

## **Прочностной анализ различных конструкций литых колес легковых автомобилей**

*Ларинский Константин Сергеевич  
Московский политехнический университет  
студент*

*Лукьянов Михаил Николаевич  
Московский политехнический университет  
старший преподаватель*

### **Аннотация**

Автомобильное колесо является одной из главных частей автомобиля, которая определяет безопасность движения и оказывает существенное влияние практически на все технико-эксплуатационные показатели транспортного средства. В этой связи определение напряженно-деформированного состояния и рационализация конструкции автомобильного колеса является актуальной задачей, тем более, если речь идет о современных конструкциях колес из легких сплавов.

**Ключевые слова:** автомобильное колесо, напряженно-деформированное состояние, легкий сплав.

### **Strength analysis of various designs of cast car wheels**

*Larinskiy Konstantin Sergeevich  
Moscow Polytechnic University  
student*

*Lukyanov Mikhail Nikolaevich  
Moscow Polytechnic University  
senior lecturer department "Dynamics, durability of machines and resistance of materials"*

### **Abstract**

The automobile wheel is one of car bodies which defines traffic safety and has significant effect practically on all technical operating characteristics of the vehicle. The definition of the intense deformed state and rationalization of automobile wheel's design is an actual task especially for modern wheels designs from light-metal alloys.

**Key words:** automobile wheel, intense deformed state, light-metal alloys

Автомобильное колесо является одной из главных частей автомобиля, которая определяет безопасность движения и оказывает существенное

влияние практически на все технико-эксплуатационные показатели транспортного средства. Кроме того, являясь изделием массового производства, колесо располагает значительным потенциалом для экономии материала. В этой связи определение напряженно-деформированного состояния и рационализация конструкции автомобильного колеса является актуальной задачей, тем более, если речь идет о современных конструкциях колес из легких сплавов.



Рисунок 1

Вплоть до начала прошлого века с точки зрения анализа прочностных свойств колесо оставалось «черным ящиком», так как не существовало обоснованных методов расчета, а проектирование этого важного и ответственного изделия основывалось на интуиции и практическом опыте его создателей.

В середине прошлого века у нас в стране, во многом благодаря усилиям отечественных специалистов, представляющих школу Центрального конструкторского бюро колесного производства, началась планомерная масштабная деятельность по созданию научных основ расчета и проектирования автомобильных колес. Наиболее продвинутыми методами расчета оказались те, которые относятся к расчету обода колеса.

Что же касается той части, которая связывает обод и ступицу автомобильного колеса, то в связи с чрезвычайной сложностью как самого объекта, так и характера действующих нагрузок, в настоящее время существует аналитический метод расчета дисков стальных колес, которые можно представить в виде либо пластинки, либо конической оболочки, либо в виде сферической оболочки, либо их комбинации. Для диска, в отличие от обода, доминирующее воздействие оказывают внешние силовые факторы, из которых наиболее существенны радиальная и осевая сила и изгибающий момент от них.

В настоящее время наибольшее распространение как для отечественных, так и для зарубежных легковых автомобилей имеют стальные штампованные колеса. Имеются предпосылки к тому, что еще долгое время они будут использоваться на легковых автомобилях. Это объясняется их особыми потребительскими и конструкторско-технологическими качествами,

а именно наличием широко развитой сетью производственных мощностей; расположенность к массовому производству; простотой конструкции и технологии изготовления; относительно невысокой стоимостью колес; возможностью ремонта дефектных участков обода колеса.

Однако у стальных колес есть и недостатки. Это, прежде всего, большая масса (которая относится к неподрессоренной массе автомобиля) и как следствие этого меньшая удельная грузоподъемность, низкая коррозионная стойкость и, кроме того, невысокие эстетические свойства. Поэтому в настоящее время существует тенденция к постепенному переходу от стальных к легкосплавным спицевым конструкциям.

Для производства легкосплавных колес широко применяются алюминиевые сплавы, реже магниевые и очень редко титановые сплавы.

В зависимости от технологии изготовления колеса подразделяются на литые, кованые и комбинированные. Благодаря иной технологии изготовления, легкосплавные колеса отличаются от стальных более привлекательным внешним видом, что придает легковому автомобилю легкость и индивидуальность. В зависимости от размеров литые колеса имеют меньшую на 30 – 35%, кованые – на 45 – 55% массу, чем аналогичные стальные. Это существенно улучшает технико-эксплуатационные показатели автомобиля. Кроме того, колеса из легких сплавов улучшают тепловой режим работы колесно-ступицных узлов, повышая срок службы тормозных механизмов и шин. Единственным тормозом для массового использования является их несколько более высокая себестоимость по сравнению со стальными штампованными.

