

А.Г.АНДРЕЕВ, канд.техн.наук; *А.В.ЩЕПКИН*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВАГОННОГО КОЛЕСА ЭЛЕКТРОВАГОНА В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Досліджується напружено-деформований стан експериментального біметалічного вагонного колеса при технологічних навантаженнях, обумовлених з'єднанням з натягом частин колісної пари тепловим способом, і в процесі експлуатації при нагріванні бандажа під час гальмування.

Тепловой метод формирования колесных пар рельсового транспорта с помощью индукционно-нагревательных устройств (ИНУ) обладает рядом преимуществ по сравнению с прессовым [1]: обеспечивает большую прочность соединений; исключает повреждение сопрягаемых поверхностей при сборке; повышает усталостную прочность осей при эксплуатации; снижает количество брака при формировании колесных пар; обеспечивает возможность автоматизации процесса сборки; допускает возможность разборки без повреждения сопрягаемых поверхностей.

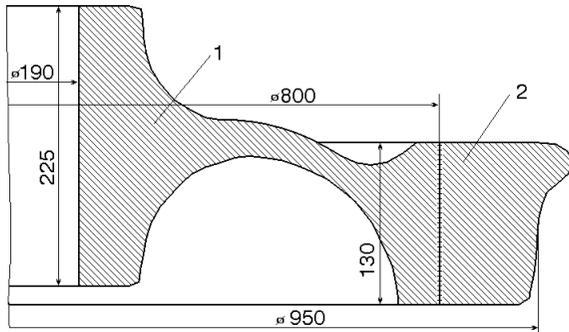


Рис. 1. Биметаллическое вагонное колесо; 1 – колесный центр, 2 – бандаж.

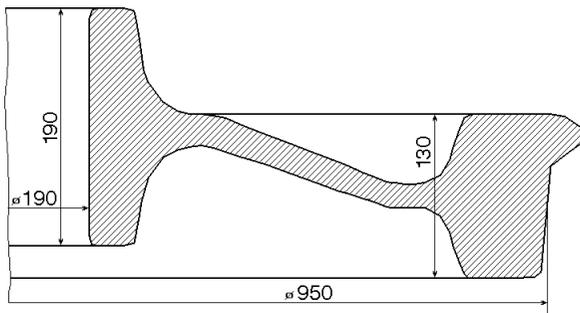


Рис. 2. Стандартное цельнокатаное вагонное колесо.

Однако в процессе технологического нагрева создается неравномерное температурное поле, в связи с чем возникает необходимость исследования напряженно-деформированного состояния элементов колесной пары при их тепловой сборке. В процессе эксплуатации колесо находится под действием сложной комбинации нагрузок: контактных напряжений в результате соединения с натягом колеса с осью; вертикального, осевого и окружного усилий в месте соприкосновения колеса с рельсом; нестационарных температурных полей с большими градиентами, вызывающих значительные температурные напряжения вследствие интенсивного нагрева поверхности бандажа по кругу катания при торможении или ступицы колеса при тепловой сборке колеса с осью; центробежных нагрузок при больших скоростях движения.

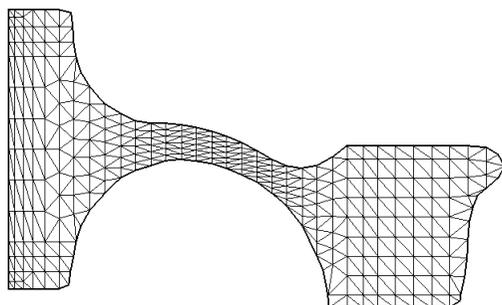


Рис. 3. Схема разбиения детали на конечные элементы.

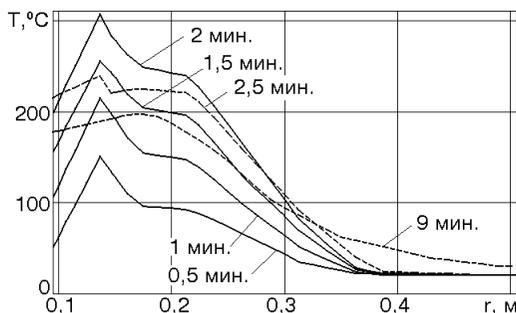


Рис. 4. Распределение температур по радиусу колеса при нагреве под посадку на ось.

