(cc) BY

Морев Леонид Николаевич
студент
Научный руководитель
Вахромеева Татьяна Олеговна
канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»
г. Москва

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ РАДИАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КОЛЕСНЫХ ПАР НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕЖКИ

Аннотация*: в работе рассмотрено функциональное назначение механизма синхронизации положения колесных пар тележки при прохождении кривой, описаны типы регулирования положения и примеры применения подобных конструкций. Представлен вариант механизма радиальной установки колесных пар, примененный на серийном тепловозе, и результаты исследований, предшествующих его сертификации. Обозначены направления изучения влияния конструкции механизма радиальной установки колесных пар на прочность конструкции тележки.*

Ключевые слова*: локомотив, тележка, радиальная установка колесных пар.*

Синхронизация положения колесных пар обеспечивает согласованное расположение осей колесных пар при движении тележки в прямых и кривых участках рельсового пути, а также противодействует развитию процесса колебаний виляния колесных пар [1].

Различают активный и пассивный поворот колесных пар относительно друг друга в тележке (радиальную установку). Для обеспечения плавного вписывания колесных пар в кривых небольшого радиуса колесная пара должна занимать радиальное положение относительно центра поворота. Однако жесткое закрепление осей в тележке запускает радиальную установку только одной колесной пары

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

тележки. Для улучшения вписывания железнодорожного экипажа в кривые необходимо снизить угол набегания. Для этого и требуется РУКП, которая может быть пассивной и активной.

Опыт эксплуатации в США грузовых тепловозов с трехосными тележками, с РУКП показал смешанные результаты: высокие затраты на изготовление и техническое обслуживание подобных тележек наряду со снижением износа колесных пар и рельсов.

Пассивное регулирование угла набегания колесных пар при вписывании в кривую представляет собой подвижный механизм тяг и балансиров, соединенных цилиндрическими шарнирами, обеспечивающими требуемую подвижность механизма и, значит, управление установкой колесных пар. В США фирмы «General Motors» и «General Electric» независимо друг от друга в 1993–95 годах запатентовали две конструкции трехосных тележек тепловозов с пассивными механизмами радиальной установки колесных пар: версия EMD, получившая обозначение HTCR, для локомотивов GM серии SD70 и версия РУКП GE для локомотивов серии AC4400CW и более поздних версий Evolution. Обе версии показали работоспособность конструкций синхронизации положения колесных пар, однако из-за относительно высоких затрат на приобретение и техническое обслуживание новых тележек покупатели предпочли стандартные.

Активное регулирование предполагает наличие системы управления, которая анализирует характеристики движения колесных пар. В момент входа в кривую система активирует радиальную установку всех колесных пар тележки. Синхронизация движения может быть осуществлена, например, с помощью сервопривода, который изменяет положение колесных узлов и развивает необходимые для этого усилия в соответствии с сигналами от системы управления [5].

Кинематические схемы активного регулирования положения колесных пар в кривой в основном разрабатываются в виде теоретических исследований [5; 6]. Но одна из версий активной РУКП была реализована на австрийском дизель-поезде Integral S5D95.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Колесные пары являются ответственным узлом экипажной части. Поэтому подтверждение их прочности подчиняется системе стандартизации. ГОСТ 33783–2016 устанавливает нормы на методику проведения расчетов и испытаний на прочность колесных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава. Стандарт регламентирует и проведение расчетов колесных пар на прочность для выбора рациональной конструкции и предварительного анализа напряженно-деформированного состояния. Расчеты позволяют нивелировать срыв прохождения обязательных сертификационных испытаний из-за появления усталостных трещин в конструкции. И возврат ее в конструкторское бюро на доработку. Нормы предполагают численное определение статических нагрузок по теоретическим зависимостям. Схема приложения воздействующих сил нагрузок также определена ГОСТ 33783–2016 для ходовой части локомотива с каждым из классов тягового привода [2]. На рисунке 1 приведена схема действия сил на колесную пару при опорно-осевом подвешивании тягового электродвигателя и односторонним приводом оси. Указанные воздействующие на колесную пару силы обусловлены тем, что она воспринимает вертикальные силы веса от верхнего строения экипажной части и оборудования, боковые силы при проходе кривых участков пути, массово-инерционное воздействие от опирающегося на ось тягового привода: электродвигателя и редуктора, и передаваемое ими тяговое усилие, а также инерционная сила колесной пары, в том числе оси.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

