

3 Контактная подвеска и токоприемник рассматривается как колебательная система с одной степенью свободы, полагая, что подвеска обладает определенной периодически изменяющейся эластичностью.

В данной работе для исследования параметров свободных колебаний контактной подвески применяется метод конечных элементов (МКЭ). Плоская конечно-элементная модель контактной подвески использует двухузловой стержневой КЭ первого порядка. Этот КЭ воспринимает деформацию растяжения-сжатия и деформацию изгиба, обладая в узле тремя степенями свободы. Матрица жесткости КЭ получена на основе технической теории бруса. Согласованная с матрицей жесткости матрица масс КЭ вычислялась в предположении, что функции формы такие же, как в статике, причем учитывалась инерция вращения.

Предполагая, что все узловые перемещения изменяются по гармоническому закону синхронно, от системы дифференциально-алгебраических уравнений движения приходим к обобщенной задаче на собственные значения, которая решается стандартными методами. Получены численные значения собственных частот контактной подвески. В качестве материала контактного провода принималась медь, несущего троса и струн – сталь.

УДК 629.463.62.002.7

## АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ В ЭЛЕМЕНТАХ КРЕПЛЕНИЯ ТРУБ К ПЛАТФОРМЕ

*И. А. ВОРОЖУН, А. В. ЗАВОРОТНЫЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта*

Технические условия предусматривают размещение четырех металлических труб диаметром 1420 мм в полувагоне и трех труб указанного диаметра на платформе с применением крепежных реквизитов одноразового пользования. Особенностью перевозки таких труб на железнодорожном подвижном составе, в соответствии с действующими правилами, является невозможность полного использования грузоподъемности вагонов. Однако габарит погрузки допускает размещение на универсальной железнодорожной платформе пяти труб указанного диаметра. Авторами рассмотрены возможные схемы размещения пяти труб в три яруса на железнодорожной платформе с использованием реквизитов крепления многоразового использования. В этих схемах предусматривается или крепление труб каждого яруса продольными канатами непосредственно к железнодорожной платформе, или крепление продольными канатами труб нижнего и среднего ярусов непосредственно к железнодорожной платформе, а верхней трубы – к трубам среднего яруса, или поярусное крепление труб продольными канатами.

Целью работы является установление влияния жесткости элементов продольного крепления верхней трубы при поярусном креплении труб на величину динамических сил в процессе соударения вагонов.

В принятой схеме пять труб диаметром 1420 мм размещены на железнодорожной платформе в три яруса, а реквизиты крепления содержат стальные канаты с натяжными устройствами. Нижний ярус труб уложен на опоры, закрепленные на раме платформы. Между нижним и средним ярусами труб установлены промежуточные опоры, которые посредством канатов прикреплены к раме платформы. Труба верхнего яруса размещена в седловине между трубами среднего яруса и прикреплена к ним продольными канатами. Поперечная обвязка охватывает три верхние трубы и прикреплена к промежуточным опорам. Трубы среднего яруса прикреплены к трубам нижнего яруса посредством продольных канатов. От продольного смещения трубы нижнего яруса удерживаются канатами, закрепленными на торцах рамы платформы.

В рассматриваемой математической модели процесса соударения платформы, нагруженной тремя ярусами труб, с группой из трех неподвижных вагонов все тела считаются абсолютно твердыми, а элементы продольных и поперечных обвязок, а также междувагонных связей обладают упругими свойствами и имеют линейные характеристики. Движение механической системы рассматривается в продольной вертикальной плоскости на прямом горизонтальном участке пути. Расчетная схема имеет девять независимых координат  $x_1, \dots, x_9$ . С учетом принятых допущений и использованием принципа Даламбера составлены дифференциальные уравнения движения масс системы.

На данном этапе проводилось исследование влияния жесткости элементов продольного крепления верхней трубы к трубам среднего яруса на величину динамических сил в автосцепке и канатах крепления труб к платформе при разных скоростях соударения вагонов. Величина жесткости элементов продольного крепления варьировалась в пределах 1–2000 МН/м. Расчеты проводились в среде MathCAD 2001 Professional.

