

Полученные результаты расчета характеристик и оценки качества процессов переключения позволяют выполнить анализ и отбор наиболее оптимальных временных параметров переключения ГТР для гидропередачи УПП750-1200 с учетом параметров двигателя и нагрузки и использовать полученные результаты расчета в работе существующей системы автоматического регулирования гидропередачи УПП750-1200 тепловоза ТГМ6 А.

Библиографический список

1. **О переходных** процессах в многоциркуляционных гидродинамических передачах тепловозов / В. И. Юшко, В. Г. Мицкевич // Труды МИИТа. – Вып. 243. – М. : Транспорт, 1967. – С. 135–141.
2. **Динамика** гидромеханических передач / Ю. Н. Лаптев. – М. : Машиностроение, 1983. – 104 с.
3. **Оптимизация** параметров гидродинамических приводов строительных и дорожных машин / С. П. Стесин. – М. : Машиностроение, 1996. – С. 32–33.
4. **Работа** гидротрансформатора гидропередачи промышленного локомотива в переходных процессах и неустановившихся режимах работы / А. В. Осипов, В. А. Кручек, Д. Н. Курилкин // Известия ПГУПС. – 2012. – Вып. 2. – С. 37–46.
5. **Расчет** потерь энергии в элементах тягового привода тепловоза с гидропередачей / А. В. Осипов // Известия ПГУПС. – 2011. – Вып. 3. – С. 211–217.
6. **Гидродинамические** передачи: проектирование, изготовление и эксплуатация / Б. А. Гавриленко, И. Ф. Семичастнов. – М. : Машиностроение, 1980. – 224 с.
7. **Устройство** тепловоза ТГМ6 А / В. Н. Логунов, В. Г. Смагин и др. – М. : Транспорт, 1989. – 320 с.

УДК 629.4.027.4

Д. А. Потахов

Петербургский государственный университет путей сообщения

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ

В связи с выходом новых технических условий на изготовление колесных пар, отражающих повышение физико-механических свойств колесных сталей, рассмотрение вопроса восстановления профиля катания колесных пар при ремонте является актуальным и соответствует задачам развития ремонтных предприятий ОАО РЖД.

В статье представлен краткий обзор результатов использования колесных пар повышенного качества и твердости, отражена необходимость перехода на эти колеса, приведены их химический состав и механические свойства и рассмотрены особенности технологического процесса восстановления профиля поверхности катания данных колес. На основании этого отражена необходимость оценки обрабатываемости колес повышенной твердости при восстановлении профиля поверхности катания колесных пар подвижного состава.

В результате исследования установлено, что наиболее слабым звеном технологического процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар подвижного состава является тип и качество применяемого режущего инструмента (геометрия, материал твердого сплава, форма твердосплавного инструмента) и режимы резания; эффективным направлением совершенствования процесса восстановления профиля поверхности катания колесной пары является обеспечение надежной работы режущего инструмента и определение рациональных режимов резания.

цельнокатаное колесо, колесная пара, режущий инструмент, твердость, химический состав, механические свойства, износ, дефекты колес.

Введение

Основным направлением экономического и социального развития ОАО РЖД в рамках Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года является постоянное увеличение грузооборота железнодорожного транспорта, повышение скоростей движения и массы поездов, увеличение интенсивности использования подвижного состава и совершенствование системы его ремонта.

Проблемам повышенной интенсивности изнашивания колесных пар и повышению эффективности их ремонта посвящено множество научных исследований, тем не менее они до сих пор являются актуальными. Особый интерес в связи с разработкой новых технических условий и новой версии ГОСТ 10791, ГОСТ 398 и производством колес с улучшенными физико-механическими свойствами вызывает процесс восстановления профиля поверхности катания колесных пар повышенного качества и твердости.

1 Предпосылки повышенной интенсивности изнашивания колесных пар

В процессе эксплуатации подвижного состава происходит износ и повреждение его ходовых частей, в частности профиля поверхности катания колесных пар, что обусловлено постоянным контактом колеса с

рельсом в процессе движения подвижного состава. В условиях постоянного роста грузонапряженности сети железных дорог РФ повышается износ колесных пар, что приводит к неизменному увеличению объемов их обточек. Темпы износа колесных пар подвижного состава за последнее время существенно возросли – в 1,5 раза по сравнению с уровнем 80-х годов. К дополнительным причинам, обусловившим интенсивность этого износа, можно отнести сужение колеи, переход на рельсы тяжелого типа, объемную закалку рельсов (рис. 1) [1], увеличившую их твердость в 1,5 раза по сравнению с твердостью колеса, снижение требований по величине перекоса пути в 2,5 раза и максимально допустимым просадкам рельсовых нитей – в 3 раза.

