



# **ВІСНИК**

**Східноукраїнського  
національного  
університету  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

---

**НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ**

**№8(102)  
Частина 1  
2006**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

# **В І С Н И К**

**Східноукраїнського  
національного університету  
імені Володимира Даля**

**№ 8(102)**

**Технічні науки  
Серія транспорт**

**1**

**Видавництво СНУ ім. В. Даля  
Луганськ - 2006**

Кеглин Б.Г., Болдырев А.П., Гуров А.М., Фатьков Э.А., Абрашин А.В.	К оценке энергетической нагруженности поглощающих аппаратов автосцепки в условиях реальной эксплуатации грузового вагона	75
Босов А. А., Капица М. И.	Уточнения аксиом теории восстановления	78
Павленко А.П., Клипаков Н.В.	Прогнозирование характера динамических процессов и оценка динамической нагруженности элементов тягового привода и экипажной части локомотивов при боксовании	84
Маслиев В.Г., Якунин Д.И.	К вопросу о повышении скоростей движения подвижного состава	92
Басов Г.Г., Найш Н.М., Кашуба В.И., Плотников И.Ю., Михайлов Е.В.	Испытания тормозной системы электровоза 2ЕЛ5	96
	Особенности использования сцепной массы экипажа тепловоза с поддерживающими осями	99
Петров А.С., Игнатъева О.В., Игнатъев О.Л.	Пути уменьшения износа колесных пар подвижного состава	103
Горбунов Н.И., Кравченко Е.А., Михеев С.А.	К вопросу о создании высокоскоростного подвижного состава	108
Губачева Л.А., Сладковский А.В., Щербаков В.П.	Контактные задачи механики при расчете подвижных сопряжений железнодорожного транспорта	111
Воронько А.Н., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П.	Анализ критериев устойчивости железнодорожных экипажей от схода с рельсов	115
Нестеренко В. И.	Конструктивные особенности ходовой части тепловоза ТЭП150 и ее динамические показатели	120
Басов Г.Г., Аведиков Ю.В., Мельник П.В., Найш Н.М.	Тележки с раздвижными колесными парами для мощных локомотивов	125
Кашура А.Л.	К вопросу о контакте гребня колеса с боковой поверхностью рельса и сопротивления движению при реализации тягового момента колесом локомотива	130

Губачева Л.А., Сладковский А.В., Щербаков В.П.

## КОНТАКТНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Рассмотрена возможность применения метода конечных элементов при расчете подвижных сопряжений железнодорожного транспорта. Предложенная методика позволяет с высокой степенью достоверности подтвердить контактный статус элементов сопряжений.

Важнейшими задачами современного железнодорожного транспорта как единой системы, состоящей из отдельных служб и управлений, является повышение его экономической эффективности и безопасности движения поездов. Сложность обеспечения высоких требований надежности с позиций безопасности движения рельсового экипажа, можно проследить по пассажирской тележке.

Кажущаяся внешняя простота сборки отдельных составных частей при детальном изучении превращается в достаточно сложную процедуру. Например, центральное подвешивание состоит почти из 90 элементов (валики, шайбы, втулки, серьги, подвески, поддон, пружины и т. д.). Примерно столько же деталей содержат два гидравлических гасителя колебаний, установленных на тележке и соединяющих раму с надрессорной балкой. До 96 фрикционных сухарей может содержаться в демпферах, установленных в буксовых комплектах двух тележек. Значительное количество ответственных деталей имеет также тормозная рычажная передача (валики, рычаги, тормозные колодки и др.). При сборке большая часть деталей образует подвижные сопряжения, которые выполняют определенные функции и изнашиваются в процессе эксплуатации, уменьшая общую надежность ходовой части подвижного состава. С увеличением скоростей движения уменьшилась вероятность безотказной работы, связанная с износом, деталей рессорного подвешивания, тормозной системы и заметно возрос износ деталей гасителей колебаний вагонов. [1-4].

Целью данной работы является определение контактных напряжений методом конечных элементов для создания высокоэффективных фрикционных

демпферов, обеспечивающих стабильную работу сопряжений в период заданного срока эксплуатации.

Фрикционный демпфер предназначен для обеспечения требуемого показателя плавности хода. Узел работает в условиях высоких удельных нагрузок, вибрации и ударных воздействий.

Для решения поставленной задачи рассмотрим главную пару трения фрикционного гасителя колебаний, находящегося в тяжелых условиях эксплуатации. Ее образуют втулка шпинтона и шесть фрикционных сухарей, изготовленные из стали 45, прошедшей термообработку.

Геометрическое моделирование этой пары трения произведено при помощи программного пакета FEMAP 9.0.1. Рассматривается контакт деталей – втулки и 6 сухарей, работающих синхронно. Их форма достаточно сложная, и с тем чтобы упростить создаваемые далее КЭ сетки, были допущены определенные упрощения. Геометрическая модель втулки создавалась по частям, как набор четырех трехмерных тел. После их создания при помощи операции булевого суммирования создавался единый трехмерный объект (рис.1).

