

УДК 629.3.027:620.178.324

Вахромеев Александр Михайлович, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, wheeltest@bk.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КОЛЕС ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

Аннотация. Ударная прочность колеса является одной из главных проблем при создании новых конструкций. Методы испытаний легкосплавных колес на сопротивление ударным нагрузкам совершенствовались на протяжении всей истории использования легких сплавов для изготовления автомобильных колес. Рассмотрены все известные способы воспроизведения ударных нагрузок, действующих на колесо автомобиля в эксплуатации, а также методики проведения сертификационных испытаний легкосплавных колес на соответствие национальным и международным стандартам, входящим в перечень нормативных документов Технического Регламента «О безопасности колесных транспортных средств» Таможенного Союза (ТР ТС 018/2011). Проведен сравнительный анализ испытаний одной конструкции колеса при разных методах нагружения. Установлены принципы отбора образцов для проведения испытаний на ударную прочность легкосплавных колес легковых автомобилей. Даны предложения по усовершенствованию перечня методов оценки ударной прочности легкосплавных колес легковых автомобилей в зависимости от их конструктивных особенностей.

Ключевые слова: колесо автомобиля, нагрузки на колесо, испытание на удар.

Vahromeev Aleksandr M., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, wheeltest@bk.ru

METHODS OF CERTIFICATION TESTING OF CAR WHEELS FOR FATIGUE AND SHOCK

Abstract. Impact strength wheel is one of the main problems with creating new designs. Test methods alloy wheels resistance to shock loads improved throughout history, the use of light alloys for the manufacture of automotive wheels. Considered all known ways to play drums loads acting on the wheel of the vehicle in operation. A comparative analysis of tests on one wheel design at different methods of loading. Doctors of carrying out certification tests of light-alloy wheels for compliance with national and international standards included in the list of normative documents of The technical Regulations "on safety of wheeled vehicles" of the Customs Union (TR CU 018/2011). A comparative analysis of the tests of one wheel design with different methods of loading. The principles of sampling

for testing the impact strength of alloy wheels of cars are established. The proposals for improving the list of methods for assessing the impact strength of alloy wheels of cars depending on their design features are given.

Key words: car wheel, wheel load, impact test.

Введение

Дисковые колеса являются высоко нагруженными элементами конструкции дорожных транспортных средств. Прочность колес автотранспортных (АТС) средств во многом определяет их безопасность. В связи с этим автомобильные колеса подвергаются обязательным сертификационным испытаниям при различных видах нагрузок, и их установка на транспортное средство требует обязательного получения сертификата соответствия. Источником разрушения всегда являются трещины, возникающие в колесе автомобиля и быстро развивающиеся при перегрузках. Трещины могут возникать из-за накопления усталостных повреждений и при воздействии ударных нагрузок. Таким образом, разрушение колеса происходит либо при исчерпании ресурса, либо при воздействии перегрузки. Поведение колеса при разных видах нагружения зависит от конструкции, материала и технологии изготовления колеса. После изготовления колеса подвергаются стендовым испытаниям по программам, соответствующим нормативным требованиям, и расчетный анализ обычно проводится при так называемых стендовых условиях нагружения. Эти условия содержатся в различных нормативных документах [1–3].

В связи с этим к прочности колес транспортных средств, определяющей такие свойства надежности, как безотказность и долговечность, предъявляются особые требования. Условием допуска готового изделия к установке на транспортное средство и к дальнейшей эксплуатации является успешное прохождение обязательных сертификационных испытаний, определяемых нормативными

документами или техническими условиями производителя транспортных средств. Цель испытаний заключается в проверке способности колеса выдержать без разрушения и (или) появления видимых трещин нагрузки, возникающие как при длительной эксплуатации при движении транспортных средств по дороге, так и при нештатных ситуациях – при ударе о бордюр, парапетное дорожное ограждение, при столкновении со встречным транспортным средством [4].

В качестве примера можно привести только одну аварию, произошедшую на Новолужнецком проезде г. Москвы, где по причине некачественных автомобильных дисков погибли два человека и еще трое были ранены (рис. 1).

На рис. 2 показаны различные варианты эксплуатационных разрушений литых алюминиевых колес из-за недостаточной ударной прочности.



