

Компании – участники конференции

Аэрокосмическая промышленность

АК им. Ильюшина (Москва)
ТАНТК им. Бериева (Таганрог)
АООТ «ОКБ Сухого» (Москва)
ГКНПЦ им. Хруничева (Москва)
РКК «Энергия» (Королев)
РКК «Энергия» (Самара)
ЦАГИ-МФТИ (Жуковский)
ГРЦ КБ им. Макеева (Миасс)
МИТ (Москва)
НПО им. Лавочкина (Химки)
НПО «Энергомаш» (Химки)
КВЗ (Казань)
ГНПП «Сплав» (Тула)
ОАО «А.Люлька-Сатурн» (Москва)
ЦИАМ (Москва)
ЭМЗ им. Мясищева (Жуковский)
ММЗ «Салют»

Транспортное машиностроение

АО ГАЗ (Нижний Новгород)
АО АвтоВАЗ (Тольятти)
МТЗ (Минск)
ЗИЛ (Москва)
ОАО АК «Туламашзавод» (Тула)
ЦКБМТ «Рубин» (С.-Петербург)
АООТ «Коломенский завод»
НИИ Тепловозов и Путевых Машин
(Коломна)

Энергетика и другие отрасли

«Атомэнергопроект» (С.-Петербург)
ИЦ «Энергомаш» (С.-Петербург)
ОА «Электросила» (С.-Петербург)
АО ПК «Сплав» (Новгород)
АО СКБТ (Пенза)
АО «Пеленг» (Минск)

ВНИИСИМС (Александров)
АО ЧМЗ (Глазов)
ВНИИ Автоматики (Москва)
ВНИИНМ (Москва)
Кирово-Чепецкий химкомбинат
НЦ Сердечно-сосудистой хирургии
им. Бакулева (Москва)

Высшие учебные заведения

МАИ (Москва)
КАИ (Казань)
МИИТ (Москва)
ИрГТУ (Иркутск)
СГАУ (Самара)
БГПА (Минск)
МИУ (Москва)
НМАУ (Днепропетровск)
ЛГТУ (Липецк)
МГТУ (Москва)
БГУИР (Минск)
Академия им. Жуковского (Москва)

Партнеры MSC

ВееPitron (С.-Петербург)
ТОДЕС (Минск)
CADhouse (Москва)
Технополис (Киев)
Русская Промышленная Компания
(Москва)
TOPS (Москва)
Unigraphics Solutions (Москва)
Silicon Graphics Inc. (Москва)
Catalyst Silicon Solutions (Москва)
Hewlett Packard (Москва)

Пресса

«Автоматизация проектирования»
«PC Week»

Опыт применения передовых компьютерных технологий инженерного анализа фирмы MSC.Software на предприятиях России, Белоруссии, Украины

**Вторая Российская конференция пользователей MSC,
28 октября 1999**

Представительство MSC.Software в СНГ

117933, Москва, Ленинский проспект, 6
тел.: (095) 9560928, 2366177
факс: (095) 2323575

