

ИССЛЕДОВАНИЯ ВНИКТИ ПО СОЗДАНИЮ ТРЕХЭЛЕМЕНТНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ 245 кН

Представлено конструкцію триелементного візка для вантажних вагонів. За результатами моделювання були обрані раціональні характеристики пружних елементів буксових адаптерів і бічних ковзунів, що забезпечують стійкість руху й установку колісних пар візків у кривих, близьку до радіальної.

Представлена конструкция трехэлементной тележки для грузовых вагонов. По результатам моделирования были выбраны рациональные характеристики упругих элементов буксовых адаптеров и боковых скользунов, обеспечивающих устойчивость движения и установку колесных пар тележек в кривых, близкую к радиальной.

Some results of designing a three-piece bogie of a freight car with the help of a precise computer model are presented. The computer model is developed using the Universal Mechanism software. The Hierarchy Analysis Process is applied to choose the rational solution in the parameter space of the model.

Опыт многолетней эксплуатации грузовых вагонов показал, что тележки с литыми элементами 18-100 обладают рядом серьезных недостатков, снижающих безопасность их обращения. Один из таких недостатков состоит в низкой усталостной долговечности литых элементов, что ведет к раннему развитию трещин и разрушению. Другой серьезный недостаток заключается в несовершенстве ее механических связей, что ухудшает ходовые качества и способствует возникновению интенсивных колебаний виляния при скоростях движения выше 60...70 км/ч.

В Программе обновления парка грузовых вагонов МПС РФ основным направлением принята модернизация тележек 18-100 и создание новых трехэлементных тележек с осевой нагрузкой до 245 кН (25 тс) и скоростями движения до 120 км/ч.

При создании трехэлементной тележки для грузовых вагонов с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс) ВНИКТИ были выполнены следующие работы:

- 1) разработка сварных боковых рам и надрессорных балок.
- 2) разработка литых боковых рам и надрессорных балок.
- 3) разработка и выбор рациональных характеристик механических связей, в том числе:
 - боковых скользунов постоянного замыкания;
 - упругих элементов буксовых адаптеров;
 - клиньев фрикционного узла гашения колебаний;
 - пятникового узла.

Целью проведения указанных работ является повышение безопасности движения, увеличение межремонтных пробегов, снижение воздействия на путь.

Разработка сварной и литой конструкций боковой рамы и надрессорной балки велась с учетом результатов исследования напряженного состояния штатных боковых рам и надрессорных балок тележек 18-100 и 18-194. Наиболее сложным вопросом оказался выбор предельно плавной формы силового контура от рессорного выреза рамы к буксовому проему с максимально увеличенными радиусами перехода (до $R=125$ мм вместо $R=40$ мм), а также увеличенными моментами сопротивления опасных сечений на 20...70 % по сравнению тележкой 18-100 и до 60 % по сравнению с тележкой 18-194. Благодаря найденному техническому решению сформировано усиленное закрытое коробчатое сечение рамы с пониженной концентрацией напряжений. Сравнительные характеристики боковых рам и надрессорных балок приведены в таблице 1.

Подробные расчеты по выбору силовых контуров боковой рамы (рис. 1) и надрессорной балки (рис. 2) выполнялись на виртуальных моделях с применением лицензионных программных комплексов Patran, Nastran, Fatigue фирмы MSC.Software Corp. При этом использовались объемные конечно-элементные модели, построенные из tet-элементов со сгущением сетки в зонах концентрации напряжений. Сравнительный анализ результатов расчета и стендовых статических испытаний показал:

Сравнительные характеристики боковых рам и наддресорных балок тележек грузового вагона

Характеристика	Модель тележки		
	18-100	18-194	ВНИКТИ
Масса [кг]			
-боковой рамы	377	398	440
-наддресорной балки	500	626	600
Момент сопротивления опасного сечения [$\text{м}^3 \cdot 10^{-6}$]			
А-А	385	405	665
Б-Б	550	660	670
В-В	312	371	445
Максимальные экв. напряжения [МПа] от статических вертикальных и боковых сил - расчет (эксперимент)			
А-А	80	70	55 (63)
Б-Б	90	85	75 (81)
В-В	116	100	80 (82)
Г-Г	154	147	125 (133)