Рис. 1. Авария из-за разрушения алюминиевого колеса при наезде на бордюр



Рис. 2. Эксплуатационные разрушения литых алюминиевых колес легковых автомобилей

Нагрузки, действующие на колесо в эксплуатации, зависят от множества параметров (характеристик автомобиля, параметров движения, характеристик дороги и т.д.) и носят стохастический характер. При сертификационных испытаниях нагрузки, реализуемые при стендовых испытаниях, являются осредненными типовыми по отношению к эксплуатационным [5]. В настоящее время конструкции колес чрезвычайно многообразны. При их производстве применяются различные материалы и технологии. Самым распространенным методом производства алюминиевых колес для легковых автомобилей является литье. Независимо от применяемого метода литья (литье в кокиль или гравитационное литье, литье под низким давлением, литье с противодавлением) малейшие отклонения в химическом составе сплава или технологическом процессе литья приводят к снижению пластичности материала в колесе, что в свою очередь отрицательно влияет на сопротивление колеса ударным нагрузкам. Несмотря на значительные достижения в применении расчетных методов при проектировании новых колес для оценки их сопротивления ударным воздействиям [6–8], окончательный вердикт применимости делается по результатам лабораторных испытаний.

Методика испытаний на удар

Определение сопротивления колеса удару под углом 30°. Испытания проводят с целью оценки прочностных характеристик колес при ударе свободно падающим грузом. Испытательный стенд (рис. 3) должен обеспечивать воздействие ударной нагрузки комплекта грузов на бортовую закраину обода колеса в сборе с шиной наименьшего размера из ряда рекомендуемых изготовителем транспортного средства для данного размера обода. Груз должен состоять из двух масс, основной и дополнительной, которые взаимодействуют между собой через винтовые

пружины. Техническая характеристика комплекта масс груза и винтовых пружин указана в табл. 1.

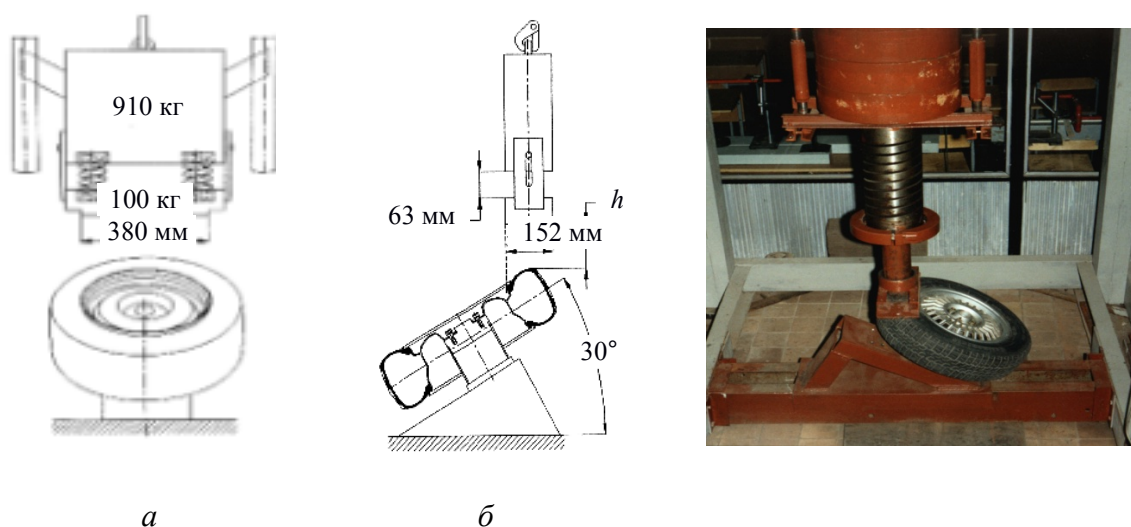


Рис. 3. Принципиальные схемы (а и б) и общий вид стенда для испытаний колес на удар под углом 30°

Таблица 1

Масса груза, кг		Параметры винтовых пружин		
Основная	Дополнительная	Количество пружин, не менее	Суммарная жесткость пружин, кН/мм (кг/мм)	Предварительное сжатие системы пружин, мм
910±18	100±4,5	2	0,98–1,3	6

