

УДК 629.4.027.4

ВАРИАНТЫ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛЬНОКАТАНЫХ КОЛЕС

Иванов И. А., Потахов Д. А., Урушев С. В.

VARIANTS OF SOLID-ROLLED WHEELS RECOVERY PROCESS MODES EVALUATION

Ivanov I. A., Potakhov D. A., Urushev S. V.

В статье рассмотрены некоторые результаты использования колесных пар повышенного качества и твердости, предусмотренные новой редакцией ГОСТ 10791. Приведены статистические данные по эффективности их использования. Произведена оценка влияния твердости колесной стали на режимы восстановления профиля колеса на основе различных методов расчета с использованием теории подобия, теплофизического подхода, методов линейного программирования и термомеханического похода.

Ключевые слова: цельнокатаное колесо, режущий инструмент, восстановление поверхности катания, твердость, режимы процесса восстановления.

Введение. В процессе эксплуатации подвижного состава происходит износ и повреждение его ходовых частей и, в частности, профиля поверхности катания колесных пар [1]. Изношенный профиль периодически восстанавливается механической обработкой с применением твердосплавного режущего инструмента [2-4]. В связи с ростом удельной нагрузки на ось, переходом на рельсы тяжелого типа, использованием объемной закалки рельсов, снижением требований по величине перекаса пути и др. возрастает количество отцепок вагонов по различным дефектам колес, что в свою очередь приводит к увеличению затрат на ремонт локомотивного и вагонного хозяйств. Для повышения качества работы пары колесо – рельс разработаны технические условия и новые редакции ГОСТ 10791 и ГОСТ 398 и ведется производство колес повышенной твердости обода. В связи с этим требуется оценка обрабатываемости колесной стали колес повышенного качества и твердости.

1. Результаты эксплуатации колес повышенного качества и твердости. Начиная с 2004 года, на вагоны эксплуатационного парка РЖД

было отгружено более 3 млн колес повышенного качества и твердости. Доля производства таких колес в общем объеме закупаемых колес показана в табл. 1 [5], а динамика их роста в рабочем парке грузовых вагонов РФ представлена на рис. 1.

Таблица 1

Доля производства колес повышенного качества и твердости в общем объеме закупаемых колес

№ п/п	Года							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Доля производств ва колес, %	10,2	51,5	53,5	52,6	55,0	17,8	7,5	2,9

*данные за 1 квартал 2011 года.

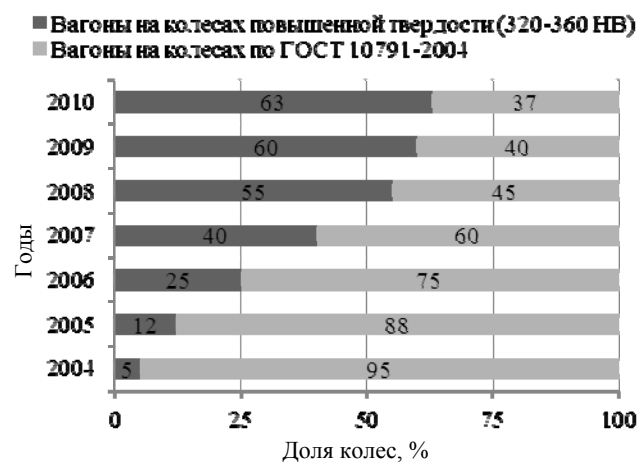


Рис. 1. Доля колес твердости 320-360 НВ в рабочем парке грузовых вагонов РФ

Анализ официальных данных по эксплуатации колесных пар с увеличенными прочностными характеристиками обода с начала их эксплуатации демонстрирует превосходство потребительских свойств таких колес по сравнению с традиционными колесами по разным оценкам в 1,5 – 1,9 раза.

Использование твердых колес сокращает отцепки вагонов по причине дефекта колеса (рис. 2). 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 и по прокату выше нормы в 2,6 раза [6].

