

Ackermann Wind power in power systems. – John Wiley & Sons Ltd, 2005. – 691 p. **10.** *Fernando DE. Bianchi.* Wind turbine control systems. – Springer, 2006. – 499 p. **11.** *Янсон Р.Я.* Ветроустановки. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. – 36 с. **12.** *Андреанов Н.В., Быстрицкий Д.Н.* Ветроэлектрические станции. – М.: Энергия, 1960. – 320 с. **13.** *Martin O.L. Hansen* Aerodynamics of Wind Turbines. – Earthscan, 2008. – 181 p. **14.** *Erih Hau* Wind turbines Fundamentals, Technologies, Applications, Economics. – Springer, 2006. – 783 p. **15.** *Дмитриев Г.С.* Как уберечься от пожаров на ветроэнергетических установках. – М.: Энергия, 2006. – № 4. – С. 35-39. **16.** *Горохов Е.В., Бусько М.В.* Оценка влияния резиноармированных опорных частей на динамическое поведение башенной конструкции // Вестник ДонГАСА. – 2001. – С. 145–152. **17.** *Сокол Г.И.* Инфразвук – экологический вредный фактор в ветроэнергетике // Праці симпозіуму Консонанс, 2005. – С. 283-290. **18.** *Тушкин С.Н., Орлова Н.С.* Ветроэнергетические ресурсы. – Калининград: КГУ, 1998. – 31 с. **19.** *Духанин Ю.А., Акулин Д.Ф.* Техника безопасности и противопожарная техника в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.

Поступила в редколлегию 10.11.2009

УДК 629.423.2.027.43.002.237

И.Л.ОБОРСКИЙ, канд.техн.наук, доц., Киевский национальный университет технологий и дизайна;
А.Г.АНДРЕЕВ, канд.техн.наук, доц., НТУ «ХПИ»;
А.В.ЩЕПКИН, науч.сотр., НТУ «ХПИ»;
В.Н.ДВОРЖАК, канд.техн.наук, доц., Киевский национальный университет технологий и дизайна

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СОСТАВНОГО КОЛЕСА ЭЛЕКТРОВАГОНА

На основі проведеного аналізу технологій складання деталей з натягом, конструкцій складених коліс залізничного транспорту та виконаного дослідження міцності та пружно-деформованого стану запропоновано технологію виготовлення та удосконалену конструкцію колеса електровагона.

On the basis of analysis of details assembly technologies with a tightness, designs of railway bandage wheels and the executed research of durability and the stressedly-deformed condition the technologies of advanced design of electrocar wheel are offered.

Постановка проблемы. Актуальной задачей для железнодорожного транспорта является создание подвижного состава, обеспечивающего повышенные качественные показатели надежности и безопасности [1-5]. Эти показатели существенным образом зависят от конструкции составных спицевых колес и технологии их изготовления. В ряде случаев повышение надежности колес может быть обеспечено использованием сборки с нагревом охватываемых и низкотемпературным охлаждением охватываемых деталей.

Анализ предыдущих исследований. Ряд составных колес имеют выточки в бандаже под бандажное стопорное кольцо, что ослабляет конструкцию бандажа и надежность крепления деталей колеса. Как показал опыт эксплуатации колесных пар, в отдельных случаях возможны трещины спиц колес в зоне

перехода от обода центра к спице. Технологическим недостатком является использование закатывания бандажа после установки бандажного кольца, что приводит к снижению прочности посадки бандаж-центр [5,6].

В работах [7-8] проведено исследование технологического процесса сборки соединений с натягом, осуществляемого с использованием нагрева и низкотемпературного охлаждения, разработаны направления повышения их качества и автоматизации процесса, выполнена оценка отдельных основных показателей.

Целью работы является повышение эксплуатационных показателей электропоездов и локомотивов за счет усовершенствования конструкции и технологии производства моторно-колесных пар [2-6]. Для этого необходимо разработать методологию выбора рациональных нормативных технологических и конструктивных сборочных параметров, обеспечивающих высококачественную и экономически целесообразную технологию сборки соединений с натягом, осуществляемых с термовоздействием.

В настоящее время при сборке соединений с натягом термическими методами широко применяются режимы неравномерного нагревания и низкотемпературного охлаждения сопрягаемых деталей. Для реализации процесса сборки предварительно определяют необходимую величину расширения при нагреве и сжатия при охлаждении, что обеспечивает заданный временной сборочный зазор, исключающий повреждение сопрягаемых поверхностей [3-6].