Высоту расположения ударного элемента над верхней точкой пневматической шины – h , мм рассчитывают по формуле $h = kF_z$, где k – переходный коэффициент, равный 0,03 мм/Н (0,3 мм/кгс) для колес легковых автомобилей; F_z – максимальная вертикальная статическая нагрузка на колесо, Н. Для колес легковых автомобилей высоту расположения ударного элемента h принимают равной 64 мм, если расчетное значение высоты $h \leq 64$ мм. Во время испытаний колесо в сборе с шиной должно быть установлено на опоре стенда под углом $30^\circ \pm 1^\circ$ к горизонтальной плоскости и жестко закреплено деталями крепления, применяемыми на автомобиле, с усилием затяжки, предусмотренным изготовителем транспортного средства. Давление воздуха в шине должно соответствовать значению, предусмотренному

изготовителем транспортного средства. При сложной конструкции центральной части колеса необходимо провести испытания в каждой критической точке окружности обода: в зоне вентильного отверстия обода, на спице и между спицами. Для испытания каждой критической точки окружности обода и элементов диска используют новое колесо.

Критериями разрушения является наличие следующих дефектов: видимые трещины; отделение диска от обода; полное падение внутреннего давления воздуха в бескамерной шине в течение одной минуты. Деформацию колеса на ободе в зоне контакта с ударным элементом не считают дефектом.

Испытания для определения сопротивления колеса легкового автомобиля удару под углом 13° проводят с целью оценки прочностных характеристик колес при ударе свободно падающим ударным элементом. Испытательный стенд (рис. 4) должен иметь устройство, создающее ударную нагрузку на бортовую закраину обода колеса в сборе с шиной. Колесо во время испытания устанавливают под углом к опорной поверхности стенда. Угол между осью колеса и вертикальной плоскостью должен составлять $13^\circ \pm 1^\circ$. Минимальные размеры рабочей поверхности ударного элемента должны быть 125×375 мм. При приложении контрольной вертикальной статической нагрузки, равной 1000 кг, через тарировочный переходник, расположенный в середине пролета стоек, вертикальный прогиб опорной плиты по центру ступичной опоры не должен быть более $7,5 \pm 0,75$ мм.

Колесо в сборе с радиальной бескамерной шиной с наименьшей шириной профиля для данного колеса должно быть надежно закреплено на опоре стенда, имитирующей ступицу, деталями крепления с усилием затяжки, предусмотренным изготовителем транспортного средства. Давление воздуха в шине должно соответствовать значению, предусмотренному изготовителем транспортного средства, и должно составлять 200 кПа. Высота расположения ударного элемента над верхней

точкой бортовой закраины должна быть 230 ± 2 мм. Ударный элемент должен располагаться над шиной, перекрывая бортовую закраину обода на 25 ± 1 мм.

