

Бонгосурен Тувшинтур,
соискатель, Иркутский государственный университет путей сообщения,
главный технолог инженерного центра Улан - Баторской железной дороги,
тел. 89642720158, e-mail: bongo_tuvshin@yahoo.com

Гозбенко Валерий Ерофеевич,
д.т.н., профессор,
Иркутский государственный университет путей сообщения,
Ангарский государственный технический университет,
e-mail: vgozbenko@yandex.ru

АНАЛИЗ ИЗНОСА КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНОВ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Bongosuren Tuvshintur, Gozbenko V.E.

ANALYSIS WEAR OF WHEEL PAIRS ULAANBAATAR WAGONS RAILWAY

Аннотация. Статья посвящена анализу износа гребня колесных пар грузовых вагонов Улан-Баторской железной дороги. На основе многочисленных экспериментальных данных исследуются причины, влияющие на износ. Согласно данным изменения толщины гребня, интенсивность износа первой колесной пары за 5000 км меньше, чем третьей, а износ второй колесной пары меньше, чем четвертой. Последующие 10000 км и 30000 км пробега данный показатель изменяется в противоположную сторону, следовательно, необходимо изменять порядок следования колесных пар.

Ключевые слова: колесо, рельс, износ, гребень, колесные пары, направление движения, радиус кривых, поворот колесных пар.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the wear of the crest of the wheel pairs of freight cars of the Ulanbator Railway. Based on numerous experimental data, the factors affecting wear are investigated. According to the change in ridge thickness, the wear rate of the first wheelset over 5000 km is less than the third, and the wear of the second wheelset is less than the fourth. Subsequent 10,000 km and 30,000 km of run, this indicator changes in the opposite direction, therefore, it is necessary to change the sequence of wheelsets.

Keywords: wheel, wear, ridge, wheel pairs, direction of travel, radius of curves, rotation of wheel pairs.

Большая часть вагонов парка Улан-Баторской железной дороги оборудована тележками модели 18-100. При ремонте грузовых вагонов наблюдается большое количество повреждений у колесных пар, таких как износ толщины гребня по кругу катания. Для обеспечения плавного перемещения пятна контакта с конической частью поверхности катания на гребень, в том числе при движении вагонов в кривых участках пути с малыми радиусами, профиль обода колеса очерчен дугами и сопряженными отрезками прямых с различными угловыми коэффициентами. Положение центров этих дуг относительно общего центра и сопряжение прямых и дугообразных частей профиля выбираются с учетом толщины гребня, которая должна находиться в диапазоне 29-33 мм. Данный интервал охватывает все колёса. Общий вид профиля приведен на рисунке 1.

Нормальное давление в точке контакта гребня колеса и рельса можно представить в виде:

$$N = y_1 \sin \gamma, \quad (2)$$

где y_1 – направляющее усилие, действующее на первую ось тележки; γ – угол наклона рабочей поверхности гребня к горизонту.

Площадь контакта гребня колеса с боковой гранью рельса зависит от угла набегания колеса на рельс и может быть определена в относительных единицах по формуле:

$$G = 1 + \frac{x_1}{R}, \quad (3)$$

где x_1 – расстояние от полюса поворота до геометрической оси первой колесной пары экипажа; R – радиус кривой.

Определим скольжение W гребня колеса по рельсу. При движении подвижного состава по кривой действуют силы, которые поворачивают экипаж на необходимый угол. Поэтому экипаж находится в сложном поступательно-вращательном движении. Любая подвижная единица имеет больше одной оси, а в пределах жесткой базы (тележки) все оси параллельны между собой, и поворачиваться относительно продольной оси этой базы не могут. Следовательно, движение, связанное с поворотом экипажа, возможно лишь при скольжении колес по рельсам [11]. Во время движения экипажа по кривой колеса скользят по рельсам не только за счет вращения жесткой базы вокруг полюса поворота C , но и в результате вращения колес. Относительная величина этого скольжения гребня составит:

$$U_r = \frac{a}{r}, \quad (4)$$

где a – глубина касания гребня колеса и головки рельса; r – радиус колеса.

Суммарное относительное скольжение точки D , расположенной на рабочей поверхности гребня, по боковой грани рельса можно вычислить по формуле

$$W_D = \sqrt{\left(\frac{S}{2R} - \frac{a}{r}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{R \cos \gamma}\right)^2 + \left(\frac{a}{r} \frac{x_1}{R \cos \gamma}\right)^2}. \quad (5)$$

Для определения износа толщины гребня колесных пар специалистами службы вагонного хозяйства принимаются ряд мер, одной из которых является измерение толщины гребня колесных пар в пути следования за определенный срок, выбирая конкретный вагон. В результате измерений мы пришли к следующему: после проведения планового ремонта вагона за первое время эксплуатации очень активно изнашивается толщина гребня. При увеличении температуры воздуха, особенно в летнее время, интенсивность износа толщины гребня увеличивается.