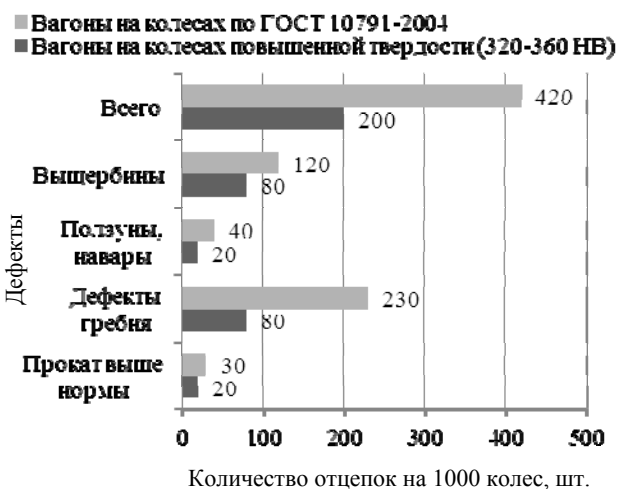


Рис. 2. Количество отцепок в ТОР по неисправностям колесных пар за 2009 год

Несмотря на положительный эффект от использования колес повышенной твердости в виде улучшения эксплуатационных свойств, в ряде случаев наблюдается отрицательный результат при их ремонте [7-9]. Повышение физико-механических характеристик обрабатываемых колес приводит к изменению температурно-силовых нагрузок на режущий инструмент и преждевременному выходу его из строя на режимах, применяемых для колес по ГОСТ 10791-2004.

2. Анализ результатов расчета режимов процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар по ГОСТ 10791-2011. Сравнение режимов процесса восстановления профиля поверхности катания железнодорожных колес осуществлялось при использовании режущего инструмента призматической формы из твердых сплавов группы применения Р и М (Т14К8, МС121, МС137 и др.). Инструмент имел следующую геометрию заточки: $\gamma=0^\circ$, $\varphi=70^\circ$, $\varphi_1=20^\circ$, $\alpha=6^\circ$, радиус при вершине пластины - $r=4 \cdot 10^{-3}$ м. Графические зависимости влияния твердости колесной стали на скорость резания, полученную на основе разных подходов и теорий, отображаются в виде вогнутых

кривых (рис. 3-5), снижающихся при увеличении твердости колесной стали.

На рис. 3 показана скорость резания, полученная при разных значениях твердости при глубине резания 3 мм с использованием при расчете теории подобия [10], теплофизического анализа [11, 12], термомеханического подхода [13, 14] и линейного программирования [15-17]. Как видно из рис.3, рассчитанные режимы восстановления имеют определенные отличия. Наименьшие значения скорости соответствуют термомеханическому подходу, средние величины дают теплофизический подход и метод подобия, а наибольшие значения получены на основе метода линейного программирования с использованием общемашиностроительных нормативов [18, 19].

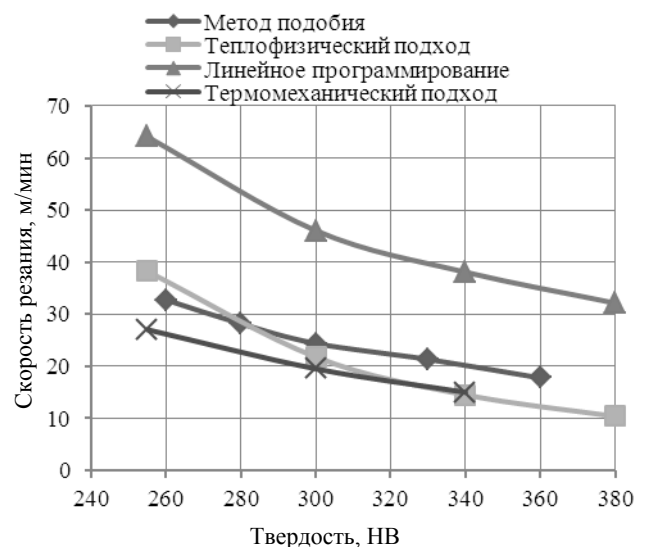


Рис. 3. Влияние твердости колесной стали на скорость резания, полученную разными методами расчета при $s=1,1$ мм, $t=3$ мм

