

ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ШИН, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОАО «БЕЛШИНА»

При проектировании и конструировании новых моделей шин инженеру-конструктору необходимо прогнозировать комплекс характеристик, определяющих качественные показатели шины. Ниже приведен список этих показателей:

1. Запас прочности в нитях каркаса, брекера и бортового кольца;
2. Обеспечение габаритных размеров шины на ободке в соответствии со стандартами ETRTO, TRA, ГОСТ;
3. Коэффициент сопротивления качению шины;
4. Уровень шума, который возникает при эксплуатации шины;
5. Коэффициент сцепления шины с мокрой дорогой;
6. Износостойкость протектора;
7. Энергетические характеристики шины:
 - работа сил трения в контакте шина-дорога;
 - энергия упругой деформации шины и элементов ее конструкции;
 - энергия потерь в шине и элементах ее конструкции;
 - полная энергия деформации шины и элементов ее конструкции;
8. Форма, геометрические характеристики, характер распределения контактных давлений в пятне контакта шины:
 - смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением и обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку;
 - смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением, обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку и катящуюся со скоростью, которая соответствует заявленной характеристике;
9. Радиальную, боковую, угловую, крутильную жесткости, сопротивление боковому уводу, нагрузочные характеристики, показатель аквапланирования;
10. Напряженно-деформированное состояние в радиальном сечении шины:
 - смонтированной на обод с натягом и нагруженной избыточным давлением;
 - смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением и обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку;

– смонтированной на обод с натягом, нагруженной избыточным давлением, обжатой дорожным покрытием (испытательным барабаном) на соответствующую этому давлению нагрузку и катящуюся со скоростью, которая соответствует заявленной характеристике;

Оптимально спроектированная шина должна обеспечивать комплекс перечисленных характеристик в эксплуатации и выходить из эксплуатации по причине износа рисунка протектора.

Сложность проектирования шины связана с тем, что некоторые из перечисленных выше показателей конкурируют друг с другом, поэтому конструктор должен решать задачу по оптимизации конструкции и выбору материалов шины для обеспечения ее качественных показателей. Так же на стадии проектирования должен учитываться тот факт, что резино-кордная система шины становится работоспособной только после предварительного нагружения её избыточным давлением, поэтому необходимо уметь связывать геометрию профиля радиального сечения с распределением материалов в различных состояниях на ободе под рабочим давлением, в пресс-форме при вулканизации и на сборочном барабане.

Специалистами отдела расчетных исследований механики шин (ОРИМШ) ОАО «Белшина» с 2014 г. ведутся работы по разработке и усовершенствованию технологий проектирования и конструирования шин применяемых в управлении проектирования и конструирования шин (УПКШ). С 2014 по 2016 г. на базе трудов НИИ шинной промышленности г. Москва, программного обеспечения MSC.Marc, САПР SolidWorks ОРИМШ разработал :

– Технологию проектирования и конструирования профиля шин диагональной и радиальной конструкции в конфигурации пресс-формы с виртуальным распределением материалов;

– Технологию проектирования карты конструкторско-технологической на базе профиля шины по пресс-форме с виртуальным распределением материалов;

– Технологию обратного инженерного анализа шины.

«Технология проектирования и конструирования профиля шин диагональной и радиальной конструкции в конфигурации пресс-формы с виртуальным распределением материалов» применяется для поиска оптимального профиля шины в конфигурации пресс-формы с виртуальным распределением материалов для заданного типоразмера шины, на базе которого оформляется основной комплект конструкторской документации на шину и пресс-форму, рассчитывается карта конструкторско- технологическая.

На первом этапе расчетных исследований по данной технологии с помощью собственного программного обеспечения разработанного на основе теории сетчатых оболочек решается задача проектного расчета шины радиальной [1, стр. 241][2, стр. 53] (диагональной [1, стр. 71]) конструкции. Определяются: длина нити корда каркаса, радиусы кривизны меридиана внутреннего контура шины, положение точки брекера (для шины радиальной конструкции), коэффициент опоясанности (для шины радиальной конструкции), предварительная ширина брекера (для шины радиальной конструкции), запасы прочности каркаса, брекера, бортовых колец, геометрия внутреннего профиля шины.

