

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ВАГОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И. Э. МАРТЫНОВ, А. В. ТРУФАНОВА

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Железнодорожный транспорт является основным видом транспорта в Украине, выполняя 82,9 % грузооборота и 36,4 % пассажирооборота в отличие от стран Европейского союза, где доля железнодорожных перевозок составляет около 8 %.

Для нормальной деятельности железнодорожного транспорта очень важна эффективная работа вагонного парка. Техническое состояние парка грузовых вагонов непосредственно влияет на реализацию основной задачи железнодорожного транспорта – своевременную и качественную доставку грузов потребителям.

Конструкция любого вагона включает в себя множество элементов, но одним из важнейших является буксовый узел. Его надежная работа непосредственно влияет на безопасность движения. Как показывает многолетний опыт, от 30 до 70 % отцепок грузовых вагонов в пути следования возникает из-за чрезмерного нагрева буксовых узлов.

Подвижной состав нового поколения должен обеспечить увеличение срока службы вагона в 1,5–2 раза. При этом планируется достичь увеличения межремонтного пробега основных деталей и узлов, в т. ч. вагонных буксовых подшипников, до 1 млн км.

На железных дорогах стран СНГ в буксовых узлах как грузовых, так и пассажирских вагонов свыше 50 лет используются цилиндрические роликовые подшипники. Долговечность последних всегда определялась по методикам, предложенным шведскими учеными Г. Лундгреном и А. Палмгреном еще в первой половине XX столетия. При расчете на прочность и надежность элементов конструкции буксовых узлов использовались упрощенные расчетные схемы, которые не учитывали ряд действующих нагрузок. Несовершенство существующих методов расчета привело к значительным погрешностям при определении показателей надежности буксовых подшипниковых узлов и несовпадению с фактическими результатами эксплуатации.

В последние годы широкое распространение в подвижном составе на железных дорогах США, Австралии, Юго-Восточной Азии и ряде стран Европейского союза получили буксовые подшипниковые узлы кассетного типа. Они могут быть оборудованы двухрядными коническими (ТВU) или сдвоенными цилиндрическими (СВU) подшипниками. Преимуществами таких моделей является увеличенная долговечность: согласно действующим нормативным документам такие подшипниковые узлы имеют ресурс не менее 800 тыс. км пробега, или восемь лет эксплуатации. Кроме того, они имеют меньшую массу, повышенную грузоподъемность и не требуют при эксплуатации проведения профилактических ремонтов.

Но при расчете долговечности таких буксовых подшипников использовались усредненные нагрузки. Причем предполагалось, что нагрузки имеют детерминированный характер, хотя процесс нагружения представляет собою случайный процесс, характеристики которого зависят от многих факторов и изменяются во времени.

Авторами предложена усовершенствованная процедура оценки работоспособности буксовых узлов грузовых вагонов. В ее основе лежит модель определения безотказности подшипниковых узлов грузовых вагонов с учетом вероятностного характера прикладываемых нагрузок. Подшипниковый узел грузового вагона представляет собой сложную механическую систему, состоящую из корпуса буксы, в котором расположены наружные и внутренние кольца подшипников, тела качения, сепаратор и уплотнительные устройства, предотвращающие попадание грязи и влаги во внутреннюю полость узла.

Случайный характер воздействия на буксовый узел определяется случайными значениями параметров нагрузки, случайным распределением нагрузок во времени и в различных точках системы, случайным сочетанием различных нагрузок и многими другими факторами (перегруз груза, разное состояние пути, климатические условия, динамические характеристики ходовых частей, качество ремонта и технического обслуживания).

В процессе эксплуатации вагонов в буксовом узле происходит изменение параметров во времени, определяющих механические свойства системы. Эти изменения могут повлечь за собой ухуд-

шение характеристик прочности, накопление повреждений, связанные с износом узла, а также старение материала и сложности в процессе восстановления и ремонта отдельных элементов.

При прохождении колесной парой неровностей пути на буксовый узел действуют внешние нагрузки q . Они могут быть разными по происхождению и принимать случайные значения из некоторого пространства возможных внешних нагрузок Q . Изменение этих нагрузок во времени является случайным процессом. Стохастическое поведение буксового узла будем характеризовать элементами u , которые являются частными соответствующего пространства U возможных состояний, который избирается таким образом, чтобы с его помощью в рамках выбранной расчетной схемы полностью было описано состояние буксового узла.

Случайный характер поведения буксового узла обусловлен разбросом как собственных свойств, так и действующих нагрузок. При нормальной эксплуатации параметры, характеризующие функциональное состояние элементов буксового узла (параметры качества), должны находиться в установленных пределах в течение всего нормативного срока службы. Математически это соответствует нахождению элементов u в допустимой области Ω пространства качества U . Выход случайного процесса $v(t)$ функционирования буксового узла за пределы допустимой области Ω приводит к его отказу.

В исходный момент времени (момент начала движения вагона) случайный процесс функционирования буксового узла с вероятностью, равной 1, будет находиться в допустимой области Ω , то есть $P(0) = 1$. Выбросы из этой области на отрезке времени $[0, t]$ – очень редкие события.

Количество выбросов случайного процесса $v(t)$ на отрезке времени $[0, t]$ есть случайная величина, которую обозначим $N(t)$. Математическое ожидание количества выбросов случайного процесса $v(t)$ связано с интенсивностью отказов:

$$\bar{N}(t) = \Delta(t) \approx \int_0^t \lambda(t) dt,$$

где $\lambda(t)$ – интенсивность отказов.

Поскольку буксовые подшипники относятся к высокотехнологичным изделиям и являются высоконадежными, возможно использование пуассоновского потока отказов. Тогда вероятность безотказной работы имеет вид $P(t) = e^{-\lambda t}$.

УДК 629.4.027

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАГОНА, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ «ВАГОН – ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ»

И. Э. МАРТЫНОВ, А. В. ТРУФАНОВА, В. О. ШОВКУН

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Безопасность перевозок является приоритетным направлением деятельности железных дорог стран СНГ. Ее обеспечение зависит от слаженной работы всех структурных подразделений, но одним из важнейших факторов является надежная работа вагонов. Отказы элементов конструкции вагонов не только вызывают задержку доставки грузов потребителям через отцепки вагонов в пути следования, но и приводят к существенным дополнительным потерям для восстановления работоспособности.

Одними из самых важных элементов конструкции грузового вагона являются буксовые узлы с роликовыми подшипниками. Как показывает многолетний опыт эксплуатации парка грузовых вагонов, именно буксовые узлы за период 2005–2016 гг. повлекли 2339 случая отцепок вагонов в пути следования через чрезмерный нагрев. При этом ежегодно дополнительно приборами дистанционного контроля колесных пар и осмотрщиками вагонов по внешним признакам выявлено до 1000 случаев отказов буксовых узлов, которые создавали угрозу безопасности движения.

Обеспечение долговечности подшипника, работающего в условиях динамического радиального и осевой нагрузки, является достаточно сложной задачей. При расчете на прочность и надежность элементов конструкции БВ используются упрощенные схемы, которые не учитывают ряд действу-