

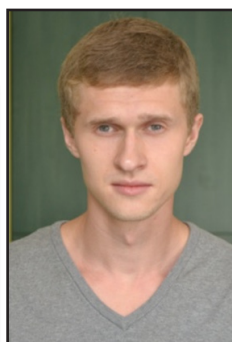


Анализ надежности буксовых подшипниковых узлов грузовых вагонов



Игорь МАРТЫНОВ
Igor E. MARTYNOV

Алёна ТРУФАНОВА
Aliona V. TRUFANOVA



Вадим ШОВКУН
Vadim A. SHOVKUN

Мартынов Игорь Эрнстович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны» Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, Харьков, Украина. Труфанова Алёна Владимировна — кандидат технических наук, доцент УкрГУЖТ, Харьков, Украина. Шовкун Вадим Александрович — аспирант УкрГУЖТ, Харьков, Украина.

Analysis of Reliability of Axle Box Bearing Units of Freight Cars
(текст статьи на англ. яз. — English text of the article — p. 230)

Авторами представлен анализ надежности буксовых узлов. Приведенные данные характеризуют ее уровень в отношении общего парка грузовых вагонов. Приведена оценка параметров потока отказов из-за повреждения роликовых букс в вагонах общего парка в сравнении с парком крытых универсальных вагонов. Ставится вопрос о причинах отказов и возможности иметь математическую модель, способную помочь в определении меры надежности буксовых узлов.

Ключевые слова: железная дорога, вагон, буксовый узел, роликовая букса, надежность, отказ, анализ причин, статистические зависимости.

Находясь в сложных эксплуатационных и погодных условиях, буксовый узел должен сохранять работоспособность независимо от внешних факторов. Буксы воспринимают и передают колёсным парам напряжения гружёного кузова, а также динамические нагрузки, возникающие при движении вагона по кривым участкам, стрелочным переводам, неровностям пути и стыкам рельсов. Каждая, подчас незначительная, их неисправность может привести к отказу техники и угрожает безопасности перевозки пассажиров или грузов.

Эти риски подтверждает анализ распределения причин, вызвавших транспортные происшествия, отнесенные по вагонным хозяйствам, за период 1995-2012 годов. Очевидно, что именно отказы буксовых узлов привели в большинстве своем к критическим рабочим ситуациям.

По данным Украинской железной дороги (УЗ), количество отцепок вагонов из-за чрезмерного нагрева роликовых букс, который был обнаружен дистанционными приборами контроля, колеблется в широких

Таблица 1

Основные причины чрезмерного нагрева буксовых узлов

Причины отцепок	Процент от числа отцепок
	2009-2012 гг.
Неисправности сепаратора	2,44
Неисправности торцевого крепления	24,39
Срабатывания типа «ёлочка»	13,41
Проворот внутреннего кольца	4,88
Полное разрушение подшипника	4,88
Загрязнение или обводнение смазки	15,85
Трещины и сколы колец	6,10
Раковины на поверхности качения колец	4,88
Другие причины (человеческий фактор)	23,17
Всего:	100,0

пределах: от 352 случаев в 1995 году до 33 — в 2012-м. Но к этому количеству следует добавить случаи выявления повышенного нагрева роликовых подшипниковых узлов по внешним признакам осмотрщиками вагонов. В 2011 году с такими дефектами зарегистрировано 1122 вагона, спустя год — 1437 вагонов.

В таблице 1 приведены основные причины нагрева буксового узла и отцепления вагонов от поезда.

Факты свидетельствуют, что наиболее опасным с точки зрения обеспечения безопасности движения является повреждение торцевого крепления (почти 25% от общего количества отцепок).

Причины возникновения отказов торцевого крепления достаточно полно изложены в научной литературе [1-3]. Проанализируем схему нагрузки буксовых цилиндрических подшипников.

На буксовые подшипники во время движения действуют радиальные и осевые силы Q. Характер действия осевых сил значительно разнообразнее. Так, при прохождении вагоном кривых участков пути осевые силы будут постоянными. В то же время боковые колебания вагона вызывают кратковременные осевые нагрузки. А при прохождении боковых горизонтальных неровностей пути осевые силы приобретают ударный характер.

