

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ДОРОЖНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ПЯТНА КОНТАКТА

Балакина Е.В., Кузнецов Н.И., Сарбаев Д.С.

Ключевые слова: пятно контакта, шина, коэффициент, опорная поверхность.

Аннотация. В задачах моделирования устойчивости движения и управляемости автомобилей требуется данные о длине пятна контакта используемой шины с дорогой. Ее значение обычно рассчитывают из геометрических соображений. При этом экспериментальные значения оказываются меньше расчетных из-за особенностей деформации шины. В данной статье предлагается новая методика получения искомой универсальной зависимости дорожным методом.

COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL ROAD METHOD FOR DETERMINING THE CONTACT PATCH LENGTH

Balakina E.V., Kuznetsov N.I., Sarbaev D.S.

Keywords: contact patch, tire, coefficient, supporting surface.

Abstract. In the problems of modeling the movement stability and controllability of the vehicles, data on the contact patch length of the used tire with the road is required. Its value is usually calculated from geometric considerations. In this case, the experimental values are less than the calculated ones due to the peculiarities of tire deformation. This article proposes a new method for obtaining a universal dependence by the road method.

При моделировании движения автомобиля принято моделировать увод по деформационной теории, согласно которой:

$$\delta = \frac{y}{l_c/2} (1-s), \quad (1)$$

где δ – угол увода; l_c – длина пятна контакта шины; y – боковая деформация шины; s – коэффициент продольного скольжения колеса ($0 \leq s \leq 1$).

В формуле деформация y определяется как:

$$y = \frac{P_y}{C_{ty}}, \quad (2)$$

где P_y – боковая сила; C_{ty} – боковая жесткость шины.

Для расчета длины пятна контакта l_c существует формула Хедэкеля:

$$l_c = 2\sqrt{z(2R_0 - z)}, \quad (3)$$

где R_0 – свободный радиус колеса; z – радиальный прогиб шины.

Формула (3) получена из геометрических соображений и имеет погрешности, так как реальная длина пятна контакта меньше, чем расчетная по этой формуле.

Ранее были получены универсальные зависимости для расчета длины пятна контакта l_c для легковых и грузовых шин с использованием стендовых экспериментов [1-6].

Для достижения поставленной задачи была представлена новая методика, приведенная в таблице 1.

Табл. 1. Предлагаемая методика для расчета длины пятна контакта

№	Формула	Примечания
1	$l_c = 2\sqrt{z(2R_0 - z)}$	l_c – длина пятна контакта по формуле Хедэкеля, мм; R_0 – свободный радиус шины, мм; z – радиальный прогиб шины, мм;
2	$R_0 = \frac{2r}{2} + H_t$	$2r$ – посадочный диаметр, мм; H_t – высота профиля шины, мм;
3	$z = \frac{P_z}{C_{tz}}$	P_z – нормальная нагрузка колеса, Н; C_{tz} – радиальная жесткость шины, Н/мм;
4	$C_{tz} = 1,6221 \cdot P_z^{0,544}$	–
5	$l_c = 2K_l \sqrt{z(2R_0 - z)}$	–
6	$l_{ce} = l_{cm} \cdot M$	l_{ce} – длина пятна контакта экспериментальная, мм; l_{cm} – длина пятна контакта измеренная, мм; M – масштаб;
7	$K_l = \frac{l_{ce}}{l_{cl}}$	K_l – уточняющий коэффициент уменьшения длины пятна контакта;
8	$l_c = 1,22\sqrt{z(2R_0 - z)}$	–

Были собраны фотографии 20 моделей шин, находящихся под воздействием статической нагрузки от автомобиля. Пример показан на рисунке 1.

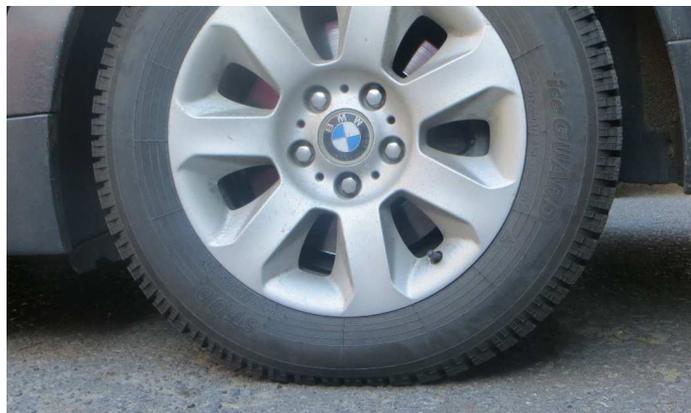


Рис. 1. Фотография колеса на дорожном покрытии

Первичный расчет длины пятна контакта l_{ct} на начальном этапе, можно производить по формуле Хедэкеля (табл. 1, формула 1), легко получаемой при помощи схемы рисунка 2.