Установлено, что увеличение жесткости элементов продольного крепления верхней трубы сопровождается снижением динамических сил в креплении. При этом наблюдается рост динамических сил в канатах продольного крепления труб среднего яруса, а величина динамических сил в канатах продольного крепления труб нижнего яруса практически не изменяется.

УДК 629.4.077-592

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРМОЗНЫХ РЫЧАЖНЫХ ПЕРЕДАЧ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ МАССОЙ ТАРЫ

*Э. И. ГАЛАЙ, П. К. РУДОВ, В. И. КОНОВАЛОВ, Е. Э. ГАЛАЙ*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

В настоящее время на Белорусской железной дороге максимальная допустимая скорость движения в основном не превышает 120 км/ч, хотя имеющиеся пассажирские вагоны рассчитаны на скорость до 140 или 160 км/ч. Проведенные испытания показали недостаточную мощность тормозов пассажирских вагонов, оснащенных как чугунными, так и композиционными тормозными колодками. На скоростях до 100 км/ч эффективность чугунных тормозных колодок несколько больше, чем композиционных из материала ГИИР-303.

Был проведен анализ тормозной эффективности пассажирских поездов по результатам расшифровок скоростемерных лент с экстренными торможениями в 2003–2004 гг. Например, за период август – ноябрь 2003 г. произведено 67 экстренных торможений краном машиниста. Наибольшее количество торможений выполнено при скоростях 40–90 км/ч. Лишь в 17 случаях (25 %) тормозная эффективность оказывалась в пределах единой наименьшей нормы (расчетный тормозной коэффициент – не менее 0,6). В 22 случаях (33 %) расчетный тормозной коэффициент был ниже единого наименьшего, но больше минимального допустимого значения 0,45, предусмотренного Правилами эксплуатации тормозов. В 28 случаях (42 %) эффективность была ниже минимального значения.

Проведенные исследования показывают недостаточную эффективность тормозов, особенно для вагонов, имеющих значительную массу тары. В последнее время появились вагоны с массой тары более 60 т. Нормативными документами предусматриваются характеристики рычажных передач (размеры плеч рычагов и передаточное число) для трех градаций вагонов по массе тары: 53 т и более; 48 т и более, но менее 53 т; 42 т и более, но менее 48 т. Таким образом, характеристика рычажных передач для вагонов с массой тары более 60 т предусматривает такое же передаточное число, как и для вагонов с массой тары 53 т. В частности, передаточное число тормозной рычажной передачи составляет при чугунных колодках 12, а при композиционных – 5,3, независимо от тары вагона. Поэтому мощность тормозов у вагона с тарой 60 т значительно ниже, чем у вагона с тарой 53 т. Использование расчетного сцепления при торможении у таких вагонов значительно меньше среднего значения, равного 0,67.

Имеется возможность повысить эффективность тормозов пассажирских вагонов с большой тарой за счет увеличения передаточного числа тормозной рычажной передачи. Существенное влияние оказывает наличие автоматического регулятора рычажной передачи, особенно со стержневым приводом, которым оснащены пассажирские вагоны. Уменьшение мощности тормозов за счет поглощения части усилия по штоку при действии авторегулятора особенно ощутимо при композиционных колодках. Очевидно, значение имеют величина выхода штока и износ колодок, а также допускаемые нормы по времени наполнения тормозных цилиндров. Если указанные характеристики находятся на допустимом предельном значении, то это может в значительной степени ухудшить характеристики тормозов.

На наш взгляд, целесообразно увеличить передаточное число тормозной рычажной передачи для вагонов с массой тары более 58 т. Расчеты показывают, что размеры горизонтальных рычагов у таких вагонов должны быть 410/240 мм для чугунных колодок и 270/380 мм – для композиционных, передаточное число соответственно должно быть 13,7 и 5,7. Поскольку тормозная рычажная передача пассажирских вагонов в настоящее время оснащается авторегулятором, то это не приведет к завышению нормативного выхода штока при чугунных тормозных колодках. На кузове вагона должен быть нанесен трафарет с указанием величин горизонтальных рычагов при чугунных и композиционных колодках. Необходимо также рассмотреть вопрос о схеме подключения авторегулятора. На наш взгляд, должна быть применена схема с рычажным приводом, оказывающим меньшее влияние на снижение усилия по штоку.