Осевая сила способна достигать высоких значений, особенно в грузовых вагонах [4]. Она может действовать как в сторону галтели, так и в сторону торца шейки оси. Причиной является наличие в конструкции грузовых тележек только центрального рессорного подвешивания. В результате

на корпус буксы непосредственно опирается боковая рама тележки, которая имеет большую массу и ускорение, возникающие при прохождении боковых неровностей пути.

Передача осевого усилия осуществляется через ролики только одного из подшипников в зависимости от направления действия. Непосредственное давление на торцевое крепление приводит к его ослаблению, а иногда при воздействии больших динамических сил и накоплении дефектов в металле — к разрушению.

Действие осевых сил приводит к перекосу роликов, в результате чего создаются кососимметрические нагрузки в сепараторе. В сочетании с высокими динамическими усилиями (особенно в зимний период) это приводит к появлению трещин от усталости в углах окон сепараторов с последующим их разрушением.

При движении вагона осевые силы передаются торцами роликов в режиме скольжения «сталь по стали» направляющим буртам колец. За счет такого режима трения между буртом и торцами роликов происходит интенсивное выделение тепла и разрыв масляной пленки между поверхностями. Вследствие сухого трения существенно снижается выходная прочность металла буртов. Это приводит к микросхватыванию металла в зоне контакта и вызывает повреждения типа «елочка» на роликах и буртах колец подшипников. В дальнейшем наличие подобного срабатывания способствует появлению трещин, сколов или даже полному разрушению буртов.

Кроме этого, наблюдается повышенное сопротивление подшипников вращению,



Таблица 2

Причины отказов роликовых букс, обнаруженные по внешним признакам

Причины отцепок	Процент от числа отцепок
	2009-2012 гг.
Отказы торцевого крепления	12,53
Отказ сепаратора	18,65
Задиры типа «ёлочка»	8,91
Разрушение подшипника	0,42
Проворот внутреннего кольца	3,69
Трещины колец	3,69
Раковины на поверхности колец ролика	2,78
Электроожог	0,21
Наличие воды	15,31
Неисправности лабиринтного кольца	1,04
Человеческий фактор	15,87
Причины не установлены	9,05
Другие	7,86
Всего:	100,0

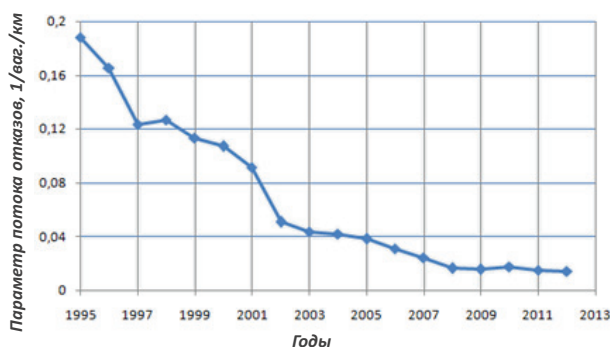


Рис. 1. Зависимость изменения параметра потока отказов грузовых вагонов из-за нагрева буксовых узлов.



Рис. 2. Значение параметра потока отказов грузовых вагонов общего парка по повреждениям буксовых узлов в сравнении с парком крытых универсальных вагонов (2012 г.).

что сопровождается местным нагревом в зоне контакта. Это ускоряет процесс старения масла и приводит к его загрязнению продуктами износа.

Перекус роликов создает дополнительную концентрацию напряжений в зоне контакта ролика с дорожками качения колец и тем самым ведет к интенсивному образованию раковин.

Есть основание считать, что значительная часть неисправностей, которые обнаруживаются при плановых осмотрах, а также большинство аварийных отказов

являются следствием недостаточно обоснованной конструктивной схемы буксового узла, где осевая нагрузка передается через торцы роликов в режиме трения скольжения.

В то же время немалое количество отцепок вызвано фактом появления случаев нагрева букс при характерном срабатывании торцов роликов типа «ёлочка».

В таблице 2 приведены причины отказов роликовых букс, что были обнаружены по внешним признакам осматривщиками вагонов.