Результаты проведенных исследований. Специалисты Киевского национального университета технологий и дизайна в содружестве с производителями ОАО «Киевский электровагоноремонтный завод», специалистами Украинской инженерно-педагогической академии (Харьков) и Национального технического университета «ХПИ» разработали конструкцию (рис. 1) и технологию производства колес без бандажного кольца, в которых зубчатый венец соединен заклепками с фланцем ступицы, а также провели их эксплуатационные испытания. Новизна разработок защищена патентами Украины [1-7].

Разработанная конструкция соединения бандажа с центром имеет внутри посадочного отверстия бандажа дополнительный упорный буртик [1, 4]. На основании расчетных и экспериментальных исследований разработана модель [4] для определения высоты дополнительного буртика для разных типов бандажей колес.

При сборке колеса с помощью нагревания бандажа и охлаждения центра изменение разности диаметров Δd посадочных поверхностей вычисляем по формуле

$$\Delta d = d_n (\alpha' \cdot \Delta t_n + \alpha'' \cdot \Delta t_0),$$

где d_n – диаметр посадки; α' – коэффициент линейного расширения материала бандажа; Δt_n – температура нагревания бандажа; α'' – коэффициент линейного сжатия материала центра при его низкотемпературном охлаждении; Δt_0 – температура низкотемпературного охлаждения центра.

Термовоздействие выполняется нагреванием бандажа до 50...320 °С с помощью индукционно-нагревательного устройства или комбинированно (КТСС) с дополнительным охлаждением центра до -50...-195,6 °С в специ-

альной холодильной камере. Затраты времени для установления центра в отверстие бандажа составляют 5...10 с.

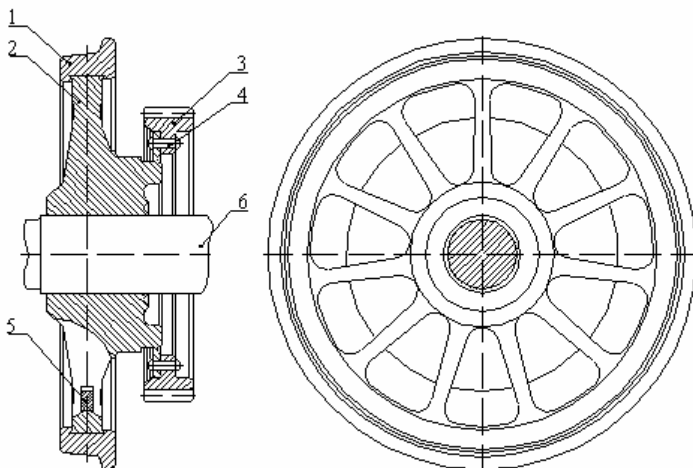


Рисунок 1 – Колесо электровагона с зубчатым венцом, соединенным заклепками с фланцем ступицы: 1 – бандаж; 2 – центр; 3 – венец зубчатый; 4 – заклепка; 5 – пластина упрочняющая; 6 – ось

Таблица 1 – Сравнительная прочность соединений бандаж-центр в зависимости от конструкции и технологии осуществления

	Метод сборки	Конструкция соединения	Сравнительная прочность C_p , %
1.	Механическая за-прессовка	С бандажным стопорным кольцом	100,0
2.	Нагревание бандажа до 50...250 °С	С бандажным стопорным кольцом	198,8
3.	Нагревание бандажа до 50...250 °С и охлаждение центра до -50...-195,6 °С	С дополнительным вторым упорным буртиком	215,6
4.		С дополнительным вторым упорным буртиком и прослойкой с жидким стеклом и медным порошком	268,2
5.		С дополнительным вторым упорным буртиком и прослойкой из медной фольги толщиной 0,015...0,025 мм	477,6
6.		С дополнительным вторым упорным буртиком и прослойкой с гальвано-покрытием медью толщиной 0,015...0,025 мм	478,7

Для повышения прочности и теплопроводности соединения на посадочной поверхности целесообразно размещать прослойку из теплопроводного пластичного материала толщиной 0,015...0,030 мм, в качестве которой может

быть применена фольга, композиция из теплопроводного порошка с жидким стеклом, гальваническое покрытие из одного или нескольких теплопроводных однородных или разнородных материалов и др. (табл. 1).

Как видно, наибольшей прочностью обладает соединение с дополнительным вторым буртиком и прослойкой из медной фольги или гальванопокрытия медью толщиной 0,015...0,025 мм, которые формировались КТСС.