Результатом этих изменений стало существенное возрастание интенсивности изнашивания колес подвижного состава, которое в свою очередь привело к увеличению затрат на ремонт локомотивов и вагонов.

В связи с этим разработаны технические условия и новые версии ГОСТ 10791, ГОСТ 398 и начато производство колес повышенной твердости обода и повышенного качества.

2 Химический состав и механические свойства новых колесных сталей

Для формирования колесных пар рельсовых экипажей применяют цельнокатанные

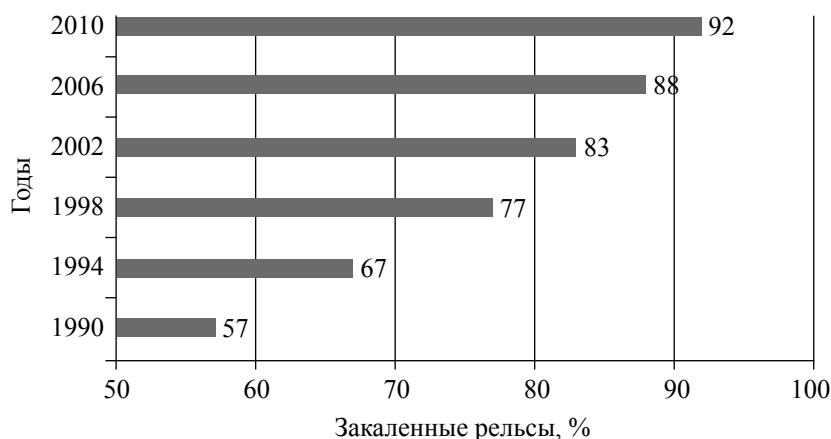


Рис. 1. Использование закаленных рельсов на сети железных дорог России

колеса и бандажные колесные пары. Технические условия на изготовление колесных пар для вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм регламентированы ГОСТ 4835–2006 «Колесные пары вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия», для тепловозов и электровозов той же колеи – ГОСТ 11018–2000 «Тяговый подвижной состав железных дорог колеи 1520 мм. Колесные пары. Общие технические условия» [2].

Потребителям поставляются цельнокатаные колеса, основные размеры которых определены ГОСТ 9036–88 «Колеса цельнокатаные. Конструкции и размеры», а технические условия на изготовление – по ГОСТ 10791–2011 «Колеса цельнокатаные. Технические условия», введенного в действие

в качестве национального стандарта РФ с 1 января 2012 год. В соответствии с этим стандартом для цельнокатаных колес применяются стали марки 1, 2, Т, Л. Химический состав и механические свойства этих сталей приведены в таблицах 1 и 2 [3].

Потребителям поставляются бандажи к бандажным колесам в соответствии с новым ГОСТ 398–2010 «Бандажи черновые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия», введенным в действие с 1 января 2011 года. В соответствии с этим стандартом бандажи изготавливаются из марок стали: 2 – для пассажирских, грузовых и маневровых локомотивов, моторных вагонов электро- и дизель- поездов и специального железнодорожного подвижного состава, 4 – для грузовых и маневровых локомотивов [2].

ТАБЛИЦА 1. Химический состав колесных сталей

Марка стали	Массовая доля химического элемента, %								
	Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Сера	Фосфор	Хром	Никель	Медь
1	0,44–0,52	0,80–1,20	0,40–0,65	0,08–0,15	≤ 0,020	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
2	0,55–0,63	0,50–0,90	0,22–0,45	≤ 0,10	≤ 0,025	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Т	0,62–0,70	0,50–1,00	0,22–0,65	≤ 0,15	0,005–0,025	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30	≤ 0,30
Л	0,48–0,54	0,80–1,20	0,45–0,65	0,08–0,15	≤ 0,020	≤ 0,030	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25

Примечание. Массовая доля молибдена не должна превышать 0,08 %, титана – 0,03 %, ниобия – 0,05 %.