E-mail: as-msc_rus@col.ru
Internet: www.mssoftware.com

Стендовые доклады

1. Использование спектров динамического нагружения при определении нагрузки на оборудование методом гармонического воздействия. *Булкин М. В.*, РКК "Энергия", г.Королев
2. Особенности использования восьми и двадцати-узловых 3D Solid - элементов с пониженной чувствительностью к запирающему сдвигу. *Потапов С.Д.*, СКБТ, г. Пенза
3. Перспективы применения CAE системы MSC.SuperForge для инженерного анализа процесса винтовой прокатки. *Актуганов Н.В., Веретенников В.А., Девярых В.Г.*, ОАО "Чепецкий металлургический завод", г. Глазов, *Солдаткин А.Н.*, представительство MSC, г. Москва
4. Опыт использования системы MSC.NASTRAN for Windows *Тимофеев М.М.*, АО ПК СПЛАВ, г. Новгород
5. Применение MSC.NASTRAN for Windows для расчета железнодорожных колес. *Есаулов В.П., Сладковский А.В.*, Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепрпетровск
6. Исследование прочности скорректированных зубьев эвольвентных передач с использованием MSC.NASTRAN for Windows *Сладковский А.В., Мушенков Ю.А., Сладковский Ю.А.*, Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепрпетровск
7. Анализ напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных материалов (типа бетона) и расчет конструкций из них с использованием MSC.Nastran. *Рак Н.А., Щербак С.Б.*, Белорусская государственная политехническая академия, г.Минск
8. Опыт использования программ фирмы MSC для расчета динамики и прочности турбогенераторов *Рыжик Б.В.*, АО «Электросила», С.-Петербург
9. Использование программ MSC.PATRAN и MSC.NASTRAN для расчетов строительных конструкций АЭС на особые динамические воздействия *Бирбраер А.Н., Роледер А.Ю., Блиман А.И., Костров Г.Д., Архипов С.Б.*, «Атомэнергопроект», С.-Петербург
10. Расчет кресла пилота изделия 96Т/96М/96300 АК им. Ильюшина, г. Москва
11. Расчет мотогондолы изделия 114100 с применением GAP-элементов АК им. Ильюшина, г. Москва
12. Компьютерные технологии фирмы MSC в системе подготовки инженеров путей сообщения *Загорский Г.С. Рыбников Е.К.*, МИИТ, г. Москва
13. Использование комплекса MSC.NASTRAN for Windows в курсе динамики и устойчивости сооружений при подготовке инженеров-железнодорожников. *Косицын С.Б., Долотказин Д.Б.*, МИИТ, г. Москва
14. Исследование поведения элементов тонкостенной стрингерной оболочки в условиях осевого сжатия методом конечных элементов. *Пересыпкин В.П., Пересыпкин К.В.*, Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С. П. Королева

Применение MSC/NASTRAN for Windows для расчета железнодорожных колес

В.П. Есаулов, А.В. Сладковский

Национальная металлургическая академия Украины (Днепропетровск)

Национальная металлургическая академия Украины (кафедры прикладной механики и металловедения) на протяжении 35 лет занимается проблемами разработки новых и усовершенствования существующих конструкций деталей и узлов железнодорожной техники. За указанный период разработано 25 конструкций колес и 6 новых поверхностей катания, на которые получены патенты ведущих стран мира и авторских свидетельств СССР. Разработки прошли эксплуатационные испытания на Приднепровской железной дороге, ряде других железных дорог Украины и России, а также на промышленном транспорте. Вышеописанные разработки получены на основе математического моделирования взаимодействия в паре колесо - рельс, прошли лабораторные, стендовые и эксплуатационные испытания в сопоставлении с лучшими мировыми образцами. В рамках решения указанных проблем были разработаны новые асимметричные рельсы, новые тормозные колодки. Эти разработки также внедрены на магистральном (Приднепровская ж.д.) и промышленном (Михайловский ГОК, Россия) транспорте. Ряд разработок нашел свое отражение в государственных стандартах бывшего СССР (поверхности катания железнодорожных колес, тормозные колодки), в технических условиях и ведомственных (МПС) инструкциях.

В настоящее время для внедрения новой конструкции колес необходимо провести подробный анализ их напряженного состояния для различных условий нагружения. Ранее расчет колес проводился при помощи полуаналитического метода конечных элементов на основе программ, разработанных в НМетАУ. Комплекс программ и методики расчета, заложенные в него, достаточно подробно описаны в литературе [1-4]. Однако ряд конструкций колес, которые планируется выпускать на Нижнеднепровском трубопрокатном заводе по заказу зарубежных фирм, сложно рассчитать с использованием только вышеуказанных разработок. Большой помощью в проведении расчетных работ оказался пакет прикладных программ MSC/NASTRAN for Windows. С его помощью были определено напряженно-деформированное состояние составных (обандаженных) колес.