Подтверждено, что на первых местах находятся отказы торцевого крепления и сепаратора. Но к ним добавляются отказы, вызванные действием так называемого «человеческого фактора», поскольку именно ошибки обслуживающего персонала привели к появлению дефектов.

В результате обработки статистических данных об отцеплении вагонов в пути следования, предоставленных Главным управлением вагонного хозяйства УЗ, получена зависимость, характеризующая изменение количества отцепок по установленной причине в период 1995–2012 годов.

Если начинать отсчет с 1995 года, то соответствующая зависимость будет иметь такой вид

$$\Delta(t) = 0,005t^4 - 45,41t^3 - 13646t^2 + 2 \cdot 10^8 t + 9 \cdot 10^{10}, \quad (1)$$

где t — годы, отсчитываемые от 1995-го.

Степень согласованности полученной теоретической зависимости по экспериментальным данным проверялась с помощью коэффициента корреляции R , который определялся по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - f_i(t)]^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}, \quad (2)$$

где y_i — эмпирические данные;

$f_i(t)$ — данные, полученные расчетным способом;

n — число пар данных.

На рис. 1 приведена зависимость изменения параметра потока отказов грузовых вагонов из-за отказа букс (в расчете на 1 млн ваг./км), поскольку именно этот показатель позволяет обобщить изменения, которые произошли за фиксируемое время на железнодорожном транспорте: уменьшение рабочего парка вагонов, колебания грузооборота, исключение вагонов из инвентарного списка и т. п.

Соответствующая зависимость параметра потока отказов грузовых вагонов через нагрев буксового узла имеет такой вид:

$$\omega(t) = 0,000003t^3 - 0,019t^2 + 37,88t - 24338, \quad (3)$$

где ω — параметр потока отказов, t — годы.

Приведенные данные характеризуют уровень надежности буксовых узлов в отношении общего парка грузовых вагонов. Хотя здесь следует иметь в виду, что в последние годы произошла реструктуризация парка, в результате которой подавляющее большинство вагонов было распределено между определенными операторами, ставшими не только их собственниками, но и ответственными за поддержание вагонов в надлежащем техническом состоянии. Разные собственники — естественно, и разная ответственность. И дифференцировать на этом фоне зависимости причин отказов теперь уже труднее.

На рис. 2 представлены параметры потока отказов из-за повреждения роликовых букс для общего вагонного парка в сравнении с парком крытых универсальных вагонов в 2012 году. Здесь сама ситуация однозначна: в универсальных крытых вагонах параметр потока отказов в 1,4 раза меньше, то есть их буксы имеют больший уровень надежности. Но для нахождения причин этого необходимо проанализировать техническое состояние элементов буксовых узлов колесных пар таких вагонов, разработать математическую модель, которая позволит определять показатели надежности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мотовилов К. В. К вопросу оценки надежности торцевого крепления буксовых узлов колесных пар грузовых вагонов. — М., 1989. — 7 с.
2. Поляков А. И., Цюренко В. Н., Донский В. И. Пути повышения надежности работы торцевого крепления буксовых подшипников // Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения. Труды ВНИИЖТ. Вып. 654. — М.: Транспорт, 1982. — С. 70–82.
3. Мартинов І. Е. До питання оцінки показників надійності торцевого кріплення букс вантажних вагонів // Харківська державна академія залізничного транспорту. Зб. наук. праць. — Харків, 2001. — Вип. 46. — С. 76–79.
4. Варфоломеев В. А., Мотовилов К. В., Мартынов И. Э. и др. Исследование осевых сил, действующих на буксовые узлы грузовых вагонов. — М., 1990. — 13 с.

Координаты авторов: Мартынов И. Э. — martinov.hiit@rambler.ru, Труфанова А. В. — alena.hiit@rambler.ru, Шовкун В. А. — vadim_shovkun@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 26.09.2014, принята к публикации 17.02.2015.

Статья подготовлена на основе материалов, представленных авторами на Международной научно-практической конференции «Конструкция, динамика и прочность подвижного состава», посвященной 75-летию со дня рождения В. Д. Хусидова (МИИТ, 20–21 марта 2014 года).