ТАБЛИЦА 2. Механические свойства колесных сталей

Марка стали	Временное сопротивление обода σ_b , Н/мм ²	Относительное удлинение обода δ , %	Относительное сужение обода ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²			Твердость обода на глубине 30 мм, НВ
				обода	диска		
					при 20 °С	при 20 °С	
				не менее			
1	880–1080	12	21	30	30	20	≥ 248
2	910–1110	8	14	20	20	15	≥ 255
Т	≥ 1020	9	16	18	18	15	≥ 320
Л	≥ 930	12	21	30	30	20	280–320

В таблицах 3 и 4 [4] приведены химический состав и механические свойства этих сталей.

3 Текущие результаты эффективности использования колес повышенной твердости

Начиная с 2004 года на вагоны эксплуатационного парка РЖД было отгружено более 3 млн колес повышенного качества и твердости. Доля производства колес повышенного качества и твердости в общем объеме закупаемых колес показана в таблице 5 [5], а

динамика их роста в рабочем парке грузовых вагонов РФ представлена на рисунке 2.

Анализ официальных данных по обточкам колесных пар с начала их эксплуатации (2004 год) и по 2009 год демонстрирует превосходство потребительских свойств таких колес по сравнению с традиционными колесами. Так износостойкость твердых колес, по данным [6], лучше в среднем в 5 раз, при этом по выщербинам – в 3,5 раза, по дефектам гребня – в 6 раз, по ползунам и наварам – в 7 раз.

Использование твердых колес в несколько раз сокращает отцепки вагонов по причине

ТАБЛИЦА 3. Химический состав стали бандажей

Марка стали	Массовая доля элемента, %						
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Ванадий	Фосфор	Сера
2	0,57–0,65	0,60–0,90	0,22–0,45	не более 0,20	0,15	0,03	0,02
4	0,65–0,75			0,20–0,60			

ТАБЛИЦА 4. Механические свойства, твердость и ударная вязкость бандажей

Марка стали	Временное сопротивление разрыву, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Твердость, НВ		Ударная вязкость, Дж/см ²	
				на глубине 20 мм	на гребне, не более	при +20 °С	при –60 °С
				не менее		не менее	
2	930–1110	10	14	Не менее 269	321	25	15
4	не менее 1050	9	12	320–360	380	20	

Примечание. По согласованию с потребителем допускается устанавливать нижний предел твердости на глубине 20 мм для стали марки 4 не менее 300 НВ.

ТАБЛИЦА 5. Доля производства колес повышенного качества и твердости в общем объеме закупаемых колес

Годы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Доля производства колес, %	10,2	51,5	53,5	52,6	55,0	17,8	7,5	2,9

*Данные за 1 квартал 2011 года.



Рис. 2. Доля колес твердости 320–360 НВ в рабочем парке грузовых вагонов РФ

дефекта колеса (рис. 3). После применения колес повышенной твердости произошло сокращение отцепки в текущий отцепочный ремонт (ТОР) вагонов из-за неисправности колесных пар в целом в 2,6 раза, в том числе по выщербинам – в 1,8 раза, по дефектам гребня – в 3,4 раза, по ползунам и наварам – в 2,8 раза, по прокату выше нормы в 2,6 раза [6].

За 3 месяца 2011 года данные по мониторингу, проведенному ПКБ ЦВ ОАО РЖД (рис. 4), подтверждают сохранение положительной тенденции повышения срока службы колес с увеличением прочностных характеристик обода по разным оценкам в 1,5–1,9 раза,

то есть главная цель – сокращение отцепки в текущий ремонт – достигнута.

На рисунках 5 и 6 представлены диаграммы структур обточек колесных пар по эксплуатационному парку электровозов и тепловозов на ПЧ-2, ПЧ-21, ПЧ-27 за 2009 и 2010 годы.

Увеличение количества обточек электровозов произошло по износу гребня на 18,5% (с 2758 до 3267), по выщербинам на 21,7% (с 682 до 830).