Рис. 4 отражает влияние твердости колесной стали на скорость резания при глубине 5 мм. На данной глубине резания значения скоростей, полученные с использованием метода подобия и термомеханического подхода, практически совпадают во всем диапазоне твердостей. Режимы, полученные на основе теплофизического анализа, несколько выше при относительно небольших значениях твердости порядка 250-280 НВ, однако при ее увеличении значение скорости резания на основе этих трех подходов все более сближаются. Режимы, полученные методом линейного программирования, опять ощутимо отличаются. Одной из причин этого отличия может быть отсутствие в математической модели зависимостей, учитывающих в явном виде влияние температурно-износных процессов на результаты расчета.

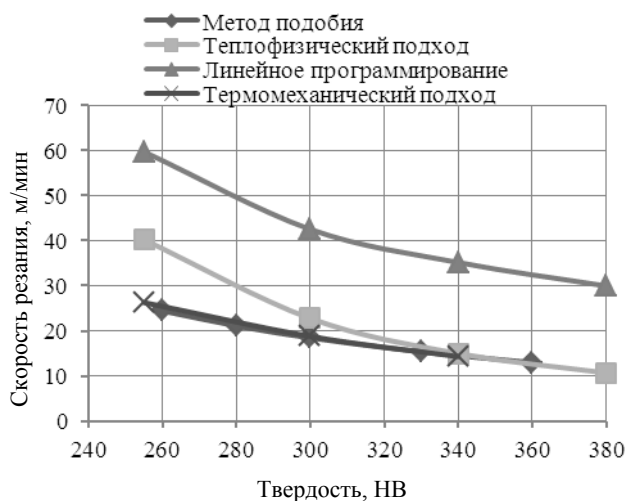


Рис. 4. Влияние твердости колесной стали на скорость резания, полученную разными методами расчета при $s=1,1$ мм, $t=5$ мм

На рис. 5 отражено влияние твердости стали на скорость резания, полученную на основе различных методов расчета для глубины резания в 9 мм. Из сравнительного анализа кривых можно заключить, что метод подобия и термомеханический подход дают практически одни режимы восстановления профиля колеса, данные теплофизического подхода с ними разнятся, однако тем меньше, чем выше твердость колеса. Опять же режимы, полученные на основе метода линейного программирования, отличаются от других методов расчета, предполагаемые причины чего были представлены выше.

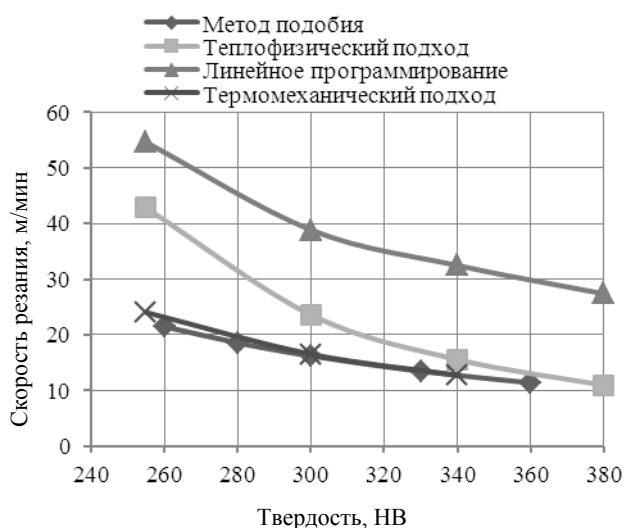


Рис. 5. Влияние твердости колесной стали на скорость резания, полученную разными методами расчета при $s=1,1$ мм, $t=9$ мм