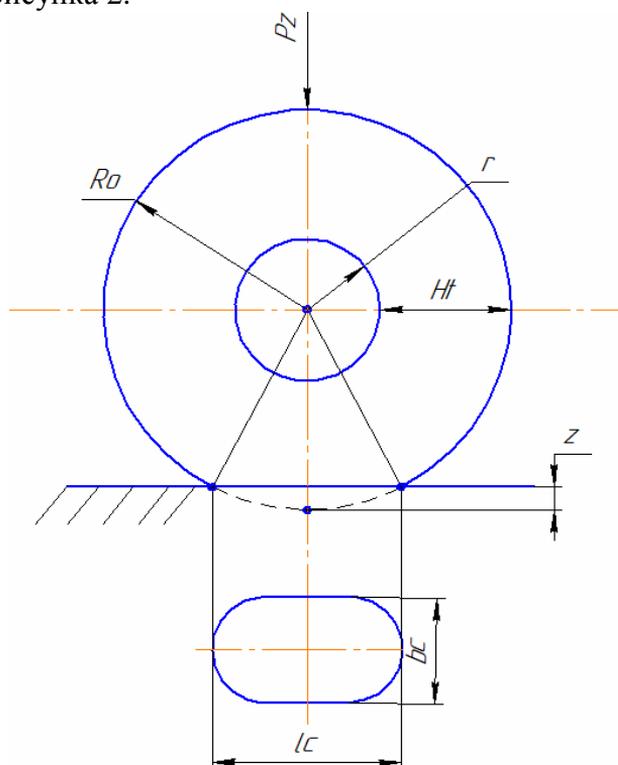


Рис. 2. Схема деформированного колеса

Значение радиального прогиба, входящую в формулу Хедэкеля, можно вычислить по формуле 3 (табл. 1). Величину радиальной жесткости шины можно определить экспериментально, что трудоемко и дорого, а можно вычислить по универсальной зависимости для шины соответствующей конструкции (формула 4, табл. 1). Величина нормальной нагрузки P_z определялась при помощи индекса нагрузки на колесо, изложенная в паспорте для каждой модели.

Известно, что экспериментальная длина пятна контакта несколько меньше рассчитанной. Это связано с деформацией протектора в зонах над пятном контакта. Поэтому вторичный расчёт длины пятна контакта l_c предложено выполнять по формуле 5 (табл. 1).

Задача заключается в нахождении уточняющего коэффициента уменьшения длины пятна контакта K_l для шины разных конструкций. Но для получения его значения, необходимо знать расчетную длину пятна контакта l_{ct} и длину пятна контакта экспериментальную l_{ce} , полученную по формуле 6 (табл. 1). Значения l_{ce} были получены при помощи экспериментальных фотографий. У каждой шины по фотографии был определен масштаб длин

M . Поэтому в итоге путем умножения полученной измеренной величины l_{cm} на масштаб M были определены результаты экспериментальной длины пятна контакта l_{ce} (формула 6, табл. 1).

Далее, путем деления величины l_{ce} на l_{ct} был рассчитан полученный уточняющий коэффициент уменьшения длины пятна контакта K_l (формула 7, табл. 1) для разных моделей шин.

На рисунке 3 показан график, на котором отображено среднее значение величины $\overline{K_l}$. На горизонтальной оси – порядковые номера моделей шин, на вертикальной оси – значения коэффициента K_l .

Таким образом, полученный коэффициент K_l можно включать в конечный расчет формулы Хедэкеля (формула 6, табл. 1), что делает результат более точным и корректным.

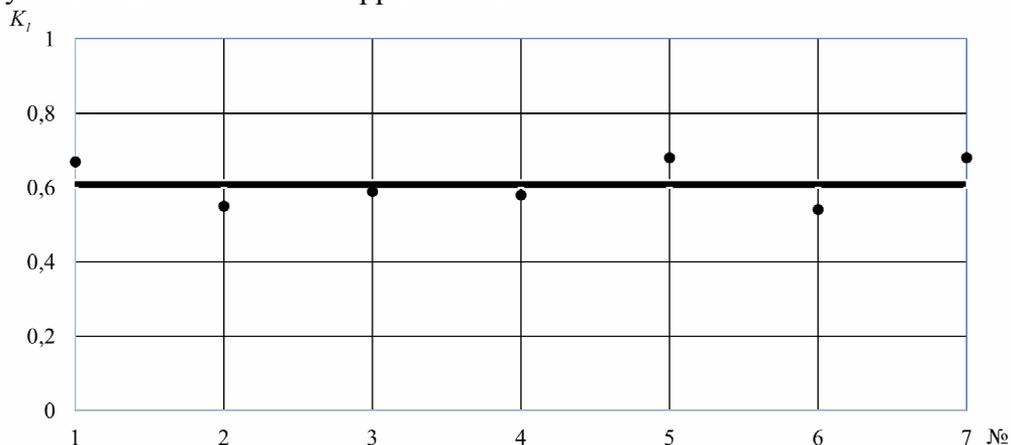


Рис. 3. Экспериментальные значения коэффициента K_l для разных шин

Расчетно-экспериментальная зависимость для определения длины пятна контакта автомобильной шины представлена в следующем виде – формула № (табл. 1).