Увеличение количества обточек тепловозов произошло по ползунам на 31,5% (с 130 до 171), по остроконечному накату на 42% (с 204 до 291), по выщербинам на 6%

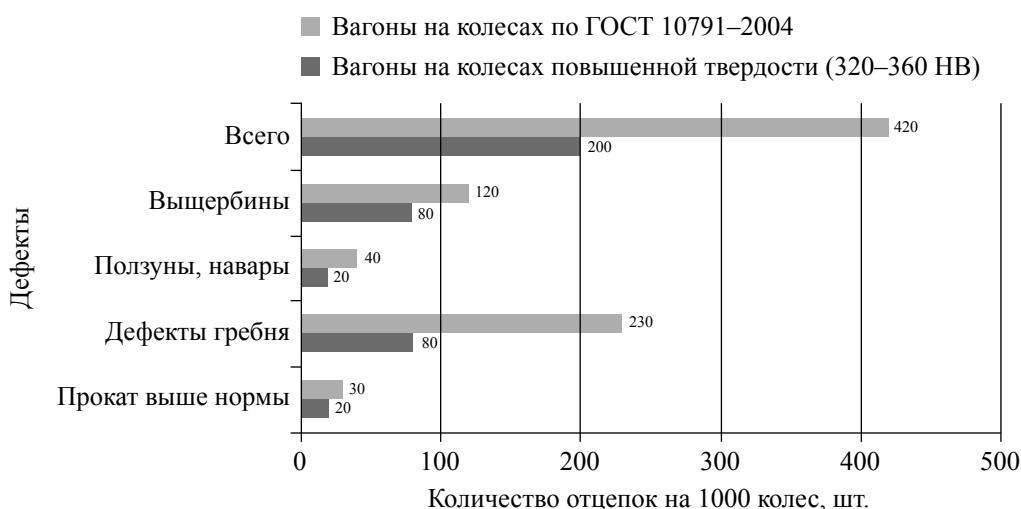


Рис. 3. Количество отцепок в ТОР по неисправностям колесных пар за 2009 год

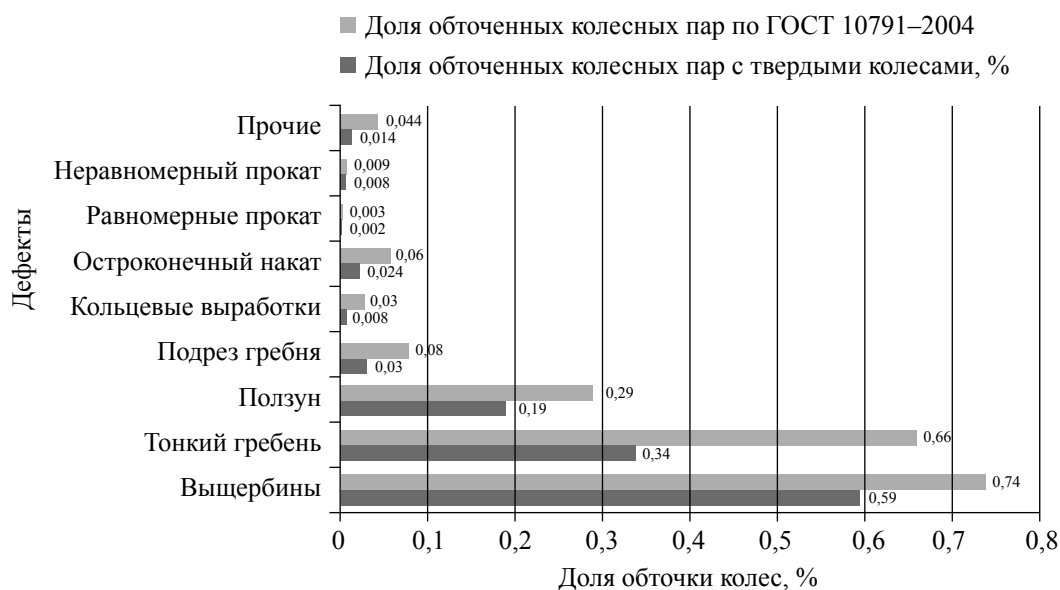


Рис. 4. Доля обточек цельнокатаных колесных пар

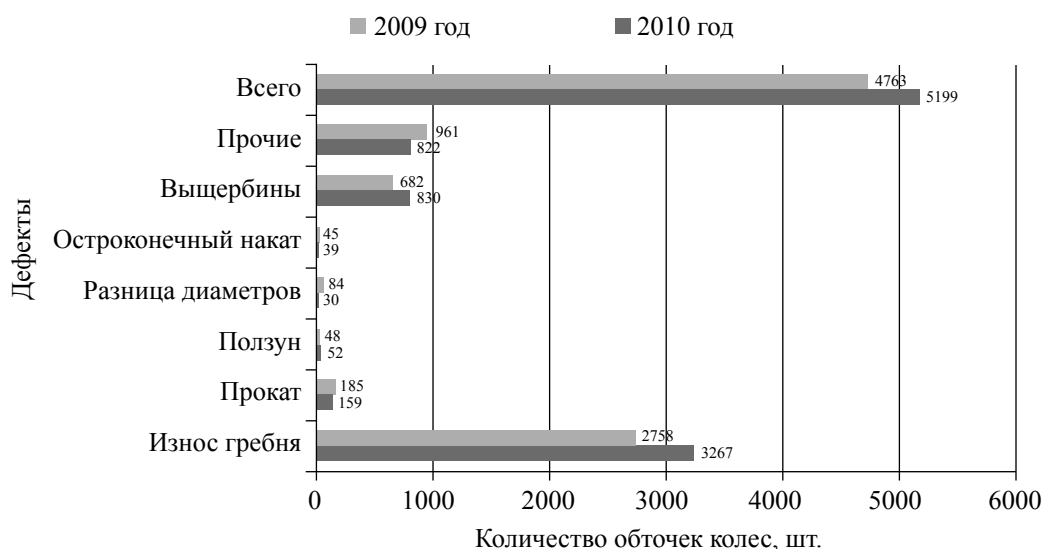


Рис. 5. Динамика обточек бандажных колесных пар электровозов за 2009–2010 годы

(с 608 до 646), по прочим причинам на 43,7% (с 501 до 720).

Сравнительный анализ диаграмм на рисунках 1, 5 и 6 показал, что одновременно с ростом удельного веса объемно закаленных рельсов возрастает и доля обточек колесных пар тягового подвижного состава. Введение ГОСТ 396–2010 направлено на изменение данной ситуации.