Таблиця 2

Сравнение результатов расчета скорости резания для стали твердостью 255 НВ при $s=1,1$ мм

Глубина t , мм	Скорость резания v , м/мин			
	Метод подобия	Теплофизический подход	Линейное программирование	Термомеханический подход
3	29,30	38,26	64,09	27,04
5	25,32	40,25	59,76	26,29
7	23,39	41,56	56,84	25,54
9	22,26	42,83	54,61	24,04
11	21,59	43,04	53,00	22,54

Таблиця 3

Сравнение результатов расчета скорости резания для стали твердостью 300 НВ при $s=1,1$ мм

Глубина t , мм	Скорость резания v , м/мин			
	Метод подобия	Теплофизический подход	Линейное программирование	Термомеханический подход
3	21,35	21,78	46,08	19,53
5	18,45	22,75	42,53	18,78
7	17,05	23,23	40,46	18,03
9	16,22	23,60	38,87	16,53
11	15,72	23,91	37,72	15,78

Таблиця 4

Сравнение результатов расчета скорости резания для стали твердостью 340 НВ при $s=1,1$ мм

Глубина t , мм	Скорость резания v , м/мин			
	Метод подобия	Теплофизический подход	Линейное программирование	Термомеханический подход
3	16,80	14,53	38,10	15,02
5	14,48	14,97	35,17	14,27
7	13,37	15,35	33,46	13,52
9	12,71	15,58	32,47	12,77
11	12,31	15,69	31,51	12,02

В численном виде рассчитанные режимы восстановления профиля колеса представлены в табл. 2-4.

Как при интенсивных режимах восстановления, соответствующих достаточно большим величинам сечения срезаемого слоя, так и при режимах резания со сравнительно небольшой толщиной срезаемого слоя при увеличении твердости стали рассчитанная скорость существенно уменьшается.

Заключение. 1. Результаты использования колес с улучшенными физико-механическими характеристиками свидетельствуют об улучшении их эксплуатационных свойств. Однако в процессе их ремонта наблюдается

нежелательный результат в части снижения производительности восстановления.

2. Различие в твердости колесных пар, предусмотренное ГОСТ 10791-2011, приводит к значительному изменению расчетной величины скорости резания при восстановлении профиля. Так, независимо от применяемого метода расчета при увеличении твердости колесной стали расчетная скорость резания ощутимо падает.

3. Использование новых марок колесных сталей с повышенными физико-механическими свойствами потребует при восстановлении профиля поверхности катания на ремонтных предприятиях снижения уровня режимов резания примерно в 2 раза по сравнению с режимами обработки обычных железнодорожных колес.