Анализируя направление развития современных конструкций легкосплавных колес, можно отметить установившуюся к настоящему времени тенденцию все более нарастающих объемов производства и применения спицевых форм колес (рис.1), как наиболее эффективных с точки зрения прочности и жесткости, а также наиболее полно отвечающих требованиям дизайна. Спицевые конструкции оказываются наиболее предпочтительными в связи с возрастающими размерами колеса, в силу все более увеличивающихся диаметров обода.

В настоящее время наиболее распространенным методом расчета в общем машиностроении является метод конечных элементов, который наряду со своей универсальностью имеет ряд недостатков. Непрозрачность сложного математического аппарата, которым владеют только программисты, оставляя для пользователя выполнение только стандартных процедур по вводу исходных данных, заданию конструкции и проведение счетных операций по предлагаемой программе, что затрудняет оптимизацию, так как не гарантирует получение нужного результата по рационализации конструкции.

В Московском политехе ведется работа по решению данной проблемы. Так было высказано предположение, о том, что под воздействием радиальной силы спицы автомобильного колеса находятся под действием только нормальных сил по аналогии с фермой [1]. При этом решение задачи

существенно упрощается. Был проведен аналитический расчет колеса при разном количестве спиц, который был подтвержден расчетом методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS [2]. В дополнение было проведено исследование зависимости напряжений, возникающих в спице от количества спиц при неизменной массе материала колеса. Полученные результаты показывают неизменность нормальных напряжений в спице от их количества, что является весьма интересным фактом и объясняется пропорциональным изменением площади поперечного сечения и силы, приходящейся на одну спицу под действием радиальной силы (рис.2).

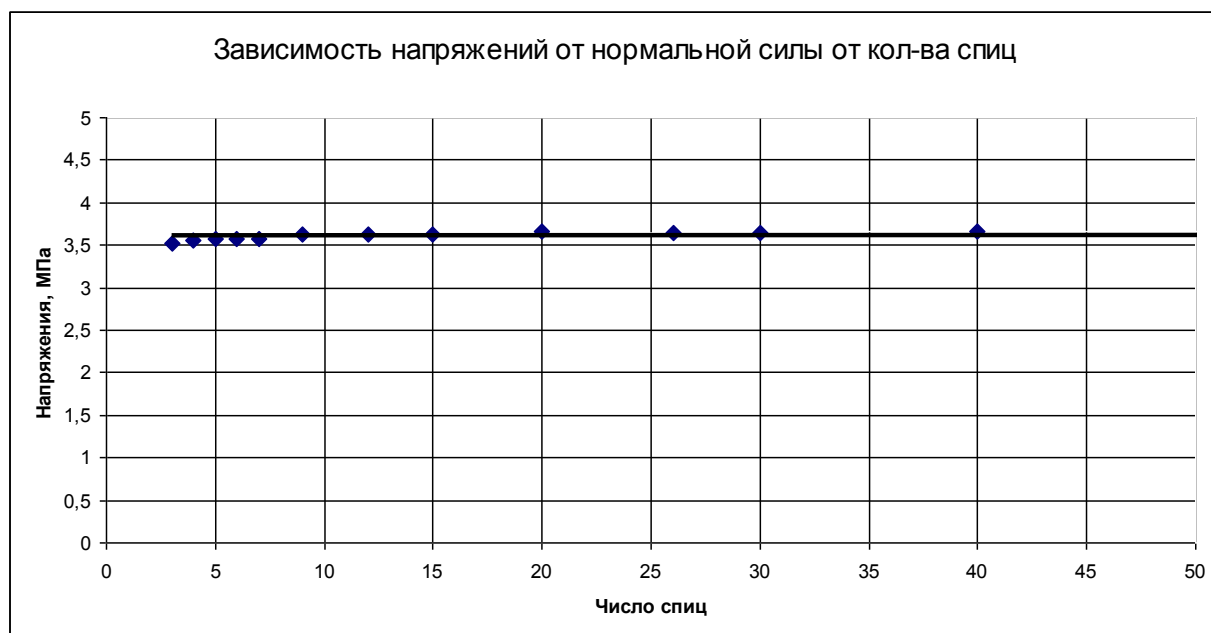


Рисунок 2 - Зависимость напряжений в спице от количества спиц при действии на колесо радиальной силы

При нагружение автомобильного колеса не только радиальной, но и осевой силой, а также изгибающим моментом, действующим в плоскости перпендикулярной плоскости колеса, расчет существенно усложняется. И здесь при существующем уровне развития аналитических методов расчета целесообразно использовать метод конечных элементов, а затем проанализировать полученные результаты с целью рационализации конструкции колеса. Расчет показывает, что наиболее нагруженной будет спица, находящаяся в нижнем вертикальном положении, так как на ее сечение находится под воздействием суммы напряжений от радиальной силы и от изгибающего момента. Максимальные напряжения возникают в спице, в месте ее крепления к ступице, и изменяются по длине по линейному закону (рис 3.).



