 2004. – 14 с.
5. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.Н. Котуранова. – М.: Маршрут, 2005. – 409 с.
6. Вершинский, С.В. Динамика вагона: Уч. для вузов ж.-д. трансп. / В.Н. Данилов, В.Д. Хусидов; под ред. С.В. Вершинского. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
7. Гарг, В. Динамика подвижного состава / В, Гарг, Р. Дуккипати; пер. с англ. под ред. Н.А. Панькина. – М.: Транспорт, 1988. – 391 с.
8. ГОСТ 22703-2012 Детали литые сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия (с Изменением N 1, с Поправкой) [Электронный ресурс] // АО «Кодекс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095718> (дата обращения: 21.04.2020).
9. ГОСТ 33211-2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам». – М.: Стандартиформ, 2016. – 57 с.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45



10. Готаулин, В.В. Методика экспериментального исследования технологических процессов ремонта и технического обслуживания автосцепного оборудования вагонов / В.В. Готаулин, К.А. Сергеев // Межвузовский сборник научных трудов «Современные проблемы совершенствования работы ж.д. транспорта». – 2003. – С. 122-126.
11. Дефектоскопия деталей локомотивов и вагонов / Под ред. канд. техн. наук Ф. В. Левыкина. – М.: Транспорт, 1974. – 238 с.
12. Дефектоскопия деталей подвижного состава железных дорог и метрополитенов / В.А. Ильин [и др.]; под ред. В. А. Ильина. – М.: Транспорт, 1983. – 318 с.
13. Ермоленко, И.Ю. Влияние профиля пути горного участка ВСЖД на силовое взаимодействие «колесо-рельс» с учетом экспериментальных параметров вагона-лаборатории / И.Ю. Ермоленко // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т.21. – № 2. – С. 170-180. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-2-170-180.
14. Ермоленко, И.Ю. Исследование динамики подвижного состава с использованием экспериментального вагона-лаборатории при движении по сложным участкам дороги ВСЖД / И.Ю. Ермоленко, В.Н. Железняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 4 (52). –С. 199-203.
15. Железняк, В.Н. Способ оценки динамики работы автосцепки при прохождении кривых участков пути / В.Н. Железняк, И.Ю. Ермоленко, Л.В. Мартыненко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: Материалы Девятой международной научно-практической конференции. – Иркутск.:ИрГУПС, – 2018. – Т.2. –С. 380-388.
16. Зинов, Ю.В. Новая система технического обслуживания грузовых вагонов / Ю.В. Зинов, И.Д. Козубенко // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 2. – С. 41-47.
17. Инструкция по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог. [Электронный ресурс] // Министерство Транспорта РФ, АО «Издательство Дороги». URL:

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

<http://transportrussia.ru/item/4041-instruktsiya-avtostsepnogo-ustrojstva-podvizhnogo-sostava-zheleznykh-dorog.html> (дата обращения: 21.04.2020).

18. Коломийченко, В.В. Автосцепка нового поколения / В.В. Коломийченко // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 11. – С. 21-27.
19. Коротенко, М.Л. Сход с рельсов одиночной колесной пары. Силы, вызывающие сход, продолжительность схода / М.Л. Коротенко, А.Г. Рейдемейстер // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, надежность и безопасность подвижного состава. Тезисы докладов X Международ. конференции. – Днепропетровск: Арт-Пресс. – 2000. – С. 82-83.
20. Лысюк, В.С. Причины и механизм схода колеса с рельса. Проблема износа колеса и рельса / В.С. Лысюк, М.:Транспорт, 1997. –188 с.
21. Митюхин, В.Б. Исследование и прогнозирование технического состояния вагонного парка на основе анализа баз данных ГВЦ / В.Б. Митюхин [и др.] // Автоматика, связь. Информация. – 2000. – № 6. – С. 43-48.
22. Наговицын, В.С. Неразрушающий контроль и направления его развития / В.С. Наговицын // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 3. – С. 41-47.
23. Пат. 2689089 Российская Федерация, МПК В61G 3/00. Способ контроля технического состояния автосцепки вагона при текущем / Железник В.Н., Ермоленко И.Ю., Мартыненко Л.В., Воронова Ю.В., Санникова Е.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ИрГУПС. – № 2018125119; заявл. 09.07.2018; опуб. 23.05.2019, Бюл. № 15.
24. Пермяков, А.А. Анализ норм содержания грузового вагона в эксплуатации по динамическим показателям / А.А. Пермяков, Д.Н. Салтыков // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Сб. науч. Трудов. Материалы науч.-техн. конф., посв. 125-летию Свердловской железной дороги. – В 4-х т. – Екатеринбург: УрГУПС, – 2003 . – С.44-53.

					МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

25. Ромен, Ю.С. Влияние продольных сил в поездах на опасность схода вагонов в зависимости от их загрузки / Ю.С. Ромен, Л.А. Мугинштейн, Л.И. Неверова // Журнал «Транспорт Российской Федерации». – 2013. – №3(46). – С. 64-68.
26. Татуревич, А.А. Исследование вопросов устойчивости подвижного состава против схода от вкатывания гребня колеса на рельс по результатам экспертных заключений крушений и аварий / А.А. Татуревич // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Динамика, надежность и безопасность подвижного состава X Международ, конференция. – Днепропетровск: Арт-Пресс. – 2000. – С. 105-106.
27. Устич, П.А. Надежность рельсового нетягового подвижного состава / П.А. Устич, В.А. Карпычев, М.Н. Овечников. – М.: ИГ «Вариант», 1999. – 416 с.
28. Федосеев, Ю.П. Алгоритм поддержки принятия управленческих решений по обеспечению безопасности движения поездов в вагонном хозяйстве / Ю.П. Федосеев, М.И. Харитонов, П.В. Игумнов // Вопросы совершенствования работы железнодорожного транспорта в условиях реструктуризации отрасли: сб. науч. тр.: В 2 т. / ДВГУПС.; редкол.: Григоренко В.Г. (отв. ред.) и др. – Хабаровск, – 2001. – Т. 2. – 134 с.
29. Ermolenko, I. Yu. Force loading of wagon during interaction of truck and bodywork in curves paths / I. Yu. Ermolenko, V. N. Zheleznyak, L. V. Martynenko // AER-Advances in Engineering Research (vol. 158). 2018. pp. 130-134.
30. Ermolenko, I. Yu. Interrelation of the causes of failure of the axle boxes and the malfunction of the automatic couplings (type SA-3) / I. Yu. Ermolenko, V.N. Zheleznyak, L.V. Martynenko // Proceedings of the 6th International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway (ISMR'2018) / Beijing, China, 2018. pp. 261-264.

Приложение А  
Патент на изобретение

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2689089

**Способ контроля технического состояния автосцепки вагона  
при текущем осмотре**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
Иркутский государственный университет путей сообщения  
(ФГБОУ ВО ИрГУПС) (RU)*

Авторы: *Железняк Василий Никитович (RU), Ермоленко Игорь  
Юрьевич (RU), Мартыненко Любовь Викторовна (RU),  
Воронова Юлия Владиславовна (RU), Санникова Елена  
Георгиевна (RU)*

Заявка № 2018125119

Приоритет изобретения 09 июля 2018 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 23 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 09 июля 2038 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ

Лист

49



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 689 089** (13) **C1**

(51) МПК  
B61G 3/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
B61G 3/00 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018125119, 09.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.07.2018

Дата регистрации:  
23.05.2019

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 09.07.2018

(45) Опубликовано: 23.05.2019 Бюл. № 15

Адрес для переписки:  
664074, г. Иркутск-74, ул. Чернышевского, 15,  
ФГБОУ ВО "ИрГУПС", Патентно-  
лицензионный отдел, начальнику отдела Е.В.  
Хитровой

(72) Автор(ы):  
Железняк Василий Никитович (RU),  
Ермоленко Игорь Юрьевич (RU),  
Мартыненко Любовь Викторовна (RU),  
Воронова Юлия Владиславовна (RU),  
Санникова Елена Георгиевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования Иркутский государственный  
университет путей сообщения (ФГБОУ ВО  
ИрГУПС) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: ЦВ-ВНИИЖТ-494:  
ИНСТРУКЦИЯ ПО РЕМОНТУ И  
ОБСЛУЖИВАНИЮ АВТОСЦЕПНОГО  
УСТРОЙСТВА ПОДВИЖНОГО  
СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
утверждены 16.09.1997. RU 85634 U1,  
10.08.2009. RU 2456574 C2, 20.07.2012. RU  
2563095 C2, 20.09.2015. RU 2272249 C2,  
20.03.2006. US 9701323 B2, 11.07.2017.

(54) Способ контроля технического состояния автосцепки вагона при текущем осмотре

(57) Реферат:

Изобретение относится к области контроля  
технического состояния автосцепки при текущем  
осмотре вагона. На розетку автосцепки наносят  
центральную отметку. На головную часть  
автосцепки наносят центральную отметку и  
отметки предельно допустимых отклонений  
головы. При текущем осмотре вагона проверяют  
целостность клина тягового хомута, величину  
выхода головы автосцепного устройства от

ударной розетки, наличие зазора между  
поглощающим аппаратом и тяговым хомутом и  
совмещение центральной отметки розетки с  
отметками на головной части. При выходе за  
рамки допустимых отклонений головной части  
вагон направляют в ремонт. Достигается  
повышение вероятности обнаружения внутренних  
неисправностей автосцепки без ее демонтажа. 1  
з.п. ф-лы, 7 ил.

Стр.: 1

RU 2 689 089 C 1

RU 2 689 089 C 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

МД.410300.12.04.01.000-2020.ПЗ

Лист

50