Данная работа посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния экспериментального биметаллического вагонного колеса (рис. 1, 2), состоящего из дуралюминиевого колесного центра и стального бандажа, соединенных сваркой. Масса такого колеса составляет 325 кг, масса стандартного – 365 кг. Исследование колеса предполагает следующие этапы: нагрев ступицы колеса для последующей посадки его на ось; колесо, посаженное с натягом на ось; нагрев бандажа колеса при торможении. Для расчета НДС колеса был применен МКЭ [2], исследуемая деталь аппроксимируется

тороидальными КЭ треугольного поперечного сечения с тремя узлами (рис. 3). Характеристики материала бандажа: модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,33$, коэффициент температурного расширения $\alpha = 11,9 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, удельный вес $\rho = 7800$ кг/м 3 ; колесного центра: $E = 0,71 \cdot 10^5$ МПа, $\nu = 0,3$, $\alpha = 12,2 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, $\rho = 2640$ кг/м 3 .

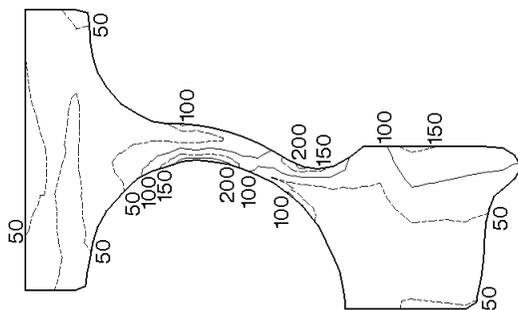


Рис. 5. Распределения напряжений σ_e в колесе при его нагреве под сборку в момент окончания нагрева, МПа.

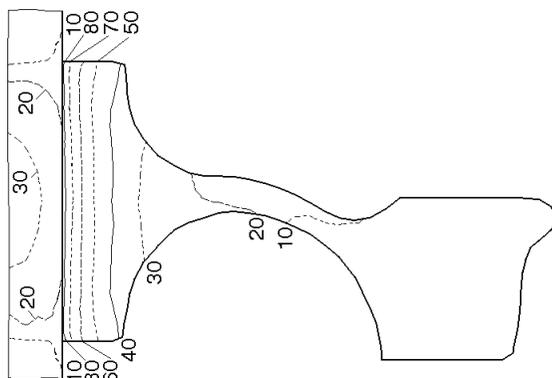


Рис. 6. Распределения напряжений σ_e в колесе, посаженном на ось, МПа.

Для исследования напряженно-деформированного состояния вагонного колеса при технологическим нагреве было использовано распределение температур, полученное экспериментально для стандартного вагонного колеса (рис. 4) [3]. Время нагрева ступицы под посадку на ось составляет 2 мин., в 2,5 мин. происходит сборка. На рис. 5 показано распределение эквивалентных напряжений σ_e в поперечном сечении колеса в момент окончания нагрева, рассчитанное на основе экспериментально полученных температур. В 2 мин. расширение отверстия ступицы (по радиусу) 0,215 мм; в 2,5 мин. – 0,182 мм; натяг в соединении составляет 0,1 мм. На рис. 6 показано распределение эк-

вивалентных напряжений σ_e в поперечном сечении колеса, посаженного на ось. На рис. 7 представлены напряжения σ_e , возникающие в колесе при нагреве бандажа при торможении. Распределение температуры построено на основании данных Никольской Э. Н. [4] (см. таблицу). На рис. 8 показано распределение сжимающих напряжений в контактной зоне соединения колесо-ось для биметаллического (а) и стандартного колеса (б).

Распределение температуры в колесе при нагреве бандажа при торможении

Радиус, м	0	0,13	0,19	0,26	0,34	0,40	0,465	0,475	0,505
Температура, град	30	30	35	50	85	160	185	200	160