Предлагается также способ усиления конструкции колеса электровагона путем установки упрочняющих пластин разной конфигурации и толщины между спицами колесного центра. Для этого выбиралась оптимальная конструкция пластин с использованием расчетного метода МКЭ для исследования напряженно-деформированного состояния элементов колеса [7, 8]. Был проведен расчет напряженно-деформированного состояния спицевого колеса на оси, натяг в соединении бандаж- колесный центр составил 1,2 мм, колесо-ось – 0,2 мм.

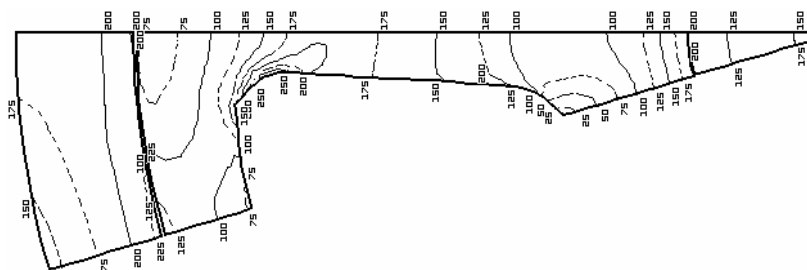


Рисунок 2 – Распределение эквивалентных напряжений σ_e в колесе без упрочняющей пластинки

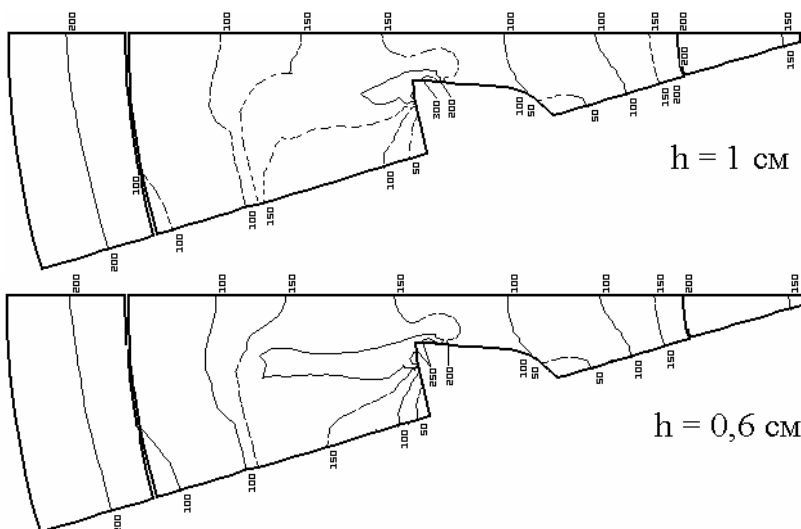
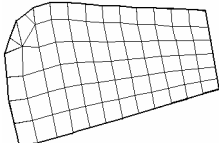
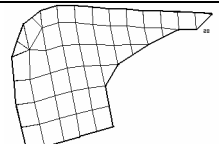
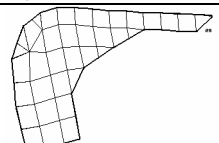
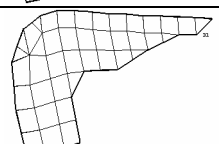
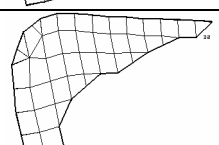
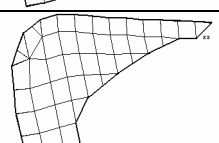


Рисунок 3 – Распределение эквивалентных напряжений σ_e в колесе с упрочняющей пластинкой

На рис. 2 показано распределение эквивалентных напряжений σ_e в колесе без пластинки, которое используется на предприятиях. Соответственно расчету, максимальные напряжения σ_e в колесном центре составляют 315 МПа, в бандаже – 243 МПа, в оси – 171 МПа. На рис. 3 показано распределение напряжений σ_e в колесе с пластинкой с прямым краем (табл. 2, вариант 1), применяемой при ремонте колесных пар.

