

Студенты гр. 10402129 Милашевский В.С., Радионов А.В.

Научный руководитель – Зеленин В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Безвоздушные шины – перспективное направление решения ряда проблем автопрома, в том числе контроля давления в шинах, их изнашивания при активной езде и деформирования дисков. Отличие колес без воздуха сводится к тому, что упругость и прочность шин обеспечивается использованием высокоэластичных материалов. При этом отпадает необходимость создания давления в шинах колес. Во внутренней части шины находится каркас, состоящий из эластичных пластин. Сами пластины имеют ячеистую структуру. Также есть конструкции с центральной ступицей и расходящимися от неё к протектору полиуретановыми спицами. Такие колеса легко возвращают исходную форму после деформирования при преодолении препятствий на дороге.

Существует два основных вида безвоздушных шин:

Закрытые. Внешне они выглядят также, как и обычные покрышки, но внутри заполнены стекловолокном.

Открытые. Состоят из основы, крепящейся на ось, растяжного хомута, идущего по верхней части, и устойчивой к деформации структуры – спиц или ячеек [1].

Появление высокоскоростных безвоздушных шин является революционным шагом в направлении повышения безопасности автомобилей и живучести военной техники. Успехи зарубежных шинных компаний и накопленный опыт создания нетрадиционных колёсных пневматических шин послужили толчком для проектирования и производства колёс с безвоздушными шинами новых конструкций из эластичных полиуретанов на кафедре машиностроения и транспорта Братского государственного университета (с 1974 г. по 2018 г. – кафедре автомобильного транспорта). В рамках НИОКР были разработаны и изготовлены натурные образцы колёс с безвоздушными шинами из эластичных полиуретанов для легкового автомобиля малого класса (рисунок 1) [2].

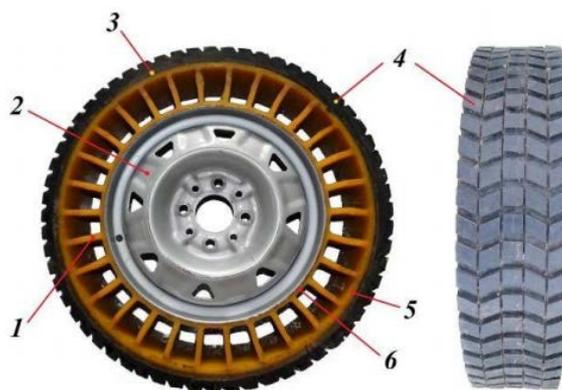


Рисунок 1 – Автомобильное колесо с безвоздушной шиной из эластичных полиуретанов:
1 – гибкие спицы; 2 – стандартное дисковое колесо 5JX13H2 с глубоким ободом; 3 – опорное кольцо; 4 – протектор; 5 – соединительное кольцо; 6 – посадочное кольцо

Упругое сопротивление и несущая способность безвоздушной шины обеспечиваются гибкими радиальными спицами и опорным кольцом. При этом гибкие полиуретановые спицы

под воздействием весовой нагрузки в зоне контакта колеса с опорной поверхностью испытывают напряжения сжатия и продольный изгиб, а в верхней полуокружности безвоздушной шины – находятся в напряжённом состоянии под воздействием растягивающих сил. Показано, что уменьшение суммарной нормальной жёсткости гибких спиц позволяет снизить силовую неоднородность безвоздушной шины, обусловленную её циклической симметрией, но снижает несущую способность колеса. Позволило обеспечить требуемую несущую способность гибких спиц в зоне контакта безвоздушной шины с опорной поверхностью и снизить силовую неоднородность колеса при качении. Применение опорного кольца из полиуретанового эластомера с высоким модулем упругости в сравнении с материалом гибких спиц [3].

Использование безвоздушных колес по сравнению с пневматическими шинами, дает следующие преимущества:

При движении по неровностям дороги колесо способно поглощать и гасить колебания изменения первоначальной формы и быстрого возвращения к ней (рисунок 2).



Рисунок 2 – Изменение формы безвоздушного колеса при наезде на неровность

Благодаря использованию безвоздушной шины отпадает потребность в постоянном контроле давления воздуха;

Срок эксплуатации безвоздушного колеса может составлять 9 млн. циклов без восстановления, что в 2-3 раза больше чем у пневматической шины;

Безвоздушное колесо имеет меньшую массу, что позволяет транспортному средству потреблять меньше топлива при его эксплуатации;

Простота в эксплуатации (отсутствие дисков, герметичных тороидальных камер для воздуха).