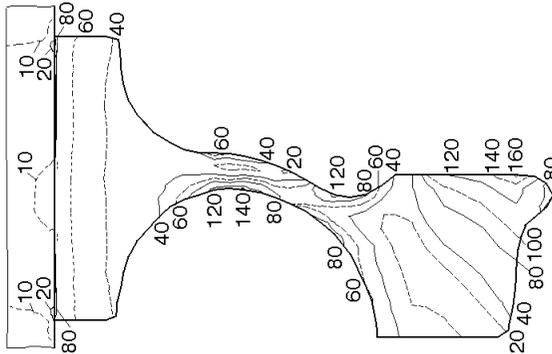


Рис. 7. Напряжения σ_e , возникающие в колесе при нагреве бандажа при торможении

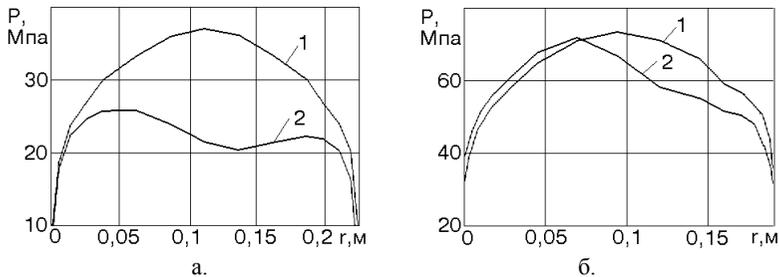


Рис. 8. Распределение сжимающих напряжений в контактной зоне соединения колесо-ось для биметаллического (а) и стандартного колеса (б) в обычном режиме (1) и после торможения (2).

Результаты исследований показали: величина сжимающих напряжений в контактной зоне соединения колесо-ось для биметаллического колеса в 2 раза ниже, чем у стандартного. Температурное поле, возникающее в колесе при торможении, приводит к снижению (примерно на 10-15 МПа) уровня сжимающих напряжений в контактной зоне соединения колесо-ось.

Список литературы: 1. Андреев Г.Я. Тепловая сборка колесных пар, Харьков, Изд-во Харьковского ун-та, 1965. 2. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в

задачах строительной механики летательных аппаратов. – М., Высшая школа, 1985. – 392 с. 3. *Andreev A.G., Scepkin A.W., Laugwitz F.* Untersuchung von Spannungen und Deformationen in Eisenbahnradern infolge induktiver Erwärmung bei der Montage. – Technische Mechanik, Bn. 15, H. 4 1995, S. 271-280. 4. *Никольская Э.Н., Гречищев Е.С., Герасимова А.К.* Исследование температурного и напряженного состояний цельнокатаного тепловозного колеса, Труды ВНИИ железнодорожного транспорта, 1970, **34**, 184-197.

Поступила в редколлегию 08.04.02

УДК 621.318.3.001.2

А.Е.БОЖКО, член-корреспондент НАН Украины; **К.Б.МЯГКОХЛЕБ**;
ИПМаш НАН Украины

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ

У роботі пропонується резонансний метод ідентифікації параметрів коливальної системи. Як джерело вібрації використовується електромагнітний збудник вібрації. Розглядаються послідовно коливальну систему з одним ступенем волі і коливальну систему з двома ступенями волі.

В работе [1] предлагается резонансный метод идентификации параметров колебательной системы с двумя степенями свободы. Там же рассматривается колебательная система с одной степенью свободы. В качестве вибровозбудителя используется электродинамический вибростенд (ЭДВ). Однако такой ЭДВ не всегда находится в распоряжении исследователя. В то же время источником вибрации может быть электромагнитный вибровозбудитель (ЭМВ). Однако при использовании ЭМВ из-за нелинейных преобразований входных сигналов в вибрацию якоря (подвижной системы) [2], в указанный метод идентификации должно быть внесено ряд принципиальных коррективов. Остановимся более детально на последних. Рассмотрим последовательно колебательную систему с одной степенью свободы и колебательную систему с двумя степенями свободы.

Согласно выражению (2) из [1] тяговое усилие подвижной системы (якоря) ЭМВ должно иметь вид

$$F_{\Sigma} = F + \Delta m \frac{d^2 x}{dt^2} + \Delta b \frac{dx}{dt} + \Delta c x, \quad (1)$$

где F – тяговое усилие, создаваемое от действия ЭДС задающего генератора; остальные слагаемые в (1) получаются от действия отрицательных обратных связей; x – перемещение; t – время.

Уравнение движения якоря ЭМВ в этом случае имеет вид

$$(m + \Delta m) \frac{d^2 x}{dt^2} + (b + \Delta b) \frac{dx}{dt} + (c + \Delta c)x = F, \quad (2)$$