

А.А. КОНДРИКОВА, А.А. ЛАРИН, к.т.н.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ С ДОРОГОЙ С УЧЕТОМ ОРТОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Автомобильная шина является высокотехнологичным изделием, к характерным особенностям которого можно отнести сложную трехмерную геометрию, многослойную структуру, различные условия эксплуатации. Кроме того, работа шины неразрывно связана с контактным взаимодействием с дорожным полотном [1, 2]. Это объясняет необходимость привлечения современных программных комплексов конечно-элементного анализа в процесс изучения напряженно-деформированного состояния объекта. Трехмерное моделирование позволяет принять во внимание еще одну немаловажную особенность пневматических шин – неоднородность некоторых слоев и, как следствие, анизотропию (ортотропию) их механических свойств.

В поперечном сечении пневматической шины (рис.1) можно выделить следующие характерные слои: протектор, боковину, борт, каркас и брекер. При этом последние два, исходя из определенных технологических соображений, изготавливаются из композиционных материалов.

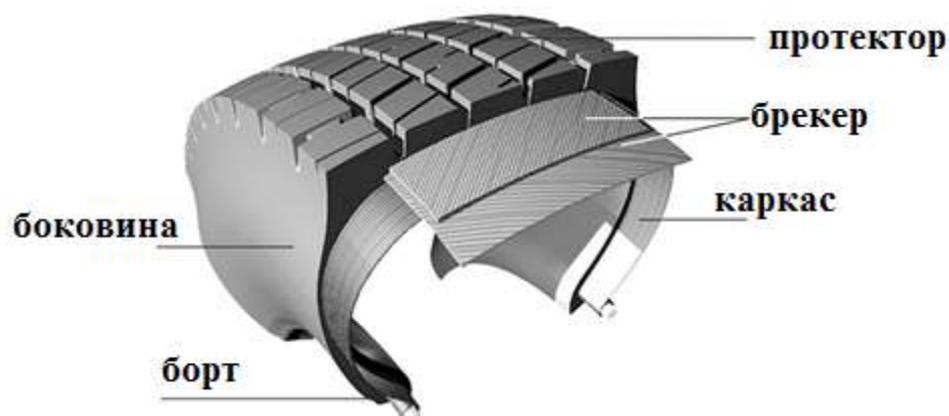


Рис. 1. Многослойная структура пневматической шины

Каркас представляет собой прорезиненный металлокорд, который в процессе эксплуатации принимает на себя основные усилия (статические, тормозные и т.д.). Брекер состоит из нескольких слоев стального или полимерного корда, расположенных между каркасом и протектором. Он защищает каркас от ударов, придает жесткость шине в области пятна

контакта с дорогой и защищает шины от сквозных механических повреждений.

В данной работе многослойная резинордная структура слоев сведена к рассмотрению их как линейных ортотропных. Механические свойства определены по следующим соотношениям [3,4]:

$$E_1 = E_c \cdot \gamma_c + E_r \cdot (1 - \gamma_c) \quad (1)$$

$$E_2 = E_r \cdot (1 + 2\gamma_c) / (1 - \gamma_c) \quad (2)$$

$$E_3 = E_2 \quad (3)$$

$$\nu_{12} = \nu_c \cdot \gamma_c + \nu_r \cdot (1 - \gamma_c) \quad (4)$$

$$\nu_{13} = \nu_{12} \quad (5)$$

$$\nu_{23} = 0.48 - \nu_{21} \quad (6)$$

$$G_{12} = \frac{G_r [G_c + G_r + (G_c - G_r) \cdot \gamma_c]}{G_c + G_r - (G_c - G_r) \cdot \gamma_c} \quad (7)$$

$$G_{13} = G_{23} = 3G_{12} \quad (8)$$

где  $E$  – модуль упругости,  $\nu$  – коэффициент Пуассона,  $G$  – модуль сдвига. Индексы 1, 2, 3 и 12, 13, 23 обозначают соответственно направления и плоскости в выбранной системе координат. Индексы  $c$  и  $r$  показывают принадлежность данной характеристики корду или резине соответственно.  $\gamma_c$  – объемная доля корда в слое. Для элементов ортотропных слоев была создана локальная система координат в целях соответствия заданных характеристик материала и направлений координатных осей.

Материал однородных резиновых слоев (протектора и боковины) был задан как изотропный, нелинейный (гиперупругие свойства описаны двухпараметрической моделью Муни-Ривлина [5]).

**Список литературы:** 1. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин. – М: Химия, 1988. – 224 с. 2. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. – М.: «Транспорт», 1976. 3. Pelc J. Material modeling in cord-rubber structures // KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe 53.Jahrgang, no.10, PP.561-565. 4. Демидович П.Н., Шешенин С.В. О вычислении свойств резинорда // Тезисы научной конференции «Ломоносовские чтения». – Москва: МГУ, апрель 2010 г. – С. 48–49. 5. Tönük, E. Computer Simulation of Dynamic Behavior of Pneumatic Tires, Ph. D. Thesis, Mechanical Engineering Department., Middle East Technical University. – Ankara, 1998.