Рисунок 3 - Изменение напряжений по длине спицы автомобильного колеса применительно к трех-, четырех-, пяти- и шести спицевой конструкции

При неизменной массе материала колеса наиболее рациональной оказывается трехспицевая конструкция колеса (рис 4.).

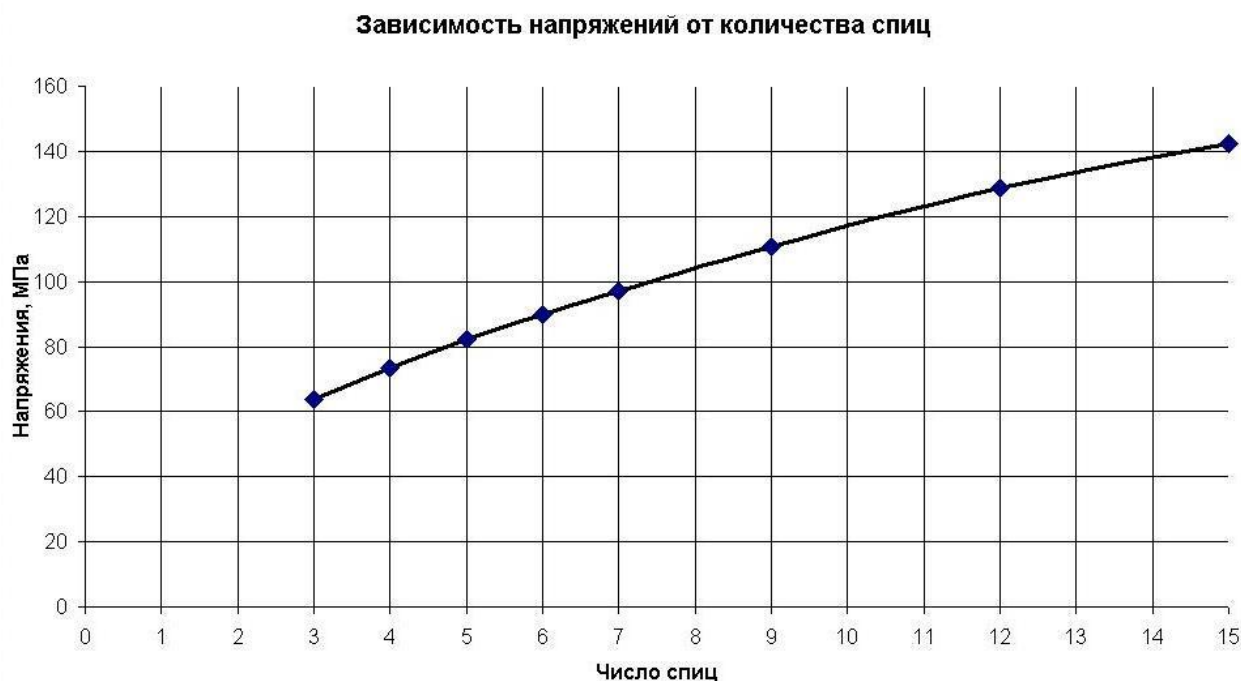


Рисунок 4 - Зависимость напряжений в спице от количества спиц при совместном действии на колесо радиальной и боковой силы и изгибающего момента

При увеличении количества спиц, максимальные напряжения возрастают примерно на 10% для каждой спицы. Для проведения

сравнительного анализа был проведен расчет методом конечных элементов трех конструкций спицевых колес (в виде конической оболочки, сферической оболочки и пластинки), при том же количестве используемого металла. Наиболее рациональной является конструкция диска автомобильного колеса в виде конической оболочки. Однако максимальные напряжения, возникающие при этом в диске, будут больше, чем в спице трехспицевого колеса в 4 раза, что является бесспорным преимуществом спицевой конструкции.

В настоящее время в Московском политехе проводится натурный эксперимент по определению напряжений в спице автомобильного колеса, при разном количестве спиц для подтверждения теоретических результатов по исследованию напряженно-деформированного состояния литых колес, которые пока применяются только на легковых автомобилях, но, как нам представляется сфера их применения, несомненно, будет расширяться и коснется и автобусов, и легковых автомобилей.

### **Библиографический список**

1. Балабин И.В. Аналитический метод расчета спицевого колеса современного легкового автомобиля // Автомобильная промышленность. 2008. №8.
2. Чигарев А.В Ansys для инженеров. М.: Машиностроение, 2004.