



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО
КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ГОНОЧНОЙ ШИНЫ**
ESTIMATION OF THE LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL GRIP
COEFFICIENT OF A RACING TIRE

Власов Владимир Сергеевич, студент, 1 курс, направление «Машиностроение», Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти

Чижаткина Екатерина Дмитриевна, Преподаватель кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти

Vladimir Vlasov, 1st year master student, Institute of Mechanical Engineering, Togliatti State University

Ekaterina Chizhatkina, faculty advisor, teacher, Institute of Mechanical Engineering, Togliatti State University

Аннотация

В статье описаны инженерно-спортивные соревнования «Формула Студент». Представлены основные отличия гоночной шины от шины для автомобилей гражданского назначения. Рассмотрено понятие коэффициента сцепления гоночных шин с дорожным покрытием. Показаны основные параметры,

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

влияющие на увеличение показателя сцепления гоночных шин. Рассмотрено влияние таких свойств шины как адгезия на молекулярном уровне, а также гистерезис. Показано влияние площади пятна контакта на общее сцепление шины с дорогой. Представлен стенд для определения продольного и поперечного коэффициента сцепления гоночной шины. Описана конструкция и принцип работы лабораторного оборудования. В ходе проведения лабораторной работы получены коэффициенты сцепления для гоночной шины в продольном и поперечном направлении при различном давлении в шине, а также при различной вертикальной нагрузке. По результатам тестирования сделаны выводы, а также выявлена зависимость коэффициента сцепления при разном давлении.

Summary

The article describes the engineering and sports competition Formula Student. The main differences between a racing tire and a tire for civil vehicles are presented. The concept of the adhesion coefficient of racing tires with the road surface is considered. The main parameters influencing the increase in the grip rate of racing tires are shown. The influence of such tire properties as adhesion at the molecular level, as well as hysteresis, is considered. The effect of the area of the contact patch on the overall grip of the tire with the road is shown. A bench for determining the longitudinal and transverse grip coefficient of a racing tire is presented. The design and principle of operation of laboratory equipment are described. During the laboratory work, the adhesion coefficients for a racing tire in the longitudinal and transverse directions were obtained at different tire pressures, as well as at different vertical loads. Based on the test results, conclusions were drawn, and the dependence of the adhesion coefficient at different pressures was revealed.

Ключевые слова: гоночный болид, Formula Student, гоночные шины, коэффициент сцепления, стенд

Keywords: racing car, Formula Student, racing tires, coefficient of adhesion, stand

«Формула Студент» как проект, интегрированный в образовательный процесс как в России, так и за рубежом, представляет собой один из наиболее перспективных способов проектно-ориентированного обучения. Ежегодно, в ходе проектирования и сборки прототипа гоночного автомобиля, обучающиеся ВУЗов получают практический опыт работы с современным ПО и станковым оборудованием, а также развивают навыки работы в команде. Одним из направлений исследований, которыми занимаются участники инженерной команды, является изучение свойств шин и их поведения при соприкосновении с дорожным покрытием.

Шина автомобиля – единственная часть автомобиля, которая постоянно находится в контакте с дорожным полотном [3]. Правильно выбранные шины не только снизят неподрессоренные массы, но и помогут в разы улучшить динамику автомобиля. Именно шины позволяют реализовывать большие мощности двигателей автомобилей, и именно шины позволяют автомобилю быстро проходить гоночные трассы за счет высокого коэффициента сцепления. Чаще всего, коэффициент сцепления гоночных шин выше, чем у шин гражданского назначения [5]. Если рассматривать гоночные болиды класса «Формула», то в этом случае коэффициент сцепления может быть выше более чем в два раза, чем на стандартной автомобильной шине. Связано это с тем, что гоночные шины способны обеспечивать максимальное пятно контакта и максимальную сцепную силу за счет:

- большой ширины шин,
- отсутствия протектора,
- режимов работы при низком давлении,
- специального состава и технологии производства.

Специальный состав гоночных шин позволяет увеличить воздействие свойств адгезии и гистерезиса [1]. Данные свойства позволяют шине буквально «липнуть» к дорожному полотну. Именно поэтому гоночные шины такие широкие, ведь чем больше пятно контакта шины с дорогой, тем

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

больше площадь воздействия адгезии на молекулярном уровне, а также гистерезиса.

На рисунке 1 показан стенд для определения продольного и поперечного коэффициента сцепления шин.



Рисунок 1 – Лабораторный стенд для автомобильных шин

Стенд состоит из прочной основной стойки и прижимного механизма, позволяющего увеличивать вертикальную нагрузку на шину, подвижной платформы, имитирующей поверхность асфальтированной дороги, реечной передачи, позволяющей перемещать платформу под шиной, а также тензодатчиков и осциллографа, позволяющих считывать показатели шины по критерию сцепления [2]. Испытания на стенде максимально приближены к реальным условиям работы автомобильной шины. Испытания проводились со специализированной шиной Hoosier, разработанной для гоночных болидов класса «Формула Студент». На рисунке 2 можно увидеть результаты испытаний шины при различной вертикальной нагрузке и различном давлении в шине в продольном и поперечном направлении.