На втором этапе расчетных исследований по данной технологии с помощью собственного программного обеспечения разработанного на основе теории сетчатых оболочек решается задача поверочного расчета шины радиальной [3, стр. 358] (диагональной) конструкции. Поиск внутреннего профиля шины в конфигурации пресс-формы осуществляется методом последовательных приближений. Критерием для поиска является равенство длины нити корда каркаса, которая была получена на стадии проектного расчета длине нити корда каркаса на текущей итерации поверочного расчета. Определяются варианты внутреннего профиля шины в конфигурации пресс-формы. Разрабатываются виртуальные модели распределения материалов в радиальном сечении шины в конфигурации пресс-формы. С помощью программного обеспечения MSC.Marc проводятся поверочные расчеты полученных вариантов распределения материалов шины в конфигурации пресс-формы. Результаты поверочных расчетов шин согласуются с полученными по теории сетчатых оболочек и дополнены геометрическими и физическими величинами (напряженно-деформированное состояние; энергетические характеристики; коэффициент сопротивления качению; форма, геометрические характеристики, характер распределения контактных давлений в пятне контакта шины в различных условиях нагружения; радиальная, угловая, боковая, крутильная жесткости; нагрузочные характеристики шины; работа сил трения в контакте шина-дорога) на основании которых принимается решение по геометрии профиля шины с распределением материалов в конфигурации пресс-формы. Технология была отработана при проектировании легкой комбинированной шины радиальной конструкции 235/55R17 модели BEL-529. Применяется в ОРИМШ УПКШ ОАО «Белшина» при проектировании профиля шины по пресс-форме с виртуальным распределением материалов для новых типоразмеров шин с 2017 г.

«Технология проектирования карты конструкторской технологической на базе профиля шины по пресс-форме с виртуальным распре-

делением материалов» применяется для разработки карты конструкторско-технологической на базе полученного ранее виртуального распределения материалов в конфигурации пресс-формы. Определяются технологические параметры первой, второй стадий сборки (раздвиг сборочного барабана первой, второй стадии, диаметр брекерного барабана). Рассчитываются профилированные детали наполнительного шнура, боковины, протектора и вспомогательных деталей. При выпуске опытных партий шин уточняются математические модели расчета профилированных деталей. Алгоритм расчета деталей боковины зависит от способа сборки. При плоском способе сборки на 2-ой стадии на этапе заворота боковины толкателями наблюдаются 3 зоны по ширине в которых боковина двухосно растягивается с увеличением ширины сегмента, двухосно растягивается с сохранением ширины сегмента и растягивается одноосно, поэтому алгоритм расчета профилированной детали боковины должен учитывать эти особенности. При расчете профилированной детали протектора необходимо учитывать изменение ширины брекера для заданной его вытяжки. Изменение ширины брекера зависит от закона изменения угла наклона нити корда [4] при вытяжке его в пресс-форме, который уточняется при выпуске опытной партии шин.

Применение данной технологии совместно с технологией обратного инженерного анализа позволяет приблизить, полученную в результате технологического процесса шину, к виртуальной модели шины, которая рассчитана на стадии проектирования. Применяется ОРМШ УПКШ ОАО «Белшина» с 2016 г.

«Технология обратного инженерного анализа шины» применяется для проверки степени отклонения полученной в результате технологического процесса шины от ее виртуального прототипа. В основе технологии лежат измерения с помощью координатно-измерительной машины МСАх-35 следующих геометрических параметров: профиля шины в свободном состоянии, на ободе на различных давлениях, распределения материалов по срезу шины. По результатам перечисленных выше измерений и анализу среза-расслойки строится математическая модель шины в MSC.Marc. Результаты поверочного расчета шины сравниваются с полученными ранее на стадии проектирования, результатами стендовых испытаний в ОИЦ и измерениями геометрии профиля шины на ободе. Проводится анализ расчетных исследований при необходимости применяются корректирующие действия в ККТ. Технология применяется также при исследовании импортных аналогов шин. Применение данной технологии позволило уточнить алгоритмы расчета профилированных деталей шины, проанализировать

результаты стендовых динамических испытаний, определить опасные амплитуды деформаций в зоне борта шины.

Технология отработывалась на базе легкой шины типоразмера 235/55R17 мод. BEL-529. Применяется в ОРМШ УПКШ ОАО «Белшина» при проектировании профиля шины по пресс-форме с виртуальным распределением материалов для новых типоразмеров шин с 2014 г.

Применение перечисленных выше технологий при выпусках опытных партий шин 235/55R17 мод. BEL-529 позволило определить причину возникновения расслоений в надбортовой зоне, определить опасную амплитуду деформаций сдвига в области борта и найти конструкторские решения для уменьшения амплитуды деформаций сдвига в надбортовой зоне.

Применение перечисленных выше технологий для поиска оптимального внутреннего профиля шин для существующих вариантов профиля пресс-формы цельно-металлокордных шин (ЦМК) завода массовых шин (ЗМШ) ОАО «Белшина» позволило для шин типоразмеров: 315/80R22.5 мод. BEL-158М, 315/70R22.5 мод. BEL-148М снизить теплообразование, улучшить их ресурс при проведении стендовых испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Бидерман, Л. Р. Гуслицер, С. П. Захаров, Б. В. Ненахов, И. И. Селезнёв, С. М. Цукерберг «Автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытание, эксплуатация)» Москва: гос. н.-тех. изд-во хим. лит., 1963.

2. Б. Л. Бухин «Введение в механику пневматических шин» М.: Химия, 1988.

3. В. Л. Бидерман «Расчет резино-металлических и резинокордных элементов машин». Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 1958.

4. F. Koutny Geometry and mechanics pneumatic tires.