При сравнении износа толщин гребней четырех колесных пар одного вагона наблюдается износ толщины гребня у первой и третьей колесных пар в 4-6 раз выше, чем у второй и четвертой (таблица 1).

Таблица 1

Результаты измерений износа гребня колёсных пар

Дата	Сравнительная характеристика	Значение, мм							
		Первая колёсная пара		Вторая колёсная пара		Третья колёсная пара		Четвертая колёсная пара	
		Сторона А	Сторона Б	Сторона А	Сторона Б	Сторона А	Сторона Б	Сторона А	Сторона Б
Первоначальная толщина гребня колесных пар									
23 мая	Толщина гребня	33	33	33	33	33	33	31	30
Толщина гребня (7190 км пробега)									
24 июня	Толщина гребня	31	31	31	32	30	31	30	29
	Износ	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
	Износ при каждом 100 км пробега	0,028	0,028	0,028	0,014	0,042	0,028	0,014	0,014
Толщина гребня (8132 км пробега)									
25 августа	Толщина гребня	29,5	30	31	31	27,5	30	30	29
	Износ	1,5	1,0	0,0	1,0	2,5	1,0	0,0	0,0
	Износ при каждом 100 км пробега	0,019	0,012	0,0	0,012	0,031	0,012	0,0	0,0
Толщина гребня (11297 км пробега)									
28 октября	Толщина гребня	29	30	31	31	27	30	30	29
	Износ	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0
	Износ при каждом 100 км пробега	0,005	0,00	0,00	0,00	0,005	0,00	0,009	0,00
Общая толщина гребня через 26619 км пробега									
Износ		4,0	3,0	2,0	2,0	6,0	3,0	1,0	1,0
Износ при каждом 100 км пробега		0,015	0,011	0,008	0,008	0,023	0,011	0,004	0,004
Увеличение интенсивности износа		В 4 раза	В 3 раза	В 2 раза	В 2 раза	В 6 раз	В 3 раза	Нормально	Нормально

Из анализа профилей колес локомотивов и вагонов следует, что они значительно отличаются по наклону (коничности) кругов катания, по величине радиуса выкружки гребня, углам наклона рабочей поверхности гребня, что неблагоприятно сказывается на условия контактирования колес и рельсов, а также на интенсивность их износа. В каждой тележке электровоза имеются колеса, с износом гребней существенно превосходящий износ других колес этой же тележки. Средняя интенсивность износа гребней некоторых колес тележек в 2 раза выше, чем остальных колес той же тележки. Объясняется это плохим распределением сцепного веса по осям электровоза и недостаточной твердостью отдельных колес.

Для определения дальнейших исследований необходимо провести статистическую обработку данных по износу колес вагонов.

Статистические данные для расчетов получены для 246 вагонов, прошедших деповской ремонт в грузовом вагонном депо Дзунхара Улан-Баторской железной дороги. По требованиям ГОСТ толщина гребня колесных пар должна иметь размер 33 мм [15]. При эксплуатации исследуемых вагонов в течение трех лет после выпуска, уменьшение толщины гребня колесных пар вагонов колеблется от 0 до 7 мм. Общий размер выборки составил от $n=496$ (только левые и правые колеса) и $n=1984$ (общее число колес).

Грузовые вагоны совершали перевозки по маршруту станции Ероо-Дзамынуде протяженностью 1100 км в четном направлении груженые, а в нечетном направлении порожние, груз – железные руды.

Статистические данные [16, 17] износа колесных пар получены в депо Дзунхара Улан-Баторской железной дороги [18, 19]. Расчеты планируется проводить по результатам данных для первых, вторых, третьих и четвертых колесных пар, первой, второй тележки, по левым, по правым колесам и по всем колесным парам (таблица 2).

Таблица 2

Износ всех колесных пар

№ п/п	№ вагона	Колесная пара	Толщина гребня, лев. мм	Толщина гребня, прав. мм	Пробег 2010-2013 гг, км
1	546010	1	30	29	122916,00
2		2	28	29	
3		3	29	28	
4		4	29	28	
5	545111	1	29	30	142359,00
6		2	31	29	
7		3	28	29	
8		4	30	30	
...					
981	541698	1	28	30	109686,00
982		2	29	28	

Окончание таблицы 2

983		3	29	30	
984		4	31	32	
Суммарный износ гребней			28296,50	28462,00	31739137,00
Относительный суммарный износ гребней			32472,00	32472,00	
Разность износа гребней			4175,50	4010,00	

По суммарному износу гребней колесных пар вагонов можно сделать вывод, что левая сторона гребней колес изнашивается больше, чем правая.

Ниже в качестве примера приведены результаты измерения износа гребней первой колесной пары (таблица 3).