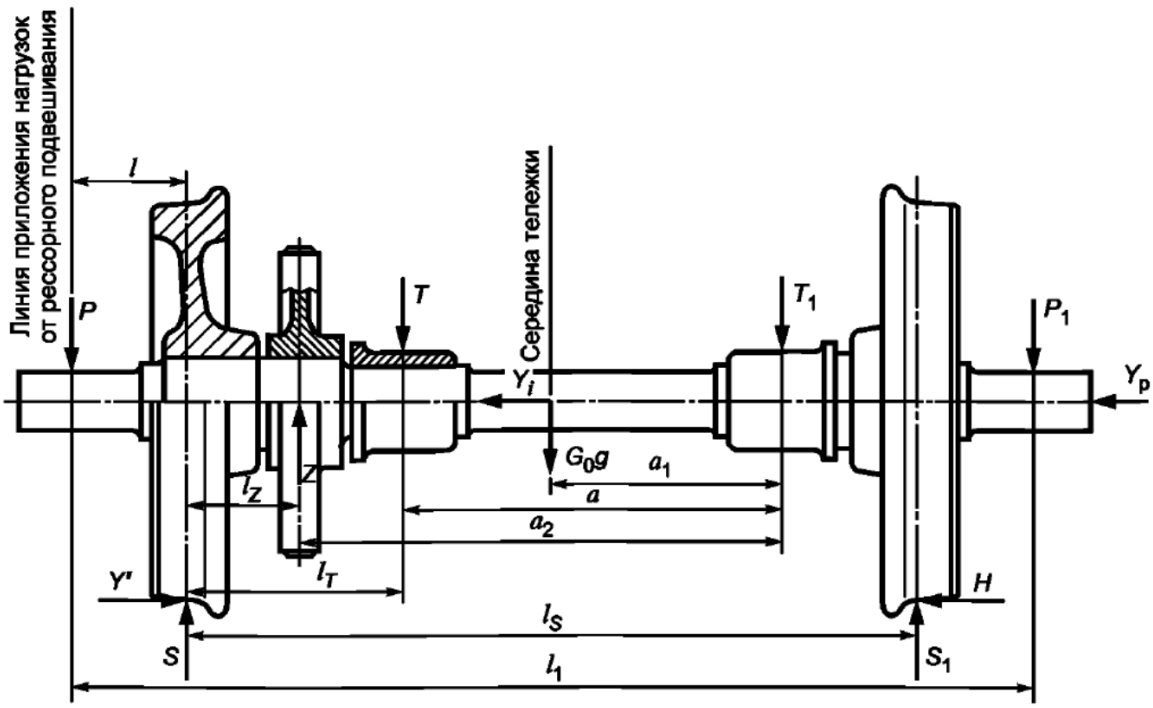

Рис. 1. Схема действия сил на КП при опорно-осевом подвешивании ТЭД и одностороннем тяговом зубчатом приводе

H – поперечная составляющая силы трения внутреннего колеса о рельс;

Y' – боковая сила рельса на набегающее колеса;

$Y_Р$ – рамная сила.

Рамная сила ($Y_Р$), то есть поперечное действие рамы на колесную пары, определяется значением осевой нагрузки:

$$Y_Р = k_h \cdot \frac{Q}{2}, \text{ кН} \quad (1)$$

где *Q* – номинальная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН;

k_h – коэффициент рамного давления. Он равен отношению рамной силы $Y_Р$ к номинальной статической нагрузке от колеса на рельс (*Q*/2):

$$k_h = \frac{2 \cdot Y_Р}{Q} \quad (2)$$

Боковая сила рельса на набегающее колесо *Y'* тоже выражает зависимость от рамной силы $Y_Р$:

$$Y' = Y_Р + Y_i, \text{ кН} \quad (3)$$

Y_i – поперечная сила инерции КП и жестко связанных с ней частей, пропорциональная силе веса.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Поперечная составляющая силы трения внутреннего колеса о рельс H также является функциональной зависимостью от осевой нагрузки:

$$H = f \cdot \frac{Q}{2}, \text{ кН} \quad (4)$$

где f – коэффициент трения.

Таким образом нормы определения показателей прочности колесных пар учитывают действующие массовые, инерционные и тяговые усилия. Однако имеющийся ГОСТ 33783–2016 невозможно применить для определения влияния на прочность колесной пары механизма РУКП, поскольку в случае наличия устройств синхронизации колесных пар в кривых основная задача верно определить значение возникающей рамной силы $Y_Р$, которую ввиду сложной кинематической схемы механизма недостаточно выражать линейным законом изменения ((1) и (2)).

Существующие методы учета влияния механизма радиальной установки колесных пар основаны на результатах математического моделирования. На отечественном тепловозе 2ТЭ25А применена РУКП конструкции ВНИКТИ (рисунок 2), которая обеспечивает пассивное регулирование.

