



## **XIX Международная конференция**

*Математическое моделирование  
в механике сплошных сред.*

*Методы граничных и конечных элементов*

*30 мая – 2 июня, 2001*

*Санкт-Петербург*

## **ТЕЗИСЫ - THESES**

**19-th International Conference**

*Mathematical Modeling in Solid Mechanics*

*Boundary & Finite Elements Methods*

*30 May – 2 June 2001*

*Saint Petersburg, Russia*



**BEM & FEM**

**XIX Международная конференция**

*Математическое моделирование  
в механике сплошных сред.*

*Методы граничных  
и конечных элементов*

*30 мая – 2 июня, 2001*

*Санкт-Петербург*

**Труды. Том 1**

**(Тезисы докладов)**

**Proceedings. Vol. 1**

*19-th International Conference  
Mathematical Modeling in Solid Mechanics.  
Boundary and Finite Elements Methods*

*30 May – 2 June 2001  
Saint Petersburg, Russia*

# ПРИМЕНЕНИЕ МКЭ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВАГОННЫХ КОЛЕСНЫХ ПАР

*А.В. Сладковский (Национальная металлургическая академия, Днепропетровск, Украина)  
М. Ситаж, К. Хружик (Силезский технический университет, Катовице, Польша)*

Формирование колесных пар является достаточно ответственным технологическим процессом, который регулируется рядом достаточно старых нормативных документов, например, [1]. При этом подлежат контролю геометрия и качество обработки подступичной части оси и отверстия в колесе, а также график усилия запрессовки, который записывается в процессе формирования. Это обусловлено тем, что недостаточный натяг в рассматриваемом соединении может привести к провороту колеса относительно оси, что недопустимо, а чрезмерная величина натяга может служить причиной разрушения колеса в процессе эксплуатации. В основу нормативных документов были положены расчеты, выполненные с использованием достаточно простых способов, основанных на методологии сопротивления материалов и теории упругости. При этом не учитывалась сложная геометрия оси и особенно, колеса. Например, в указанной инструкции оговорена величина натяга, который должен быть в пределах от 0,1 до 0,25 мм. При этом диапазон натяга не зависит от диаметра подступичной части оси. В работе [2] экспериментальными исследованиями было установлено, что для стандартных колесных пар, использующихся в странах СНГ, этот диапазон должен быть откорректирован на следующий 0,14 – 0,19 мм. Указанный диапазон также не зависит от геометрии колеса и оси. Для сравнения можно привести польскую норму [3], где оговорено, что величина натяга определяется из соотношения  $W = Da/1000$ , где  $W$ - натяг (мм);  $D$ - диаметр подступичной части оси (мм);  $a$  - коэффициент натяга, находящийся в диапазоне 0,9 – 1,25.

Для компьютерного моделирования процесса формирования колесных пар использовался метод конечных элементов и его программная реализация в пакете MSC/NASTRAN. Рассматриваемый процесс можно программно реализовать с использованием GAP – элементов. При этом задача будет решаться с использованием алгоритмов нелинейной статики в трехмерной постановке. Можно, конечно, двумя радиальными сечениями вырезать какой-либо слой и рассматривать контактное взаимодействие оси и колеса для элементов слоя. Однако это значительно усложняет постановку, для которой необходимо последовательно решать набор задач контактного взаимодействия в паре колесо – ось для их различных относительных положений в процессе запрессовки. Была разработана новая методика, основанная на применении осесимметричной расчетной схемы. При этом между контактирующими узлами сеток колеса и оси задавались условия Constraint Equation. Был проведен анализ влияния тангенциальных контактных напряжений на их общее распределение. Были решены две задачи, первая при наличии полного проскальзывания между взаимодействующими поверхностями и вторая при наличии полного сцепления. Определено, что для рассматриваемой задачи влияние тангенциальных контактных напряжений на распределение нормальных давлений незначительно. Поэтому далее задача на каждом этапе запрессовки решалась в предположении, что трение на контактной поверхности отсутствует. Это позволяло определить распределение нормальных давлений, а затем для определения усилия запрессовки задавался реальный коэффициент трения и тангенциальные напряжения находились из закона Амонтона – Кулона. В результате уточнены зависимости предельных усилий запрессовки от натяга, определены поля напряжений и деформаций, что должно быть использовано при корректировке нормативной документации по формированию вагонных колесных пар.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колесных пар. ЦВ/3429. – М.: Транспорт, 1977. – 84 с.
2. Богданов А.Ф., Чурсин В.Г. Эксплуатация и ремонт колесных пар вагонов. – М.: Транспорт, 1985. – 270 с.
3. Tabor kolejowy. Zestawy kołowe. Wymagania i badania. PN-92/K-91045. – Warszawa: Wydawnictwa normalizacyjne „Alfa”, 1993. – 11 s.

<b>Е.Н. Сеницын, Д.Е. Козлов, Д.Н. Шмелев, Д.В. Власов</b> ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПАКЕТ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ .....	112
<b>Е.Н. Сеницын, И.В. Ушаков, А.Б. Шарин, В.Н. Демингневский,</b> <b>Д.В. Власов, М.Д. Долотказин</b> ВОПРОСЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И АТТЕСТАЦИИ МНОГОЦЕЛЕВОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА SAN.....	112
<b>Е.Н. Сеницын, Д.Н. Шмелев, Д.В. Власов, В.Ю. Сахаров,</b> <b>О.В. Потапкина, В.М. Стрикан</b> СЕМЕЙСТВО ПРОГРАММ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ SAN .....	113
<b>А.В. Сладковский, М. Ситаж, К. Хружик</b> ПРИМЕНЕНИЕ МКЭ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВАГОННЫХ КОЛЕСНЫХ ПАР.....	114
<b>A. Snitko, A. Slepovichev</b> GENERATION OF THE ADAPTIVE FEM GRIDS IN THE OPTIMIZATION OF MULTI-LAYER COMPOSITE PROTECTION OF SEA PLATFORMS .....	115
<b>И.О. Соколов</b> АДАПТАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ НА ИНТЕРНЕТ-СЕРВЕРАХ.....	116
<b>Ю.Д. Степанов</b> КИНЕТИКА ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	117
<b>Н.А. Тарануха, Г.С. Лейзерович</b> ОБ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ТОНКИХ КРУГОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ С БОЛЬШИМИ АМПЛИТУДАМИ.....	119
<b>L. Teder, G. Arjassov, T. Rappel (Л.Л. Тедер, Г.П. Арясов, Т.А. Папнель)</b> DERIVATION AND INTEGRATION OF THE TIME DOMAIN SIGNALS (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ И ИНТЕГРАЛЬНАЯ РЕАКЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ).....	120
<b>О.Я. Тимофеев</b> ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАКОПЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ СУДОВОГО КОРПУСА .....	121
<b>В.С. Тихонов, А.И. Сафронов, М.Я. Гельфгат</b> ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЯ, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ТРУБЕ.....	121
<b>А.А. Трещев, А.В. Неделин</b> КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ АРМИРОВАННЫХ БАЛОК-СТЕНОК ИЗ НЕЛИНЕЙНОГО МАТЕРИАЛА.....	122