Но также следует отметить и недостатки при эксплуатации безвоздушных колес, которые заключаются в:

Достаточно низком безопасном пределе скорости, не превышающей 80 км/ч;

Несовершенства ряда конструкций колес, проявляющихся в излишнем шуме и нагреве при длительной высокоскоростной эксплуатации;

Ограниченной грузоподъемности колес.

В соответствии с ГОСТ 17697-72 [4] и ОСТ 37.001.252-82 [5] характеристика радиальной или нормальной жёсткости может быть получена экспериментально в процессе сильного нагружения автомобильной шины в направлении нормали к опорной поверхности при условии совпадения плоскости нагружения и плоскости вращения колеса. Характеристика нормальной

жесткости C позволяет оценить и несущую способность автомобильной шины, используя в качестве оценочного параметра статическую жёсткость:

$$C = P / h, \quad (1)$$

где P – максимальная нагрузка на колесо;

h – статический прогиб протектора колеса.

Для расчётов характеристики безвоздушных шин методом конечных элементов были использованы характеристики механических свойств полиуретановых эластомеров разных марок.

При нормальной нагрузке $P = 4$ кН, соответствующей приходящейся на колесо легкового автомобиля, нормальный статический прогиб h безвоздушной шины из эластичного полиуретана СКУ-ПФЛ-100 составляет 20 мм. При этом статическая жесткость $C = 200$ кН/м. Для сравнения: нормальный прогиб пневматической шины БЛ-85 175/70R13 при указанной нагрузке и номинальном давлении воздуха составляет 34 мм, а статическая жёсткость $C = 117,6$ кН/м.

При той же нагрузке $P = 4$ кН статический прогиб безвоздушной шины из полиуретана СУРЭЛ ТФ-235 $h = 5,0$ мм. Её статическая жёсткость $C = 800$ кН/м, что ведёт к ухудшению плавности хода. Кроме того, жесткий и твердый протектор, как показали испытания безвоздушных шин, сильно повышает шум езде по дорогам с твердыми покрытиями.

При использовании полиуретана СУРЭЛ ТФ-228 прогиб безвоздушной шины $h = 28$ мм. Статическая жёсткость $C = 140$ кН/м. Упругие свойства и несущая способность безвоздушной шины в этом случае наиболее близки к пневматической шине легкового автомобиля.

Таким образом, моделирование различных конструкций безвоздушных шин с использованием метода конечных элементов позволяет получить приближённые решения, зависящие от размеров и числа элементов сетки, погрешности определения механических характеристик эластичных полиуретанов, размеров, форм и количества спиц и других факторов.

Выводы:

1) Рассмотрена конструкция колеса с безвоздушной шиной, состоящей из посадочного и опорного колец, соединены гибкими радиальными спицами, отличающаяся тем, что для изготовления опорных колец использован полиуретан с высоким модулем упругости, а гибкие спицы изготовлены из эластичных полиуретанов разных марок.

2) Установлено, что при использовании для изготовления спиц полиуретана марки СУРЭЛ ТФ-228 статическая жёсткость колеса с безвоздушной шиной $C = 140$ кН/м, что соответствует жёсткости колес автомобиля ВАЗ-2115, составляющей 136,9...139,8 кН/м.

Список использованных источников

1. Безвоздушные шины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtozvuk-info.ru/interesnoe/bezvozdushnye-shiny>. – Дата доступа: 15.04.2021.

2. Мазур, В.В. Технология изготовления экспериментальных автомобильных колес с безвоздушными шинами из полиуретанов / В.В. Мазур // Научно-технический вестник Брянского гос. ун-та, 2019. – № 2. – С. 231-242.

3. Мазур, В.В. Моделирование и расчет безвоздушных шин из эластичных полиуретанов / В.В. Мазур // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2020. – № 1. – С. 94-108.

4. ГОСТ 17697-72 Автомобили. Качение колес. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 24 с.

5. ГОСТ 37.001.252-82 Автотранспортные средства. Методы определения основных параметров, влияющих на плавность хода. – М.: НАМИ, 1984. – 60 с.