Литература

1. Богданов А.Ф. и др. Восстановление профиля поверхности катания колесных пар / А.Ф. Богданов, И.А. Иванов, М. Ситаж. Под ред. д.т.н. И.А. Иванова. – СПб.: ПГУПС, 2000. – 128 с.
2. Богданов А.Ф., Чурсин В.Г. Эксплуатация и ремонт колесных пар вагонов. – М.: Транспорт, 1985. – 270 с.
3. Повышение работоспособности колес рельсового транспорта при ремонте технологическими методами / И.А. Иванов, С.В. Урушев, М. Ситаж, А.М. Будюкин; Под ред. д.т.н. И.А. Иванова. – СПб.: ПГУПС, 1995. – 124 с.
4. Воробьев А.А., Иванов И.А., Кононов Д.П., Тарапанов А.С. Анализ методов восстановления профиля катания колесных пар // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – №3 – с. 34-38.
5. Никитин С. В. Цельнокатаные колеса повышенного качества и твердости: реалии и будущее // Вестник института проблем естественных монополий. Техника железных дорог. – 2011. – №2. – с. 19–20.
6. Торина Я. Экономический эффект твердого колеса//РЖД–Партнер: Деловой журнал Российских железных дорог. – СПб.: ОМ–Экспресс, 2009.–№10. – с. 100.
7. Потахов Д. А. Использование на подвижном составе колесных пар повышенной твердости // Известия ПГУПС. – 2013. – №1 (34) – с. 139-147
8. Воробьев А.А., Иванов И.А., Кушнер В.С., Крутько А.А. Разработка рекомендаций по режимам обработки колесных пар повышенной твердости // Транспорт Урала. – 2009.– №1 (21) – с. 48-51.
9. Ресурс и ремонтпригодность колесных пар подвижного состава железных дорог. Монография / Под ред. проф. И.А. Иванова. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 264 с. – (Научная мысль).
10. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. – М.: Машиностроение, 1979. – 152 с.
11. Резников А. Н. Теплофизика процессов механической обработки. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
12. Потахов Д. А. Теплофизический анализ процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – №3 – с. 11-16.
13. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, – 448 с.
14. Воробьев А.А., Иванов И.А., Кушнер В.С., Крутько А.А. Разработка рекомендаций по режимам обработки колесных пар повышенной твердости // Транспорт Урала. – 2009.– №1 (21) – с. 48-51.
15. Лунгу К. Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. – М.: Физматлит, 2005. – 128 с.
16. Горанский Г. К. Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин.– Минск.: Государственное издательство БССР, 1963. – 192 с.
17. Богданов А. Ф., Диденко В. В. Математическая модель станкооперации // Конструкционно-технологическое обеспечение надежности подвижного состава. Сб. научн. тр. – Л.: ЛИИЖТ, 1985. – с. 87-97.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник в 2-х т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.

References

1. Bogdanov A.F. i dr. Vosstanovlenie profilja poverhnosti katanija kolesnyh par / A.F. Bogdanov, I.A. Ivanov, M. Sitazh. Pod red. d.t.n. I.A. Ivanova. – SPb.: PGUPS, 2000. – 128 s.
2. Bogdanov A.F., Chursin V.G. Jekspluatacija i remont kolesnyh par vagonov. – M.: Transport, 1985. - 270 s.
3. Povyshenie rabotosposobnosti koles rel'sovogo transporta pri remonte tehnologicheskimi metodami / I.A. Ivanov, S.V. Urushev, M. Sitazh, A.M. Budjukin; Pod red. d.t.n. I.A. Ivanova. – SPb.: PGUPS, 1995. – 124 s.
4. Vorob'jov A.A., Ivanov I.A., Kononov D.P., Tarapanov A.S. Analiz metodov vosstanovlenija profilja katanija kolesnyh par // Vestnik VNIIZhT. – 2011. – №3 – s. 34-38.
5. Nikitin S. V. Cel'nokatanye kolesa povyshennogo kachestva i tverdosti: realii i budushhee // Vestnik instituta problem estestvennyh monopolij. Tehnika zheleznyh dorog. – 2011. – №2. – s. 19–20.
6. Torina Ja. Jekonomicheskij jeffekt tverdogo kolesa//RZhD–Partner: Delovoj zhurnal Rossijskih zheleznyh dorog. – SPb.: OM–Jekspress, 2009.–№10. – s. 100.
7. Potahov D. A. Ispol'zovanie na podvizhnom sostave kolesnyh par povyshennoj tverdosti // Izvestija PGUPS. – 2013. – №1 (34) – s. 139-147
8. Vorob'jov A.A., Ivanov I.A., Kushner V.S., Krut'ko A.A. Razrabotka rekomendacij po rezhimam obrabotki kolesnyh par povyshennoj tverdosti // Transport Urala. – 2009.– №1 (21) – s. 48-51.
9. Resurs i remontoprigodnost' kolesnyh par podvizhnogo sostava zheleznyh dorog. Monografija / Pod red. prof. I.A. Ivanova. – M.: INFRA-M, 2011. – 264 s. – (Nauchnaja mysl').
10. Silin S.S. Metod podobija pri rezanii materialov. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 152 s.
11. Reznikov A. N. Teplofizika processov mehanicheskoy obrabotki. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 279 s.
12. Potahov D. A. Teplofizicheskij analiz processa vosstanovlenija profilja poverhnosti katanija kolesnyh par // Vestnik VNIIZhT. – 2013. – №3 – s. 11-16.
13. Vasin S.A., Vereshhaka A.S., Kushner B.C. Rezanie materialov: Termomechanicheskij podhod k sisteme vzaimosvjazej pri rezanii. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2001, – 448 s.
14. Vorob'jov A.A., Ivanov I.A., Kushner V.S., Krut'ko A.A. Razrabotka rekomendacij po rezhimam obrabotki kolesnyh par povyshennoj tverdosti // Transport Urala. – 2009.– №1 (21) – s. 48-51.
15. Lungu K. N. Linejnoe programmirovanie. Rukovodstvo k resheniju zadach. – M.: Fizmatlit, 2005. – 128 s.
16. Goranskij G. K. Raschet rezhimov rezanija pri pomoshhi jelektronno-vychislitel'nyh mashin.– Minsk.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo BSSR, 1963. – 192 s.
17. Bogdanov A. F., Didenko V. V. Matematicheskaja model' stankooperacii // Konstrukcionno-tehnologicheskoe obespechenie nadjozhnosti podvizhnogo sostava. Sб. nauchn. tr. – L.: LIIZhT, 1985. – s. 87-97.
18. Spravochnik tehnologa-mashinostroitelja. V 2-h t. / Pod red. A.G. Kosilovoj i R.K. Meshherjakova. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 656 s.