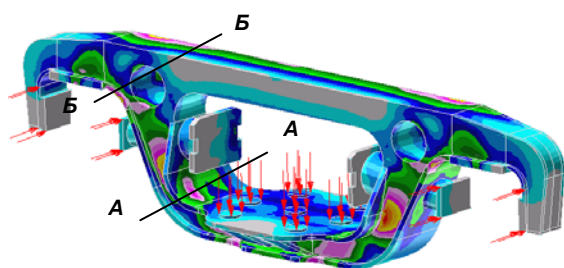


Рис. 1. Боковая рама ВНИКТИ

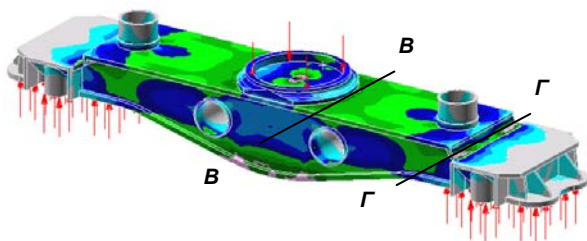


Рис. 2. Наддресорная балка ВНИКТИ

– хорошее совпадение рассчитанных и измеренных напряжений, что говорит о корректности выполненного виртуального моделирования и пригодности его для исследования прочности тележек с осевыми нагрузками до 30 тс и более;

– максимальные напряжения в элементах сварной тележки ВНИКТИ уменьшились по сравнению с максимальными напряжениями в литых элементах серийных тележек 18-100 и 18-194 соответственно на 20...30 % и 10...20%.

По результатам ходовых испытаний в наиболее напряженных сечениях получены следующие амплитуды динамических напряжений:

- в сечении А-А боковой рамы – 25 МПа;
- в сечении Б-Б – 30 МПа;

- в сечении В-В наддресорной балки – 28 МПа;

- в сечении Г-Г – 46 МПа.

Коэффициент динамики обрессоренной части составил 0,49, а необрессоренной – 0,58. Динамические напряжения наблюдались в основном на частоте 3,5 Гц, что близко к частоте подпрыгивания. Как известно, чем ниже частота динамических напряжений, тем медленнее идет накопление усталостных повреждений, следовательно, выше усталостная долговечность.

Коэффициент запаса по сопротивлению усталости, полученный по методике, принятой для локомотивов, составил для боковой рамы 2,5 и наддресорной балки 2,0. Как показала практика, коэффициент запаса 2,0 обеспечивает надежную работу сварных рам тепловозных тележек на протяжении не менее 40 лет.

По результатам ускоренных испытаний на усталость по методике ВНИИЖТ боковая рама при постоянной средней нагрузке 343 кН, амплитуде переменной нагрузки 245 кН и боковой нагрузке 40 кН прошла более 1,8 млн циклов, что соответствует коэффициенту запаса по сопротивлению усталости более 1,8. Наддресорная балка при постоянной средней нагрузке 441кН и амплитуде переменной нагрузки 343 кН прошла более 2 млн циклов, в наиболее напряженных сечениях трещин нет, испытания продолжаются.

Таким образом, в сварной и литой конструкциях рамы и наддресорной балки ВНИКТИ увеличенных коэффициентов запаса по сопротивлению усталости в сравнении с серийными литыми элементами тележек 18-100 и 18-194

удалось добиться традиционными методами, а именно:

– за счет снижения уровня номинальных напряжений путем рационального выбора формы и размеров опасных сечений;

– за счет уменьшения концентрации напряжений путем использования более плавной формы силового контура.

Но при этом использовалась мощная теоретическая и расчетная проработка проектов.

Путь, на котором проводились ходовые испытания грузового вагона со скоростями до 100 км/час, отвечает удовлетворительному состоянию. С применением электронного тахеометра определены вертикальные и горизонтальные неровности пути, которые были использованы при проведении компьютерного моделирования.

Выбор рациональных упруго-диссипативных характеристик связей «тележка – кузов» выполнялся на математических моделях методами компьютерного моделирования. Имитировалось движение сцепов вагонов в груженом и порожнем состояниях в кривых и прямых участках пути с учетом продольной динамики, неровностей пути до скоростей 140 км/ч с определением показателей динамических качеств, безопасности движения и сопоставления их с нормируемыми показателями.

По результатам моделирования были выбраны рациональные характеристики упругих элементов буксовых адаптеров и боковых скользунов, обеспечивающих устойчивость движения и установку колесных пар тележек в кривых, близкую к радиальной.

Проведены стендовые испытания по определению момента сопротивления повороту тележки относительно кузова, со скользунами из композита Ф4К15М5 (на основе фторопласта), подпятника с прокладками из полиуретана, композита и из стали 30ХГСА с использованием твердой смазки с присадками из молибдена и мелкодисперсионного графита.

Выбор материала скользящих накладок боковых опор произведен из условия обеспечения необходимого значения момента сопротивления повороту тележек груженого и порожнего вагонов. Выбран диапазон значений момента сопротивления повороту тележек относительно кузова:

- для груженых вагонов $M_{сопр}=15...25$ кН·м,
- для порожних вагонов $M_{сопр}=9...11$ кН·м.