Средний пробег колесной пары с цельнокатаными колесами повышенной твердости

до первой обточки, по данным Главного вычислительного центра ОАО РЖД, составляет 279,7 тыс. км против 106,3 тыс. км у стандартных колес [7]. По оценке департамента вагонного хозяйства ОАО РЖД, новые колеса, обладая более высокой стойкостью к неисправностям и повышенным сроком службы, смогут принести РЖД внушительный экономический эффект.

В планах объединенной металлургической компании (ЗАО ОМК) на базе Выксун-

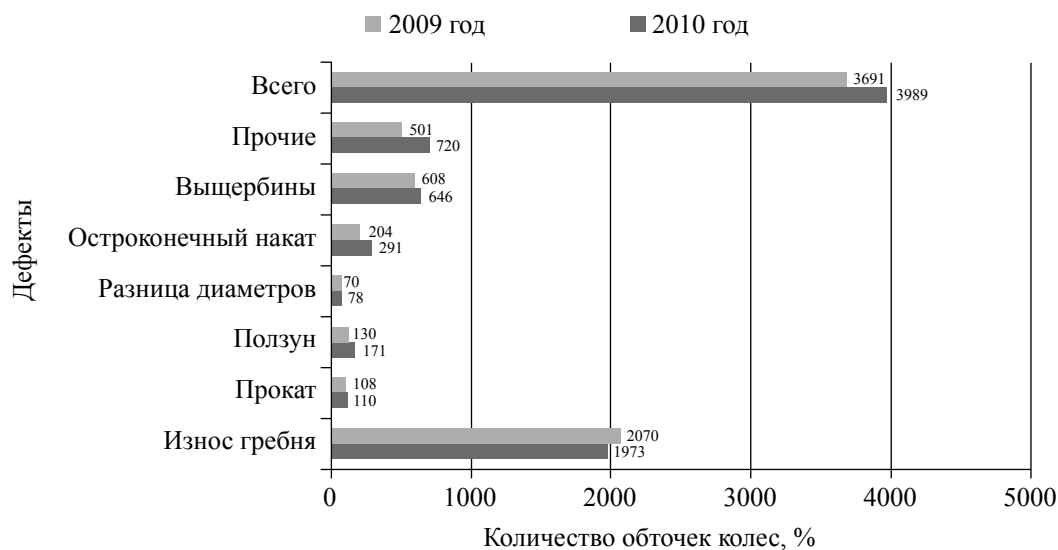


Рис. 6. Динамика обточек бандажных колесных пар тепловозов за 2009–2010 годы

ского металлургического завода предполагается разработка таких железнодорожных колес, как [8]:

- колеса из бейнитной стали для вагонов с нагрузкой на ось 25–27 тс. Эти колеса будут востребованы прежде всего на высоконагруженных замкнутых маршрутах;

- колеса низконапряженной конструкции, обеспечивающей устойчивое взаимодействие в системе *колесо–рельс*. Новая конструкция колеса под грузовыми вагонами с осевой нагрузкой до 25–30 тс;

- новейшие колеса с твердостью обода 360–390 НВ.

По прогнозам [9], благодаря насыщению вагонного парка колесами повышенной твердости, к 2015 году РЖД сможет сократить расходы на закупку новых колес в 1,5 раза.

4 Особенности технологического процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар повышенной твердости

К качеству колесных пар предъявляются высокие требования, так как колесная пара – это важное составное звено процесса движения, влияющее на его безопасность и определяющее основные технико-экономические показатели хозяйств пути и подвижного состава. Так, в частности, по-

тери энергии, обусловленные изнашиванием в системе *колесо–рельс*, составляют 10–30% расходуемых топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов [10]. Кроме того, расходы на реновацию рельсов и колесных пар составляют немалую часть общих расходов дистанций пути, локомотивных и вагонных депо и сети железных дорог в целом.

Таким образом, проблема повешения эффективности технологического процесса механической обработки по профилю катания железнодорожных колес при их ремонте является составной частью общей проблемы повышения надежности подвижного состава.

В ходе эксплуатации определенным образом меняются качественные свойства колесных пар вследствие износа, возникающих дефектов, нагрева при торможении. В силу этого технологический процесс восстановления профиля поверхности катания цельнокатаных колесных пар подвижного состава на ремонтных предприятиях имеет ряд особенностей. К ним относятся значительные колебания припуска, колебания твердости обрабатываемого материала и скорости резания.

В ремонтных депо при восстановлении профиля железнодорожных колес широко используется твердосплавный режущий инструмент призматической ($\gamma = -10^\circ \dots 0^\circ$, $\gamma f' = -15^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\varphi = 75^\circ$, $r = 4$ мм, $\lambda = 6^\circ$)

и чашечной формы ($\gamma = 0 \dots 10^\circ$, $\gamma f = -15^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $r = 14 \dots 16$ мм, $\lambda = 0 \dots 6^\circ$) с механическим креплением пластин.

Колебания припуска и особенности профиля колеса (наличие на поверхности катания колесной пары того или иного дефекта) часто приводят к крупному сечению срезаемого слоя и вызывают изменение длины режущей кромки. Крупные сечения срезаемого слоя с поверхности цельнокатаного колеса вызывают значительные колебания сил резания. Из-за возникающих при этом тепловых потоках и температурах режущий инструмент (РИ) находится в сложном напряженном состоянии, и, как отмечено в работе [11], при таких условиях примерно 50% отказов связано именно с износом РИ. Как отмечается в [12], статистические данные об использовании станков свидетельствуют о том, что значительная доля простоев оборудования (до 40%) имеет место в связи с низкой стойкостью и надежностью РИ.

Все это одновременно с колебаниями скорости резания и твердости вызывает изменение температурно-силовых нагрузок в процессе резания в широких пределах, что в совокупном единстве отрицательно влияет на режущий инструмент, оборудование и в целом на производительность процесса обработки.

Повышение механических свойств колесных сталей по новым ГОСТам приведет к некоторому ухудшению их обрабатываемости и снижению производительности, так как токарь осознанно пойдет на снижение режимов резания с целью минимизации риска по преждевременному выходу из строя режущего инструмента. Поэтому наиболее эффективным направлением совершенствования процесса восстановления профиля поверхности катания колеса является обеспечение надежной работы РИ путем использования рациональных режимов резания.

Заключение

Появление новых ГОСТов обусловлено интенсивным изнашиванием колесной пары, что в свою очередь отражает необходимость

оценки обрабатываемости колес повышенной твердости и определения рациональных режимов их восстановления.