Таблица 3

Износ гребней колесных пар (первая колесная пара)

№ п/п	№ вагона	Толщина гребня, лев. мм	Толщина гребня, прав. мм	Пробег 2010-2013 гг, км
1	546010	30	29	122916
2	545111	29	30	142359
3	544338	29	30	119643
4	542936	29	29	152421
5	542753	30	29	138741
6	542043	29	28	147726
...				
242	545582	29	28	145152
243	544494	28	28	125537
244	544585	29	28	131244
245	544577	28	29	134377
246	541698	28	30	109686
Суммарный износ гребней			7076,5	7107
Относительный суммарный износ гребней			8118	8118
Разность износа гребней			2052,5	

Суммарная разность износа гребней по колесным парам и тележкам приведена в таблице 4.

Таблица 4

Суммарная разность износа гребней

Параметр	Первая колёсная пара	Вторая колёсная пара	Третья колёсная пара	Четвертая колёсная пара	Первая тележка	Вторая тележка
Разность износа гребней	2052,5	2078,5	2056,5	1998	4131	4054,5

При эксперименте грузового вагона по износу толщины гребня колесных пар можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо составить расчёт экономической эффективности замены колесных пар вагонов с учётом обточка колес при каждом достижении соответствующих размеров толщины гребня и провести сравнительный анализ.

2. По данным изменения толщины гребня интенсивность износа первой колесной пары за 5000 км меньше, чем третьей, а износ второй – меньше, чем четвертой; последующие 10000 км и 30000 км пробега данный показатель изменяется в противоположную сторону, следовательно, создается условие замены колесных пар, но при этом необходимо доказать данное условие путем статической обработки данных.

3. При дальнейшем расчёте необходимо учесть пробег вагона в порожнем и груженом направлении.

4. Необходимо учесть данные о главной магистрали дорог, в том числе радиус кривых участков, уклон, тип рельсов, состояния стрелочных переводов.

5. Необходимо дополнить эксперименты и получив данные, разработать программу обработки экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воротилкин А.В., Каргапольцев С.К., Гозбенко В.Е. Математическая модель динамического взаимодействия в системе «колесо-рельс» с учетом их лубрикации. М. Деп. ВИНТИ. 13.02.2006. №152-В 2006. 24 с.

2. Винокуров Д.И., Гозбенко В.Е. Создание и моделирование новых смазочных композиций для лубрикации из отходов химического производства // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. №1(29). 2011. С. 148-156.

3. Винокуров Д.И., Гозбенко В.Е., Якимова Г.А., Корчевин Н.А. Трибохимические реакции в зоне трения колесо-рельс при использовании нетрадиционных смазочных композиций. Современные технологии // Системный анализ. Моделирование. №2 (30). 2011. С. 190-193.

4. Гозбенко В.Е., Винокуров Д.И. Моделирование смазочных материалов, снижающих износ элементов пути и ходовых частей подвижного состава // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 2 (34). С. 132-138.

5. Gozbenko V.E., Kargapoltsev S.K., Karlina A.I. Environmental benefits of new industrial waste-based lubricant compositions. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 012020.

6. Назаров Н.С., Якимова Г.А., Руссавская Н.В., Ясько С.В., Гозбенко В.Е., Корчевин Н.А. Использование отходов производства в композициях для лубрикации рельсов. Иркутск, 2003.

7. Gozbenko V.E., Kargapoltsev S.K., Karlina A.I. Synthesis and structure of sulfur-containing polymers based on polymer industrial waste applied for rail lubrica-

tion. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 012021.

8. Ахмадеева А.А., Гозбенко В.Е. Динамические свойства вагона с двухступенчатым рессорным подвешиванием // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. №3(27). 2010. С. 60-69.

9. Ахмадеева А.А., Гозбенко В.Е. Рациональное задание числа степеней свободы динамической модели грузового вагона // Системы. Методы. Технологии. № 4(12). 2011. С. 25-28.

10. Гозбенко В.Е. Управление динамическими свойствами механических колебательных систем. Монография. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та. 2000. 412 с.

11. Гозбенко В.Е. Методы управления динамикой механических систем на основе вибрационных полей и инерционных связей. Монография. – М.: Машиностроение. 2004. 386 с.

12. Елисеев С.В., Банина Н.В., Ахмадеева А.А., Гозбенко В.Е. Математические модели и анализ динамических свойств механических систем. Депонированная рукопись № 782-В2009 08.12.2009.

13. Гозбенко В.Е., Карлина А.И., Каргапольцев С.К. Главные координаты в решении задач вертикальной динамики транспортного средства // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 3 (31). С. 58-62.

14. Хоменко А.П., Елисеев С.В., Гозбенко В.Е., Банина Н.В. Устройство для управления состоянием объекта защиты. Патент на полезную модель RU 56858 U1, 27.09.2006. Заявка № 2006113670/22 от 21.04.2006.

15. Богданов А.Ф., Чурсин В.Г. Эксплуатация и ремонт колесных пар вагонов. – М.: Транспорт, 1985.

16. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977.

17. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистики. – М.: Высшая школа, 1979.

18. «Памятка осмотрщику вагонов № 724-2009 ПКБ ЦВ», Проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства ОАО «РЖД», 2009.

19. Материалы из архива Улан-Баторской железной дороги.