Таблица 2 – Схемы упрочняющих пластин, их толщина и напряжения σ_e в деталях

№	Схема пластинки	h = 1 см	h = 0,6 см
1		$\sigma_{ec} = 314$ МПа $\sigma_{ep} = 305$ МПа	$\sigma_{ec} = 287$ МПа $\sigma_{ep} = 325$ МПа
2		$\sigma_{ec} = 269$ МПа $\sigma_{ep} = 278$ МПа	$\sigma_{ec} = 281$ МПа $\sigma_{ep} = 306$ МПа
3		$\sigma_{ec} = 278$ МПа $\sigma_{ep} = 309$ МПа	$\sigma_{ec} = 288$ МПа $\sigma_{ep} = 328$ МПа
4		$\sigma_{ec} = 274$ МПа $\sigma_{ep} = 277$ МПа	$\sigma_{ec} = 285$ МПа $\sigma_{ep} = 311$ МПа
5		$\sigma_{ec} = 274$ МПа $\sigma_{ep} = 272$ МПа	$\sigma_{ec} = 285$ МПа $\sigma_{ep} = 304$ МПа
6		$\sigma_{ec} = 271$ МПа $\sigma_{ep} = 276$ МПа	$\sigma_{ec} = 283$ МПа $\sigma_{ep} = 291$ МПа

Как показал расчет, применение упрочняющей пластины снижает уровень максимальных напряжений в колесном центре. В табл. 2 приведены данные выполненных исследований об уровнях напряжений в колесном центре σ_{ec} и в пластине σ_{ep} для спицевого колеса с упрочняющей пластиной разной формы толщиной h = 1 см и 0,6 см .

На заключительном этапе работ была выполнена сборка новых колес по комбинированной технологии (КТСС) и проведены их эксплуатационные испытания.

ВЫВОДЫ

1. Подтверждена целесообразность использования новой конструкции колес и технологии их изготовления.

2. Разработано методическое обеспечение процесса проектирования колес, необходимое при разработке и внедрении новой конструкции колес подвижного состава.

3. Ликвидация трещин в зоне перехода от спицы к ободу центра колеса возможна при использовании специальных упрочняющих пластин, которые позволяют снизить до 15 % уровень напряжений в колесном центре.

4. Технико-экономические расчеты подтверждают преимущества предлагаемых конструкций колес, технологии их изготовления и автоматизации процесса. Экономическая эффективность разработок будет составлять 55,3 грн. на 1 колесо и срок окупаемости 0,5...1,0 года.

5. Выполненный комплекс работ подтверждает целесообразность разработки новой конструкции колеса и технологии сборки соединений термическим способом.

6. Для организации промышленного производства и применения разработанных колес целесообразно осуществить изготовление и квалификационные испытания промышленных партий колесных пар подвижного состава и локомотивов, что требует государственной поддержки.

Список литературы: 1. *Оборський І.Л.* Нова конструкція і технологія з'єднання бандаж-центр колеса електровагона // *Залізничний транспорт України*. – 2003. – № 5. – С. 9-10. 2. Патент України № 46548 А, МПК7 В23 Р 19/02, МПК7 В23 Р 11/02. З'єднання деталей з натягом і спосіб його здійснення. / *С.В.Кулюкін, В.Г.Кантур, І.Л.Оборський, Б.М.Арпент'єв, А.С.Зенкін* та інші. – Опубл. 15.06.2002; Бюл. № 5. 3. Патент України № 47163 А, МПК7 В23 Р 19/02, МПК7 В23 Р 11/02. З'єднання деталей та спосіб його здійснення. / *С.В.Кулюкін, В.Г.Кантур, І.Л.Оборський, В.С.Носік* та інші. – Опубл. 17.06.2002; Бюл. № 6. 4. Патент України №59676 А, МПК7 В60В17/00. Бандаж колеса. / *І.Л.Оборський* – Опубл. 15.09.2003; Бюл. № 9. 5. *Зенкин А.С., Кантур В.Г., Алтухов* Ремонт электроподвижного состава железнодорожного транспорта. – К.: Техніка. - 1983. – 200 с. 6. А. С. СРСР №672561, МКИ2 G 01 N 29/04. Способ неразрушающего контроля качества соединений. / *В.Г.Кантур, А.С.Зенкин, А.И.Разинков* и др. – Опубл. 05.07.1979; Бюл. № 25. 7. Исследование напряженно-деформированного состояния спицевого колеса электровагона при сборке комбинированным термическим способом / *И.Л.Оборский, А.Г.Андреев, А.В.Щепкин, А.С.Зенкин* // Сборка в машиностроении, приборостроении. – М.: Машиностроение, 2002. – № 8. – С. 14-16. 8. Исследование НДС спицевого колеса электровагона с упрочняющими ребрами. / *А.Г.Андреев, И.Л.Оборский, А.В.Щепкин* // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: Сборник научных работ. Тематический выпуск: Технологии в машиностроении. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – № 1. – С. 14 – 19.

Поступила в редколлегию 25.10.2009