19. Obshhemashinostroitel'nye normativy rezhimov rezanija: Spravochnik v 2-h t. / A.D. Loktev, I.F. Gushhin, V.A. Batuev i dr. – М.: Mashinostroenie, 1991. – 640 s.

Іванов І. А., Потахов Д. А., Урушев С. В.
Варіанти оцінки режимів процесу відновлення суцільнокатаних коліс

У статті розглянуті деякі результати використання колісних пар підвищеної якості і твердості, передбачені новою редакцією ГОСТ 10791. Наведено статистичні дані з ефективності їх використання. Зроблена оцінка впливу твердості колісної сталі на режими відновлення профілю колеса на основі різних методів розрахунку з використанням теорії подібності, теплофізичного підходу, методів лінійного програмування і термомеханічного підходу.

Ключові слова: суцільнокатані колеса, різальний інструмент, відновлення поверхні кочення, твердість, режими процесу відновлення.

Ivanov I. A., Potakhov D. A., Urushev S. V.
Variants of solid-rolled wheels recovery process modes evaluation

The article discusses some results of the use of wheel sets of high quality and hardness, provided by the new version of GOST 10791. It provides statistics on the effectiveness of their use. The evaluation is performed to determine the influence of the hardness of wheel steel on

the wheel profile recovery modes, based on different methods of calculation using the theory of similarity, thermal approach, linear programming methods, and thermo-mechanical approach. It is noted that the use of new grades of wheel steels with improved physical and mechanical properties provided by GOST 10791-2011, would require the repair shops to reduce the cutting modes about 2-fold for the recovery of riding surface profile, compared to the cutting modes for conventional railroad wheels.

Keywords: solid wheels, cutting tools, restore the running surface, the hardness, the recovery mode.

Іванов І. А. – д.т.н., професор кафедри «Технологія металів», ПГУПС, Росія, e-mail: ivanov_1_7@mail.ru.

Потахов Д. А. – аспірант кафедри «Технологія металів», асистент кафедри «Автоматизоване проектування», ПГУПС, Росія, e-mail: demon_511@inbox.ru.

Урушев С. В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Технологія металів», ПГУПС, Росія, e-mail: ktehmet@pgups.edu.

Рецензент: Чурков Н.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.06.2013