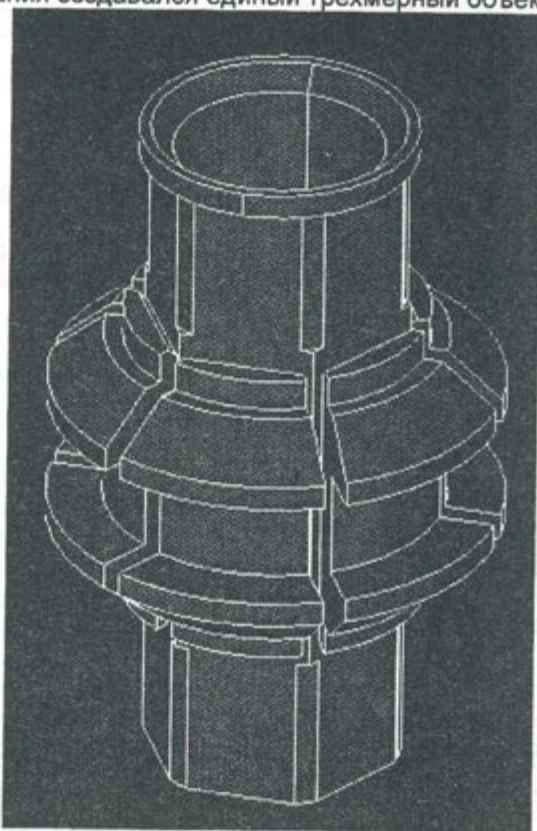


Рис. 1. Геометрическая модель главной пары трения

Стабильная работа сопряжения и равномерность изнашивания поверхностей должна быть обеспечена точным прилеганием поверхностей. Для этого было проведено статическое моделирование контактного взаимодействия в паре сухарь – втулка методом конечных элементов с помощью пакета прикладных программ MSC.NASTRAN for Windows и MSC.MARC.

Задание КЭ сеток стандартными генераторами не принесло желаемых результатов, т.е. не позволило решить задачу с заданной точностью из-за неравномерности КЭ сеток. Для получения равномерно распределенных КЭ сеток

пришлось задавать их полуавтоматически, что связано с определенными трудностями работы с соответствующим программным обеспечением [5].

Конструкция данного узла трения центрально симметрична. Это позволяет рассматривать КЭ модель не всего узла, а только его шестую часть. В результате решения этой сложной задачи при задании граничных условий не удалось совместить все плоскости и пришлось осуществить переход от глобальных координат к локальным, что позволило рассматривать двенадцатую часть сопряжения и сократить время счета.

Следует отметить, что сухарь (его рассматриваемая часть) имеет возможность перемещения, а втулка неподвижна. Итерационно подбирая перемещение верхней конической поверхности сухаря, с тем чтобы сумма проекций контактных сил, действующих в узлах, контактирующих с данной поверхностью, равнялась  $1/12$  общей нагрузки, получаем решение задачи. На рис. 2 приведено распределение нормальных контактных перемещений на рабочей поверхности втулки.

Представленное распределение напряжений дает возможность оценить распределение напряжений в статике. Как видим из приведенного рисунка локальные максимумы, равные 1,268 МПа, локализованы вблизи краев сухарей. Анализ представленного на рис. 2 распределения контактных напряжений позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, применение регулярных КЭ сеток позволило устранить погрешности расчета, связанные с самими КЭ сетками. Во-вторых, становится ясно, что распределение контактных напряжений является неравномерным. При этом максимальные контактные напряжения локализованы по краям сухарей. Указанное явление можно объяснить исходя из классической теории контактного взаимодействия. Известно, что если в полуплоскость вдавливаются жесткий штамп (задача Садовского [6]), то в материале полуплоскости, прилегающем к краям штампа, возникают бесконечно большие напряжения. В данном случае, конечно, сухарь нельзя рассматривать, как жесткое тело. И, тем не менее, он представляется более жестким телом по сравнению с втулкой, причем в тех местах, где конструктивно сухарь более массивный (в местах скошенных выступов), имеют место локальные максимумы напряжений.