В качестве базового колеса Индийских железных дорог в настоящее время используется составное колесо EMU/M-0-1-004. Это достаточно массивное колесо, имеющее колесный центр с практически прямым диском. Расчет этого колеса проводился при помощи описанных выше оригинальных программ, а поля напряжений, которые были обусловлены напрессовкой бандажа, исследовались при помощи MSC/NASTRAN. В рамках данной статьи рассмотрим только эту часть задачи. Она могла использоваться для суперпозиции решений в пределах упругой постановки, что в конце концов и было сделано.

С использованием 300-узловой демоверсии MSC/NASTRAN была создана КЭ-модель описанного выше колеса. При ее создании использовались трехузловые осесимметричные конечные элементы. В расчет закладывались реальные свойства колесной стали. При этом создавались две конечно-элементные сетки, одна для колесного центра, другая для бандажа. Исходя из конструктивных соображений для обеспечения натяга при посадке бандажа наружный диаметр колесного центра выполнялся на 0,69 мм больше, чем внутренний диаметр бандажа. В соответствующих парных узлах на контактной поверхности центр – бандаж необходимо было задать граничные условия следующего вида:

$$u_{rб} - u_{rc} = \Delta \quad , \quad (1)$$

$$u_{zб} = u_{zc} \quad , \quad (2)$$

где $u_{rб}$, $u_{zб}$ - радиальные и осевые перемещения контактных узлов бандажа, u_{rc} , u_{zc} - аналогично для колесного центра, Δ - натяг бандажа. Определенным недостатком ППП MSC/NASTRAN или препроцессора FEMAP, на наш взгляд, является то, что он не позволяет задать граничные условия типа Constraint Equation типа (1), если $\Delta = const$. Этот не-

достаток удалось преодолеть с учетом того, что необходимо было задать также граничные условия, ограничивающие перемещения колеса как жесткого целого в направлении оси Z . Тогда для одного из узлов (с номером 1, находящемся на стыке отверстия в ступице и ее внутренней боковой поверхности) задавалось граничное условие $u_{z1} = \Delta$, а граничное условие (1) записывается в виде

$$u_{rб} - u_{rц} - u_{z1} = 0 \quad . \quad (3)$$

На рис. 1 представлены недеформированные КЭ-сетки колесного центра и бандажа, а также их совместная деформация. Деформация дана в увеличенном масштабе. Считаем стопорное кольцо единым целым с бандажом.

