

$$I = \frac{1}{r} \cdot \int_0^l x \cdot dx,$$

где  $l=20$  мм – длина пластинки,  $\rho$  – радиус кривизны упругой линии.

Максимальные напряжений возникают вблизи слоя спая и определяются формулой

$$s_{\max} = E_1 \cdot (a_1 - a_2) \cdot \Delta T \frac{h_1}{h_1 + h_2}$$

Результаты вычислений представлены в таблице. В числителе приведены значения  $\lambda$  и  $\sigma_{\max}$ , полученные на основе аналитического решения, в знаменателе – на основе МКЭ. Констан-

тируем, результаты вычислений хорошо согласуются друг с другом (различие по перемещениям составляет около 1%, по напряжениям – около 3%).

| Элемент   | $\Delta T, C^0$ | Перемещение $\lambda$ (мм) | Напряжение $\sigma_{\max}$ (МПа) |
|-----------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|
| Пластинка | 180             | 1,981 / 2,001              | 257,5 / 249,2                    |

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборо. М.: Машиностроение, 1981 – 392 с.
2. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. М.: Наука. Физматлит, 1996 – 368 с.

#### АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ КОЛЕС ВЕЛОСИПЕДА

Куликов Ю.А., Шобанова А.Л.

*Марийский государственный технический университет  
Йошкар-Ола, Россия*

Рассматриваются следующие конструкции колес:

1. Спицевое колесо с втулкой, подвешенной на предварительно растянутых проволочных спицах. Представляет пространственную предварительно напряжённую стержневую систему. Как правило, спицы изготавливаются из высоколегированных (нержавеющих) сталей. При малом весе имеет достаточно высокую прочность, жёсткость и устойчивость.

2. Дисковое колесо, обод которого опирается на две конусные мембраны. Представляет тонкостенную оболочечно-стержневую систему. Такие колеса обладают высокой жёсткостью и хорошей аэродинамикой. Однако их повышенная парусность создаёт проблемы управления на виражах и при боковом ветре. Обладает высокой жёсткостью, низким демпфированием, хорошей аэродинамикой.

3. Колесо со спицами большой жёсткости на изгиб. Представляет плоскую рамную конструкцию. Спицы работают не только на растяжение-сжатие, но также на изгиб (воспринимают поперечную нагрузку).

4. Суперколесо из углепластика со спицами в виде пустотелых криволинейных стержней переменного поперечного сечения. Спицы работают на растяжение-сжатие и изгиб.

Известно несколько методов и моделей расчета спицевых колес:

1. Классическое решение Н.Е.Жуковского [1], в котором реализуется континуальная расчётная модель. Колесо с большим количеством спиц рассматривается как кольцевой брус, опирающийся на упругое основание.

2. Решение [2], в нём используется дискретная расчётная модель. Колесо рассматривается как пространственная стержневая система.

3. Решения на основе МКЭ. При построении конечно-элементных моделей используются как стержневые, так и пространственные конечные элементы. Метод конечных элементов реализуется на ЭВМ, это обеспечивает более точный и полный анализ напряжённо-деформированного состояния.

Новизна работы состоит в расчётном исследовании деформаций и напряжений при помощи программы Cosmos Work 2006. При создании пространственной конечно-элементной модели используется программный комплекс AutoCAD – Autodesk Mechanical Desktop 2006.

На основании плоской и пространственной расчётных моделей спицевых колёс получены напряжения в ободе и спицах и формы деформирования при статическом действии сосредоточенной нагрузки, приложенной к втулке.

При разработке пространственной модели колеса учитывались следующие особенности конструкции:

- Спицы расположены под углом к осевой линии обода, колесо имеет два “зонтика”.
- Спицы установлены на некотором расстоянии от оси колеса с эксцентриситетом, что позволяет передавать крутящий момент.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. М.: Наука. 1992. – 365 с.
2. Киргаев Е.А. Расчёт колеса велосипеда методом конечных элементов. Известия Вузов. Машиностроение. 1984. №1 – С.26-29.