Выводы

1. Разработана дорожная расчетно-экспериментальная методика для определения длины пятна контакта автомобильных шин, путем корректировки формулы Хедэкеля дорожным методом.

2. На основании реализации предложенной методики получено универсальное выражение для расчета длины пятна контакта, которое можно применять при определении увода колеса. Выражение справедливо для легковых радиальных и диагональных шин, независимо от их профильности

Список литературы

1. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колеса и шины / И.В. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. – М.: МГТУ «МАМИ», 2012. – 920 с.

2. Балакина Е.В. Влияние вида радиуса на форму Фх-Sx-диаграмм затормаживаемого колеса / Е.В. Балакина, И.В. Сергиенко, Д.С. Сарбаев // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2020. – №4(33). – С. 25-30.
3. Балакина Е.В. Методика расчета длины пятна контакта легковых радиальных низкопрофильных шин / Е.В. Балакина, Д.С. Сарбаев // Автомобильная промышленность. – 2018. – № 12 – С. 31-33.
4. Методика расчёта длины пятна контакта легковых и грузовых шин с дорожным покрытием / Е.В. Балакина, В.Н. Задворнов, Д.С. Сарбаев, И.В. Сергиенко, Ю.Н. Козлов // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации : материалы 106-й междунар. науч.-техн. конф. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический ун-т, 2019. – С. 166-174.
5. Сальников В.И. Расчетно-экспериментальные универсальные зависимости для определения радиальной жесткости шин / В.И. Сальников, А.А. Барашков, В.Н. Задворнов, Е.В. Балакина // Автомобильная промышленность. – 2014. – №7. – С. 13-14.
6. The calculation method of the length of contact of car tires with the road surface / E.V. Balakina, V.N. Zadvornov, D.S. Sarbaev, I.V. Sergienko, Yu.N. Kozlov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 632: International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering (Irkutsk, Russia, 27 May – 1 June, 2019): Proceedings / Irkutsk National Research Technical University. – IOP Publishing, 2019. – 9 p. – doi:10.1088/1757-899X/632/1/012022.

References

1. Balabin I.V. Car and tractor wheels and tires / I.V. Balabin, V.A. Putin, I.S. Chabunin. – М.: MSTU «MAMI», 2012. – 920 p.
2. Balakina E.V. Influence of the radius type on the shape of Fx-Sx-diagrams of the braked wheel / E.V. Balakina, I.V. Sergienko, D.S. Sarbaev // Energy and resource saving: industry and transport. – 2020. – № 4(33) December. – P. 25-30.
3. Balakina E.V. Method for calculating the contact patch length of passenger radial low-profile tires / E.V. Balakina, D.S. Sarbaev // Automotive Industry. – 2018. – No. 12. – P. 31-33.
4. The calculation method of the length of contact of car tires with the road surface / E.V. Balakina, V.N. Zadvornov, D.S. Sarbaev, I.V. Sergienko. Yu.N. Kozlov // Safety of wheeled vehicles in operating conditions: materials of the 106th International Scientific and Technical Conference. – Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2019. – P. 166-174.
5. Salnikov V.I. Calculated and experimental universal dependencies for determining the radial rigidity of tires / V.I. Salnikov, A.A. Barashkov, V.N. Zadvornov, E.V. Balakina // Automotive industry. – 2014. – №7. – P. 13-14.

6. The calculation method of the length of contact of car tires with the road surface / E.V. Balakina, V.N. Zadvornov, D.S. Sarbaev, I.V. Sergienko, Yu.N. Kozlov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 632: International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering (Irkutsk, Russia, 27 May – 1 June, 2019): Proceedings / Irkutsk National Research Technical University. – IOP Publishing, 2019. – 9 p. – doi:10.1088/1757-899X/632/1/012022.

Балакина Екатерина Викторовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», fahrgestell2011@yandex.ru	Balakina Ekaterina Viktorovna – candidate of technical sciences, associate professor, professor of department «Technical operation and car repairs», fahrgestell2011@yandex.ru
Кузнецов Никита Игоревич – магистрант, kuznes1997@gmail.com	Kuznetsov Nikita Igorevich – master, kuznes1997@gmail.com
Сарбаев Дмитрий Сергеевич – аспирант, sards93@gmail.com	Sarbaev Dmitriy Sergeevich – postgraduate, sards93@gmail.com
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия	Volgograd state technical university, Volgograd, Russia

Received 22.03.2021