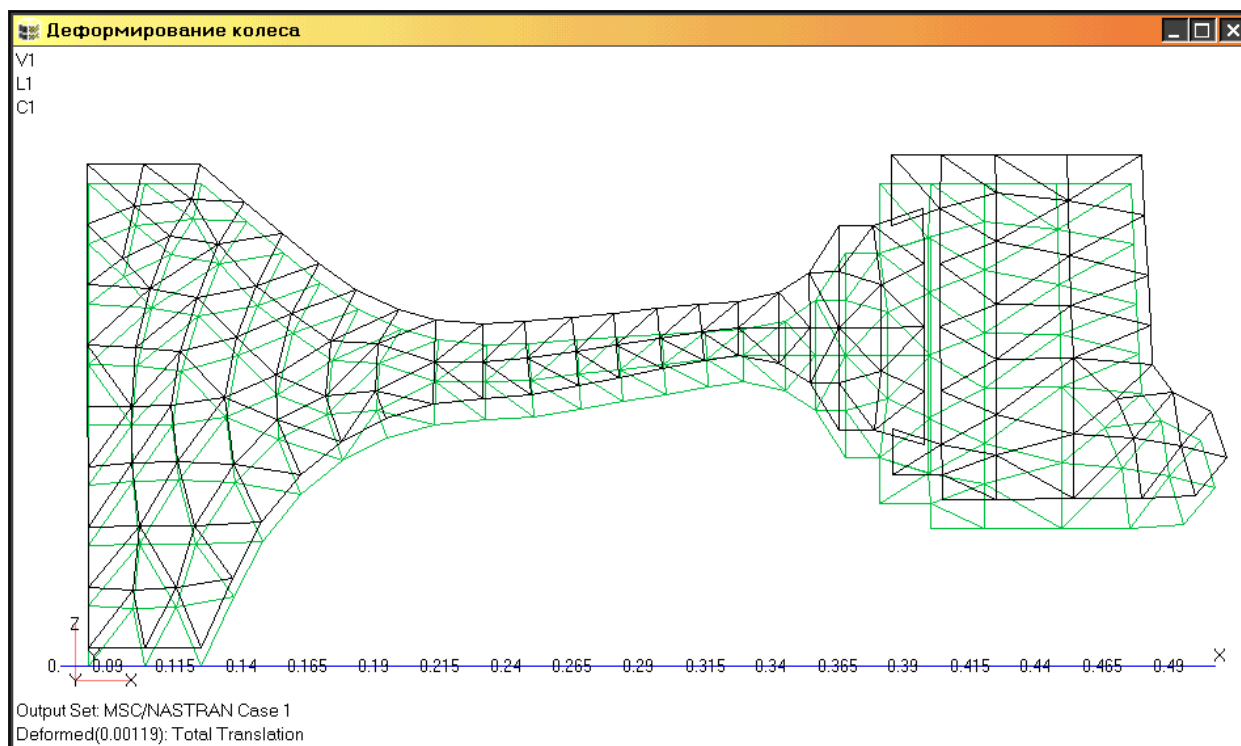


Рис. 1. Деформирование составного колеса EMU/M-0-1-004 вследствие напрессовки бандажа

Следствием описанного нагружения является возникновение как в колесном центре, так и в бандаже дополнительных напряжений. Наиболее характерными среди них являются осесимметричные радиальные напряжения, которые приведены на рис. 2. Эти напряжения находятся в диапазоне от -399 МПа до $6,51$ МПа. Как и следовало ожидать, при напрессовке бандажа в колесном центре возникают в основном напряжения сжатия, которые не превосходят предел упругости для колесной стали, но должны учитываться при суперпозиции решений, так как их вклад в общее напряженно – деформированное состояние колес достаточно существенный.

Как видно из приведенного рисунка, наиболее нагруженными зонами являются зоны диска колеса, являющиеся переходными от диска к ступице и от диска к ободу. Таким образом, используя полученное решение можно оценить напряженное состояние составных колес при различных видах нагружения. К наиболее сложному нагружению колеса относится его термическое нагружение, обусловленное взаимодействием между колесом и тормозными колодками в процессе торможения.

Авторами рассматриваемая задача рассматривалась как тестовая для исследования возможности использования пакета MSC/NASTRAN for Windows в качестве действенного инструмента анализа напряженного состояния железнодорожных колес. Определено, что

для достаточно простых задач, аналогичных приведенным выше даже 300 узловая версия может служить достаточно эффективным средством КЭ – анализа. Вместе с тем был обнаружен ряд досадных недоработок пакета MSC/NASTRAN. В частности, было определено, что рассматриваемый пакет не допускает решение упруго – пластических задач в осесимметричной постановке, несмотря на то, что это допускается препроцессором FEMAP. Авторам остается надеяться, что в последующих версиях MSC/NASTRAN указанный недостаток будет устранен.