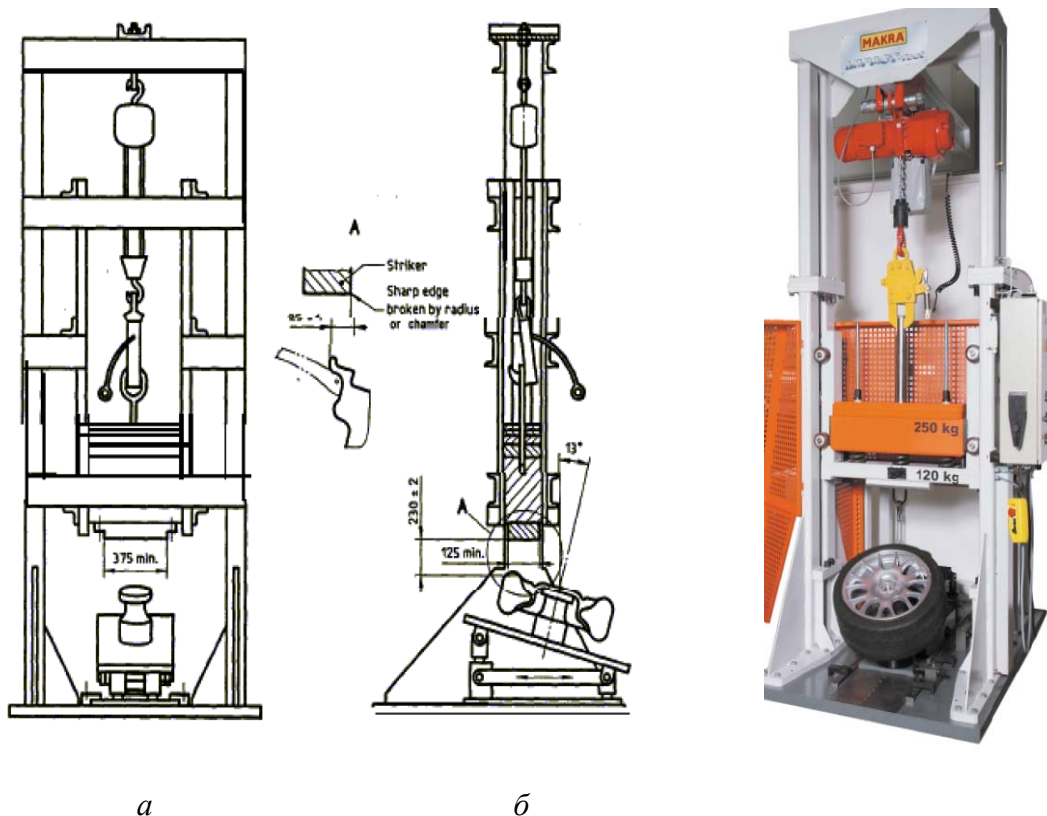


Рис. 4. Принципиальные схемы (а и б) и общий вид стенда для испытаний колес на удар под углом 13°

При сложной конструкции центральной части колеса необходимо провести испытания в каждой критической точке окружности бортовой закраины обода: в зоне вентильного отверстия колеса, на спице и между спицами. Для каждого испытания используют новое колесо.

Массу ударного элемента (D), кг рассчитывают по формуле:

$$D = 0,6 F_z + 180,$$

где F_z – максимальная масса, приходящаяся на колесо, установленная изготовителем транспортного средства, кг. Допустимое отклонение величины D – $\pm 2\%$. Критериями разрушения является наличие следующих дефектов: видимые трещины, проходящие через радиальное сечение диска колеса; отделение диска от обода; падение внутреннего давления воздуха

в бескамерной шине в течение одной минуты. Деформацию колеса или появление трещины в ободе в зоне контакта с ударным элементом не считают дефектом.

Результаты испытаний на удар

Литые дисковые колеса низкого качества, как правило, изготовлены из очень хрупкого сплава. При их производстве не соблюдается технология литья [9]. Такие колеса не соответствуют требованиям технического регламента Таможенного союза и Правилам ЕЭК ООН № 124 [3] и представляют угрозу жизни и безопасности людей. Приведем лишь некоторые характерные разрушения литых алюминиевых дисков, выявленных во время проведения тестирования. Для сравнения ниже приведены результаты испытаний на соответствие не только Правилам ЕЭК ООН № 124, но и российским стандартам [1, 2]. Правила ЕЭК ООН № 124 предполагают проведение испытаний только на удар под углом 13° , в то время как отечественные стандарты дают право выбора метода испытаний. В некоторых случаях испытание на удар под углом 30° оказывается более существенным, чем испытание на удар под углом 13° (рис. 5). Это зависит от конструктивных особенностей колеса.



13°



30°

Рис. 5. Результаты испытаний одной модели колеса на удар под углом 13 и 30 градусов

Существенное значение имеет тот факт, кто изготавливает то или иное колесо. Зачастую производители колес копируют популярные модели или модели оригинальных колес, не задумываясь о нюансах технологии и составе сплава. В результате получаются разные результаты испытаний (рис. 6).



Рис. 6. Результат испытаний на удар под углом 13° оригинального колеса и так называемой «реплики»

Рассмотренные виды испытаний на удар позволяют комплексно оценить конструктивные и технологические особенности большинства моделей литых колес применительно к транспортным средствам, для которых они предназначены. Но это касается только внешней стороны колеса – его дисковой части и внешней закраины обода. Деформационная способность этих элементов легкосплавных колес проверяется достаточно надежно. За время действия отечественных стандартов [1–2] успешное прохождение сертификационных испытаний всех моделей колес обеспечивало надежную их эксплуатацию в дорожных условиях.

Оценка несущей способности легкосплавных колес с точки зрения сопротивления ударным нагрузкам ободной части колеса, особенно ее внутренней закраины, предполагала использование деформационного метода вдавливания специального индентора [2]. Однако практика применения этого метода не дала удовлетворительной корреляции

результатов лабораторных испытаний и эксплуатационной надежности этого элемента колеса.