Hoosier	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg	110 kg
0,6 bar	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,4$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,46$	$\Phi_n = 1,72$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,6$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,79$ $\Phi_{np} = 1,49$
0,8 bar	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,14$ $\Phi_{np} = 1,53$	$\Phi_n = 1,99$ $\Phi_{np} = 1,46$	$\Phi_n = 1,98$ $\Phi_{np} = 1,5$	$\Phi_n = 1,92$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,83$ $\Phi_{np} = 1,49$
1 bar	$\Phi_n = 1,95$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,00$ $\Phi_{np} = 1,53$	$\Phi_n = 2,05$ $\Phi_{np} = 1,46$	$\Phi_n = 1,72$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,69$ $\Phi_{np} = 1,49$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,49$
1,2 bar	$\Phi_n = 2,26$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,4$ $\Phi_{np} = 1,47$	$\Phi_n = 2,4$ $\Phi_{np} = 1,52$	$\Phi_n = 2,08$ $\Phi_{np} = 1,5$	$\Phi_n = 2,15$ $\Phi_{np} = 1,54$	$\Phi_n = 2,21$ $\Phi_{np} = 1,57$
1,4 bar	$\Phi_n = 2,03$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,00$ $\Phi_{np} = 1,6$	$\Phi_n = 2,22$ $\Phi_{np} = 1,58$	$\Phi_n = 2,13$ $\Phi_{np} = 1,56$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 2,00$ $\Phi_{np} = 1,49$

Рисунок 2 – Результаты тестирования гоночной шины для выявления коэффициентов сцепления

Для сравнения, коэффициент сцепления шины гражданского автомобиля в среднем составляет 0,7–0,9 [6]. В таблице же мы можем наблюдать поперечный коэффициент сцепления 2.4 для гоночной шины, что в 3 раза выше, чем у автомобильной шины гражданского назначения. Однако причинами, по которым серийные автомобили не используют более цепкие шины: высокая стоимость, быстрый износ (гоночные шины пригодны для использования на 1-2 гонки), для реализации высокого сцепления необходимо усиление всех остальных агрегатов автомобиля, что в свою очередь также увеличивает стоимость [4].

По результатам тестирования можно сделать некоторые выводы. Наилучшее сцепление болида с дорожным полотном можно получить при давлении внутри колеса, равном 1,2 бара. При этом общая тенденция такова, что при давлении, равном 90 кг, коэффициент поперечного сцепления является наибольшим, а коэффициент продольного сцепления примерно равен во всех диапазонах измерений и не имеет ярко выраженного пика в частном случае.

Помимо данной гоночной шины также были протестированы шины Continental, также разработанные специально для соревнований Формула Студент. Так как Continental шины имеют радиальное строение корда, а Hoosier диагональное строение корда, то между этими двумя конкурентами сразу видна разница в сцепных характеристиках. За счет радиального

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

строения корда шина имеет возможность воспринимать большие продольные нагрузки, что дает преимущество в дисциплине «ускорение» соревнований Формула Студент. Однако преимущество диагонального строения корда – более жесткие боковые стенки шины, что в свою очередь дает преимущество в скоростных поворотах. Соответственно, по результатам испытаний шины с диагональным строением корда имели больший коэффициент сцепления в поперечном направлении, а шины с радиальным строением корда имели больший коэффициент сцепления в продольном направлении.

Литература

1. Балабин И.В., Балабин О.И. Анализ силового взаимодействия колеса автомобиля с неровностями дороги в режиме его поворота // Кронос. 2022. №8 (70). С. 46–51.
2. Дмитриева Т.Д., Котков А.С., Васильев А.А., Сидоров М.В., Пономарев А.И. Исследование взаимодействия колеса с опорным основанием // Инженерный вестник Дона. 2023. №1. С. 1–9.
3. Рассадкин Н.А., Шорников Д.А., Агго С.Д., Пляшко А.Н. Влияние различных факторов на управляемость автомобиля // Colloquium-journal. 2021. №3 (90). С. 55–57.
4. Федотов А.И., Марков А.С., Яньков О.С., Овчинникова Н.И. Влияние износа рисунка протектора беговой дорожки шины на характеристики ее сцепления с опорной поверхностью // iPolytech Journal. 2017. №11. С. 1–10.
5. Шаршуков К.Г., Капралов С.С. Влияние динамических факторов на характеристики бокового сцепления шин в стендовых условиях // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. №5 (39). С. 45–52.
6. Milliken W.F., Milliken D.L. Race car vehicle dynamics. 1995. С. 215–303.

Literature

1. Balabin I.V., Balabin O.I. Analysis of the force interaction of a car wheel with road irregularities in the mode of its turn // Kronos. 2022. No. 8 (70). pp. 46–51.
2. Dmitrieva T.D., Kotkov A.S., Vasiliev A.A., Sidorov M.V., Ponomarev A.I. Study of the interaction of a wheel with a support base // Engineering Bulletin of the Don. 2023. No. 1. pp. 1–9.
3. Rassadkin N.A., Shornikov D.A., Aggo S.D., Plyashko A.N. Influence of various factors on vehicle handling // Colloquium-journal. 2021. No. 3 (90). pp. 55–57.
4. Fedotov A.I., Markov A.S., Yankov O.S., Ovchinnikova N.I. Influence of wear of the tread pattern of the tread of the tire on the characteristics of its adhesion to the supporting surface // iPolytech Journal. 2017. No. 11. pp. 1–10.
5. Sharshukov K.G., Kapralov S.S. Influence of dynamic factors on the characteristics of lateral grip of tires in bench conditions // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. 2014. No. 5 (39). pp. 45–52.
6. Milliken W.F., Milliken D.L. Race car vehicle dynamics. 1995. pp. 215–303.

© Власов В.С., Чижаткина Е.Д., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Для цитирования: Власов В.С., Чижаткина Е.Д. Определение продольного и поперечного коэффициента сцепления гоночной шины // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023