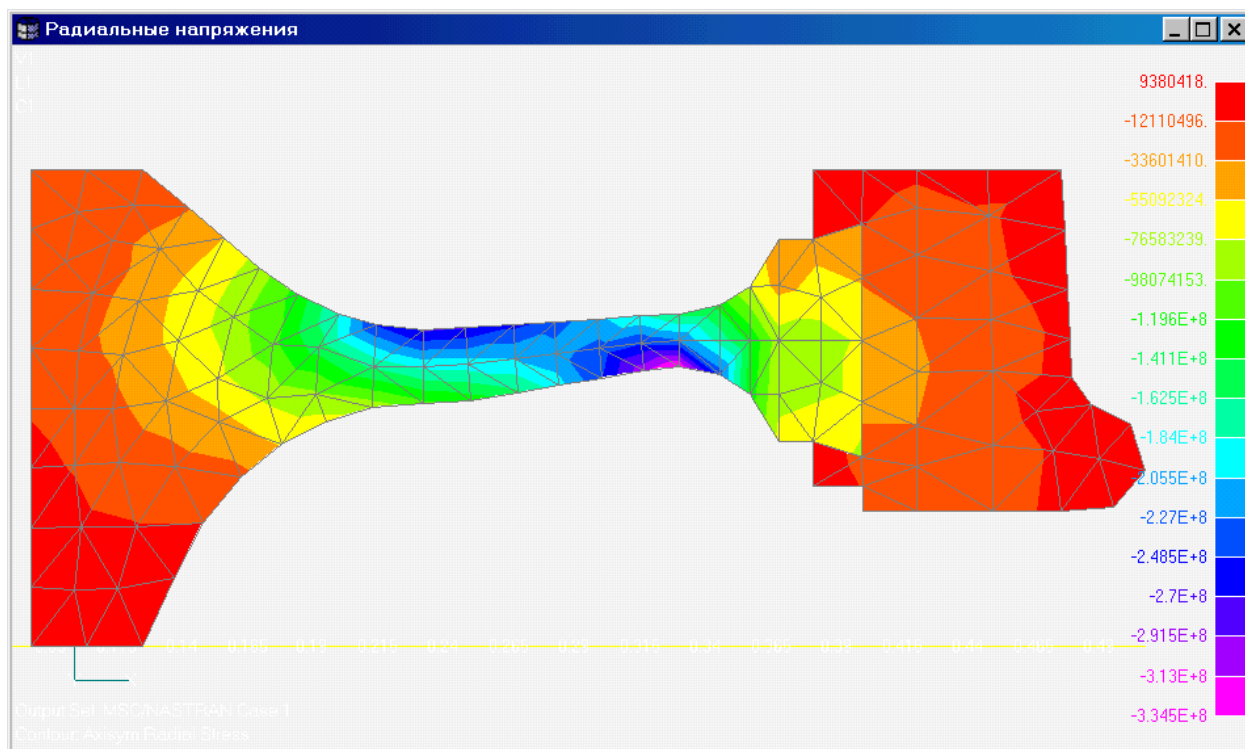


Рис. 2. Поле радиальных напряжений в колесе ЕМУ/М-0-1-004, обусловленных напрессовкой бандажа

Литература

1. Есаулов В.П., Сладковский А.В. Определение погрешности дискретизации при конечноэлементном расчете железнодорожных колес / Проблемы прочности. - 1990.- N5.- С.92-95.
2. Есаулов В.П., Сладковский А.В., Токарев В.В. Определение напряженного состояния вагонных колес при помощи МКЭ / Вопросы совершенствования конструкций и технического содержания вагонов: Межвуз. сб. науч. тр./ Днепропетр. ин-т инж. трансп.- Днепропетровск, 1991.-С.7-12.
3. Yessaulov V., Taran Y., Sladkovsky A., Kozlovsky A., Shmurygin N. Design of Wagon Wheels Using the Finite Element Method / Computers in Railways V.- Southampton, Boston: Computational Mechanics Publications, 1996.-V.2-P.69-77
4. Sladkovsky A., Yessaulov V., Shmurygin N., Taran Y., Gubenko S. An Analysis of Stress and Strain in Freight Car Wheels / Computational Method and Experimental Measurements VIII.- Southampton, Boston: Computational Mechanics Publications, 1997.-P.15-24.