Заключение

В дальнейшем следует разработать рекомендации по применению методов испытаний на удар под углом 13 и 30 градусов, а также разработать метод лабораторных испытаний на фронтальный удар внешней и внутренней закраин колес из легких сплавов. Предварительные результаты таких испытаний дают основание считать, что внедрение их в сертификационную практику позволит повысить стойкость легкосплавных колес ударным воздействиям в дорожных условиях.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52390-2005. Транспортные средства. Колеса дисковые. Технические требования и методы испытаний. – М.: Госстандарт, 2007. – 30 с.
2. ГОСТ Р 50511-93. Колеса из легких сплавов для пневматических шин. Общие технические условия. – М.: Госстандарт, 1993.
3. ЕЭК ООН. Правила 124. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения колес для легковых автомобилей и их прицепов (E/ECE/324, E/ECE/TRANS/505, Rev.2/Add.123).
4. Миронова, В.В. Динамические процессы автомобиля при наезде на ступенчатое препятствие / В.В. Миронова // Грузовик. – 2016. – № 11. – С. 20–26.
5. Вахромеев, А.М. Методы сертификационных испытаний колес автомобилей на усталость и удар / А.М. Вахромеев // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2018. – № 1 (15). – С. 4.
6. Riesner, M. Computer simulation of wheel impact test / M. Riesner, M. Zebrowski, R. Gavalier. – Warrendale, Pa.: Society of Automotive Engineers, 1986. – 8 p. – (SAE Technical Paper series 860829).

7. Демьянушко, И.В. Моделирование процесса ударного нагружения колес автомобиля / И.В. Демьянушко, В.В. Перекрестова // Методы и средства повышения надежности материалов и конструкций на автодорогах: сб. науч. трудов. – М.: МАДИ, 1996. – С. 28–37.

8. Исследование литого алюминиевого колеса автомобиля на ударное воздействие / И.В. Демьянушко, Н.И. Батрак, А.М. Вахромеев, В.В. Миронова // Вопросы строительной механики и надежности конструкций: сб. науч. трудов. – М.: МАДИ, 2010. – С. 5–19.

9. Вахромеев, А.М. Обеспечение надежности и качества колес автотранспортных средств / А.М. Вахромеев // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2015. – № 3 (5). – С. 1.

References

1. Transportnie sredstva. Kolesa diskovie Tekhnicheskie trebovaniya i metodi ispitaniy, GOST R 52390-2005 (Means of transport. The wheel disc. Technical requirements and test methods, State Standart 52390-2005), Moscow, Gosstandart, 2007, 30 p.

2. Kolesa iz legkih splavov dlia pnevmaticheskikh shin. Obschie technicheskie uslovia, GOST R 50511-93 (Light alloy wheels for pneumatic tyres. General specifications, State Standart 50511-93), Moscow, Gosstandart, 1993.

3. ЕК ООН. Pravila 124. Edinoobraznie predpisaniya, kasaushiesya utvergdenia koles dlia legkovih avtomobiley i ih pricepov (E/ECE/324, E/ECE/TRANS/505, Rev.2/Add.123) (UNECE. Rule 124. Uniform provisions concerning the approval of wheels for passenger cars and their trailers (E/ECE/324, E/ECE/TRANS/505, Rev.2/Add.123)).

4. Mironova V.V. *Gruzovik*, 2016, no. 11, pp. 20–26.

5. Vakhromeev A.M. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2018, no. 1 (15), p. 4.

6. Riesner M., Zebrowski M., Gavalier R. Computer simulation of wheel impact test, Warrendale, Pa., Society of Automotive Engineers, 1986, 8 p.

7. Demiyanushko I.V., Perekrestova V.V. *Metody i sredstva povyshenia nadezhnosti materialov i konstrukciy na avtodorogah*, sbornik nauchnyh trudov, Moscow, MADI, 1986, pp. 28–37.

8. Demiyanushko I.V., Batrak N.I., Vakhromeev A.M., Mironova V.V. *Voprosy stroitelnoe mekhaniki i nadezhnosti konstrukciy*, sbornik nauchnyh trudov, Moscow, MADI, 2010, pp. 5–19.

9. Vakhromeev A.M. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2015, no. 3(5), p. 1.