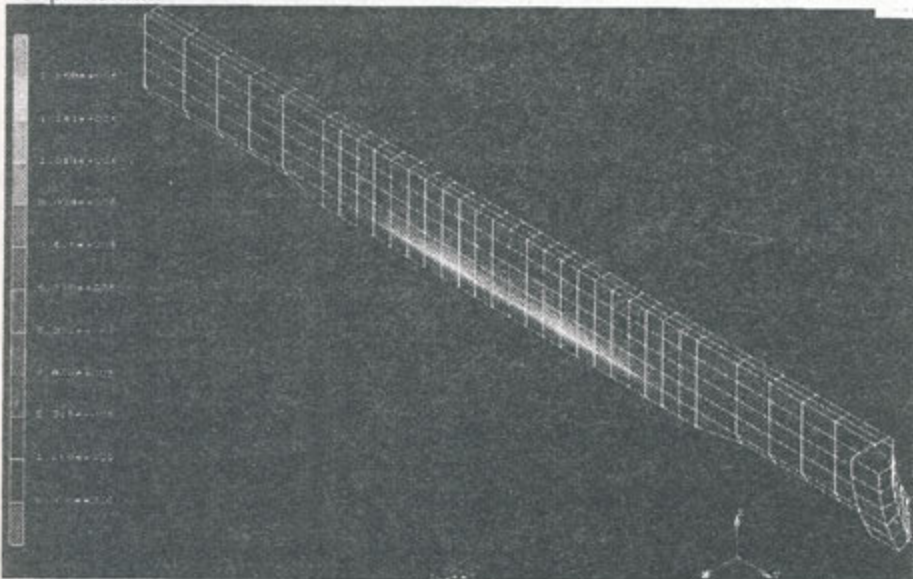


Рис. 2. Распределение нормальных контактных напряжений на рабочей поверхности втулки

В дополнение следует только отметить, что при анализе контактных задач с использованием программы MSC.MARC иногда весьма полезно бывает проанализировать контактный статус. Это обозначает, что если получить рисунок распределения контактного статуса, то те узлы, которые находятся в контакте, будут иметь значение контактного статуса, равное 1. Если рассматриваемый узел не является контактным, соответствующее значение равно 0. На рис. 3 показан контактный статус узлов на рабочей поверхности сухаря.

Указанное распределение весьма существенно для нашего анализа, поскольку говорит о том, что все узлы на контактной поверхности сухаря за исключением зоны фаски находятся в контакте, т.е. поверхности сухаря и втулки прилегают полностью. А неравномерность распределения контактных напряжений (рис. 2) обусловлена только описанными ранее условиями контактного взаимодействия.

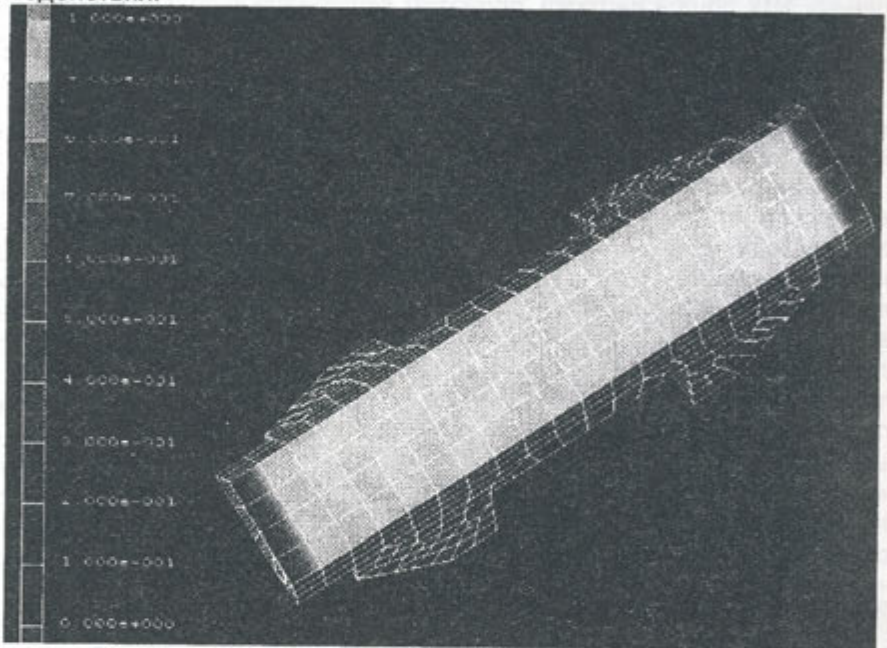


Рис. 3. Контактный статус узлов на рабочей поверхности сухаря

**Выводы.** Результаты расчетов согласно приведенной методики определения контактных напряжений хорошо подтверждаются данными эксплуатации. Неравномерность распределения контактных напряжений может быть причиной откола кромок у сухарей и раздавливания втулок шпинтона.

### Литература

1. Конструирование и расчет вагонов /В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов, А.А. Хохлов, П.С. Анисимов. М.: УМК МПС России, 2000 - 731 с.
2. К.Н. Войнов К.Н. Надежность вагонов - М.: Транспорт, 1989. - 112 с.
3. Губачева Л. А. Исследование изнашивания деталей фрикционного гасителя колебаний тележек пассажирских вагонов // Новини науки Придніпров'я. - 2005, Вип.5., 31-35.
4. Gubacheva L.A., Naish N.M. Assurance of operate reliability of rolling stock // Journal of Guangdong non-ferrous metals. - 2005, Vol. 15, No.2; 3, 200-212.
5. Сладковский А.В., Ситаж М., Мартыненко Ю.Р. Решение задач механики железнодорожного транспорта с помощью МКЭ. - Днепропетровск: Новая идеология, 2002. - 220 с.
6. Рекач В.Г. Руководство к решению задач по теории упругости. - Москва: Высшая школа, 1966. - 228 с.