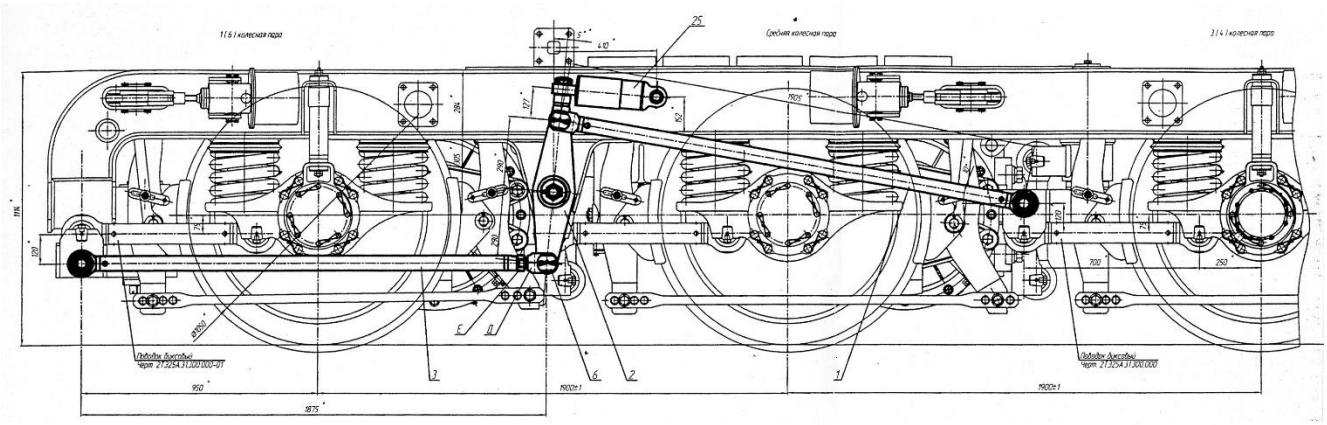

Рис. 2. Радиальная установка колесных пар конструкции ВНИКТИ

На грузовом тепловозе 2ТЭ25А механизм радиальной установки колесных пар расположен с обеих боковых сторон тележки и связывает концы поперечных балансиров рамы тележки друг с другом посредством двух тяг и вертикального рычага. Тяги соединены с балансирами шарнирными подшипниками ШС-50.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Перед сборкой подшипники покрывают смазкой ЖРО, от внешнего загрязнения подшипники защищены манжетами в головках тяг.

Одной головкой тяга соединяется с вертикальным балансиром, закрепленным на боковине рамы тележки, а другой – с балансиром, расположенным в концевой части боковины или с другой стороны на приливе продольной балки в пространстве между колесными парами [1].

Исследование движения экипажа тепловоза с РУКП проводились в БГТУ [3] с помощью численного моделирования в программном комплексе «Универсальный механизма» [4], разработанного в БГТУ под руководством профессора Погорелова Д. Ю. Компьютерная модель тепловоза представляет собой систему абсолютно твердых тел, при этом вес тяг и балансиров не учитывался ввиду несоизмеримо малой массы по сравнению с тележкой.

Моделирование движения направлено на исследование динамики движения экипажа и процессов, протекающих в пятне контакта. При этом ввиду того, что тела моделируются абсолютно жесткими, нельзя оценить влияние сил динамики пути и реализации взаимного воздействия элементов экипажной части и механизма РУКП.

Наличие РУКП изменяет значение рамных сил, а, следовательно, необходимо исследование их влияния на прочность колесных пар и рам тележек. При изучении работы и поведения тележки с РУКП делается акцент на преимущества, которые дает синхронизация, то есть исследование акцентируется на уровне пятна контакта.

Однако из-за усложнения в целом конструкции тележки с механизмом РУКП необходимо пересмотреть стандартизованный подход к оценке прочности рам тележек и колесных пар в составе таких тележек.

Список литературы

1. Магистральный грузовой двухсекционный тепловоз 2ТЭ25А. Руководство по эксплуатации. – 2009.

2. Механическая часть тягового подвижного состава: учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак [и др.]; под

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

ред. И. В. Бирюкова. – Репр. изд. – Москва: АльянС, 2013. – 439 с. – ISBN 978–5-91872–025–7.

3. Михальченко Г.С. Компьютерное моделирование ходовой динамики и износа колес грузового локомотива с радиальной установкой колесных пар / Г.С. Михальченко, В.Н. Языков, В.С Коссов, А.В. Спиров // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2004. – №5. – 139–142.

4. Михальченко Г.С. Автоматизированный программный комплекс для изучения динамики взаимодействия твердотельных моделей рельсовых экипажей и пути. // Сб. научн. трудов междунар. конф. «Высшее профессиональное заочное образование на железнодорожном транспорте: настоящее и будущее» РГОТУПС. – М.: РГОТУПС. – 2001. – С. 225–226.

5. Пат. 2283254C2 Российская Федерация. Способ и устройство для активного управления радиальной установкой колесных пар или колесных скатов транспортных средств / Шнайдер Р.; заявитель и патентообладатель Бомбардир Транспортацион Гмбх. – №2004105927/11; заявл. 29.07.02; опубл. 10.07.05. – 21 с.

6. Пат. EP 0785123 B1 Europäische Patentschrift. Verfahren zur Spurführung von Fahrzeugen / Fritz Dr.-Ing. Frederich; заявитель и патентообладатель Alstom Transport Deutschland GmbH. – 23.07.1997 Patentblatt 1997/30 – 14 c.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)