Этому условию удовлетворяют пары Ф4К15М5 – сталь и чугун–сталь.

Для реализации выбранных характеристик были спроектированы упругие элементы буксового адаптера V-образной и U-образной формы, изготовленные из резины и полиуретана различной твердости.

Для боковых скользунов разработаны конструкции конусообразных упругих элементов и конструкция боковой опоры с наборными по высоте блочными элементами из полиуретана различной твердости, которые должны обеспечить стабильные характеристики (при релаксации не более 7...10 % от статического прогиба) при эксплуатации.

Упругие элементы боковых скользунов должны обеспечить предварительное поджатие 20...22 кН при прогибе 20 мм и динамический прогиб не менее 10 мм.

Надрессорная балка разрабатывалась под пяту увеличенного диаметра до 350 мм и уширенные клинья фрикционного узла. При разработке клиньев реализуется уменьшенный коэффициент трения на наклонной поверхности клина «полиуретан–сталь» и значение коэффициента трения равное 0,4 – на вертикальной поверхности «чугун–сталь».

Предусмотрено два исполнения балок: под конусообразные упругие скользуны, под скользуны с наборными по высоте полиуретановыми блочными элементами или пружинами, установленными в трубах надрессорных балок.

В подпятник для улучшения взаимодействия с пятой кузова запрессовывается закаленная втулка толщиной 12 мм из стали 40Х и установлена плавающая прокладка толщиной 6 мм. В пятниковом узле опробованы различные виды сухой смазки. Для их длительной сохранности в подпятнике применяется упругое защитное кольцо.

Во ВНИКТИ был спроектирован и изготовлен комплекс стендового оборудования, на котором определены упруго-диссипативные, релаксационные и ресурсные характеристики упругих элементов. Полученные результаты по ресурсу показывают возможность установки разработанных упругих элементов под вагоны для проведения предварительных, приемочных и пробеговых испытаний.

Испытания по воздействию на путь в кривой радиусом 300 м были проведены с тремя вариантами буксовых амортизаторов различной твердости:

- из полиуретана однослойные твердостью 60 единиц;
- из полиуретана двухслойные твердостью 80 единиц;

– из резины двухслойные твердостью 60 единиц.

Испытания показали, что жесткостные характеристики элементов буксовых адаптеров оказывают существенное влияние на величину кромочных напряжений в рельсах. При упругих элементах буксовых адаптеров с продольной жесткостью 3 МН/м и поперечной 4 МН/м – полуразность кромочных напряжений в рельсах в кривой радиуса 300 м под тележкой ВНИКТИ в 1,2...1,4 раза меньше в зависимости от непогашенного ускорения, чем под тележкой 18-194. Это свидетельствует о том, что в этом случае колесные пары тележки ВНИКТИ принимают установку близкую к радиальной.

Результаты проведенного компьютерного моделирования: также показывают, что при движении в кривых груженого вагона работа сил трения гребней колес под тележкой ВНИКТИ снижается на 34%, по сравнению с тележкой 18-194.

Максимальные кромочные напряжения в рельсах и их полуразности от воздействия полувагона на тележках ВНИКТИ с осевой нагрузкой 245 кН меньше, чем от воздействия тепловоза 2ТЭ116 с осевой нагрузкой 230 кН. Это показывает, что воздействие на путь в кривых участках пути вагона с осевой нагрузкой

245 кН не выше, чем вагона на серийных тележках 18-100 с осевой нагрузкой 225 кН.

В настоящее время в соответствии с Указанием МПС изготовлена опытная партия сварных элементов тележек. Изготовлены вагонокомплекты упругих элементов для боковых скользунов постоянного замыкания и буксовых адаптеров тележек.

Разработаны чертежи литых элементов рам и надрессорных балок. Конструкции разработанных ВНИКТИ литых элементов тележки с нагрузкой 25 тс на ось базируются на разработках конструкции сварных элементов и являются взаимозаменяемыми. Литые балки и рамы должны пройти цикл стендовых и ходовых динамико-прочностных испытаний по определению предела выносливости. На литых балках и рамах предусмотрено применение всех элементов, что и на сварных конструкциях, в том числе съемного подпятника из легированной стали с высокой твердостью рабочих поверхностей и безремонтным пробегом не менее 1 млн км.

В III квартале 2004 г. будут проведены предварительные динамико-прочностные испытания тележек со сварными и литыми рамами и вагоны будут представлены на экспериментальное кольцо ВНИИЖТ для проведения пробеговых и приемочных испытаний.