Наиболее слабым звеном технологического процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар подвижного состава является тип и качество применяемого режущего инструмента (геометрия, материал твердого сплава, форма твердосплавного инструмента) и режимы резания.

Библиографический список

1. **К вопросу** об оптимальном соотношении твердости рельсов и колес / Е. А. Шур // Современные проблемы взаимодействия подвижного состава и пути : материалы научно-практической конференции «Колесо–рельс 2003», ВНИИЖТ, Щербинка, 20–21 ноября. – М. : Интекст, 2003. – С. 87–93.
2. **Ресурс** и ремонтпригодность колесных пар подвижного состава железных дорог : монография / ред. проф. И. А. Иванов. – М. : ИНФА-М, 2011. – 264 с.
3. **ГОСТ 10791–2011**. Колеса цельнокатаные. Технические условия. – Введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 33 с.
4. **ГОСТ 398–2010**. Бандажи черновые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия. – Введ. 2011-09-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 16 с.
5. **Цельнокатаные** колеса повышенного качества и твердости: реалии и будущее / С. В. Никитин // Вестник Института проблем естественных монополий. Техника железных дорог. – 2011. – № 2. – С. 19–20.
6. **Экономический эффект** твердого колеса / Я. Торина // РЖД-Партнер. – 2009. – № 10. – С. 100.
7. **Новым** грузовым вагонам – инновационные узлы и детали / Д. В. Шпади // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 2–6.
8. **Колеса** повышенной твердости детали / А. В. Сухов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2006. – № 3. – С. 25–27.
9. **Колеса** ВМЗ – гарантия эффективности и безопасности перевозок // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 25.

10. **Исследование** напряженного состояния пятна контакта колеса и рельса / А. А. Воробьев, П. Г. Сорокин // Новые материалы и технологии в машиностроении : сб. науч. трудов / ред. Е. А. Памфилов. – Вып. 3. – Брянск : БГИТА, 2004. – С. 8–18.

11. **Напряженно-деформированное** состояние и прочность режущих элементов инструмен-

тов / Е. В. Артамонов, И. А. Ефимович, Н. И. Смолен, М. Х. Утешев. – М. : ООО «Недра. Бизнес-центр», 2001. – 199 с.

12. **Повышение** качества инструмента и эффективности его применения на основе системного подхода / Г. Л. Хаев, И. А. Ординарцев // Станки и инструмент. – 1983. – № 7. – С. 10–13.

УДК 625.032.32

А. В. Саидова, А. М. Орлова

Петербургский государственный университет путей сообщения

УТОЧНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ИЗНАШИВАНИЯ КОЛЕС ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Представлена теория изнашивания, используемая при моделировании износа колес грузовых вагонов. На основе результатов расчетов мощности сил трения в контакте колес с рельсами, отнесенной к площади пятна контакта, определена точка перехода между слабой и сильной стадиями износа. Дополнительно исследовано влияние величины неровностей рельсовых нитей на износ.

износ колес, моделирование износа, стадии износа, тележка модели 18-9855.

Введение

Существует немалое количество гипотез и теорий изнашивания колес вагонов, большинство из которых базируется на предположении о том, что объем изношенного материала пропорционален работе сил трения в контакте колеса с рельсом [1], [2]. Теория износа Арчарда [3] является одной из наиболее популярных и достоверных. В ней учтены слабая и сильная стадии износа, причем точка перехода между этими стадиями определяется экспериментально. Отсутствие данных о такой точке, а также коэффициентах износа для слабой и сильной стадий для условий эксплуатации вагонов на российских железных дорогах делает задачу уточнения параметров модели изнашивания колес актуальной.

В статье решена задача нахождения значения мощности сил трения в контакте колеса

с рельсом, отнесенной к площади пятна контакта, тележки модели 18-9855 с допускаемой осевой нагрузкой 25 тс в условиях ее пробега под порожним и груженым универсальным полувагоном, при котором происходит переход от слабого износа к сильному. Дополнительно исследовано влияние величины неровностей пути на износ колес.

1 Методика определения точки перехода от слабого износа к сильному и исходные данные для расчетов

Результаты обмеров профилей колес тележек 18-9855 после пробега под груженым полувагоном по экспериментальному кольцу ВНИИЖТа (53 000 км) показали [4], что износ гребня ведущих набегających колес (в первой и третьей колесных парах по