

УДК: 629.3.023.24

***СУЩЕСТВУЮЩИЙ НАУЧНЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ОЦЕНКИ
ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИХ СВОЙСТВ МАКРОПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ***

Харлов М.В.,

кандидат военных наук, доцент,

*ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»,*

г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Статья посвящена анализу научной литературы на предмет существующих подходов к оценке противоскользящих свойств макропрофиля поверхности. Анализ показал, что, несмотря на очевидную практическую актуальность, данная тема в научной литературе представлена слабо и поверхностно. Существующая литература по данной тематике в основном посвящена исследованию взаимодействия подошв обуви и автомобильных колес с поверхностью. Изучение научной литературы позволило выявить ряд факторов влияющих на противоскользящие свойства макропрофиля поверхности. В итоге работы установлено, что методики, полностью учитывающей это факторное влияние при оценке противоскользящих свойств пока нет.

Ключевые слова: противоскользящие свойства поверхности, эффективность противоскольжения, трибоконтат, коэффициент трения, макропрофиль.

***THE EXISTING SCIENTIFIC VIEW ON THE PROBLEM OF ASSESSING
THE ANTI-SLIP PROPERTIES OF THE MACRO PROFILE OF THE
SURFACE***

Kharlov M. V.,

candidate of Military Science, assistant Professor,

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university,

St. Petersburg, Russia

Annotation

The article is devoted to the analysis of scientific literature on the subject of existing approaches to the assessment of anti-slip properties of the macro profile of the surface. The analysis showed that, despite the obvious practical relevance, this topic is poorly and superficially presented in the scientific literature. The existing literature on this topic is mainly devoted to the study of the interaction of shoe soles and car wheels with the surface. The study of scientific literature has revealed a number of factors affecting the anti-slip properties of the macro profile of the surface. As a result of the work, it was found that there is no methodology that fully takes into account this factor influence when evaluating anti-slip properties.

Keywords: anti-slip properties of the surface, anti-slip efficiency, tribocontact, coefficient of friction, macro profile.

Как известно, трение играет очень важную роль в нашем мироустройстве. Многие физические процессы в нем становятся возможными только благодаря силе трения. Природу силы трения человек пытается постичь уже давно. Первые научные труды датируются еще началом XVI века н.э.[5]. Тогда и в последующих работах трение воспринималась как сложное многофакторное явление, возникающее при взаимодействии поверхностей двух тел. Со временем число факторов вовлеченных в процесс взаимодействия тел менялось. Неизменным было лишь то, что все исследователи вынуждены были признавать необходимость уточнения полученных зависимостей, математически описывающих процессы трения. И современный этап развития теории трения предполагает аналогичные выводы.

Существующие исследования по теории трения касаются в основном микронеровностей, а это шероховатости и волнистости, размеры которых находятся в пределах микро- и нанометров [2]. И это обусловлено необходимостью получения фундаментальных знаний в этой области. Вместе с тем, процесс взаимодействия тел осуществляется и на макроуровне - в пределах миллиметров и

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

более. И это тоже важно учитывать в моделях трения. Особенно это касается тех случаев, когда рассматриваются вопросы безопасности людей. Например, это актуально при оценке противоскользящих свойств профиля несущей контактной поверхности или профиля контртела – подошвы обуви [8,9].

Темы, связанные с оценкой противоскользящих свойств макропрофиля в научной литературе представлены крайне ограниченно. В основном речь идет об изучении взаимодействия материала подошвы обуви с модельным профилем поверхности при разных внешних условиях. Также есть работы по изучению взаимодействия рисунка протектора автомобильной шины с дорожным покрытием. К слову, само дорожное покрытие тоже является макропрофилем и оно тоже является предметом изучения в литературе. Рассмотрим подробнее результаты данных исследований.

В работе [8] рассмотрено влияние макропрофиля поверхности на коэффициент ее трения при взаимодействии с ходовой поверхностью подошвы обуви. Так при исследовании причин травмирования пешеходов автором было установлено, что отсутствие или недостаточная глубина протектора подошвы, а также неправильная, с точки зрения антискользящих функций, компоновка элементов рельефа ходовой части подошвы оказывают существенное влияние на вероятность поскользывания и падения. При изучении взаимодействия подошвенного материала с выступами на опорной поверхности экспериментально установлено существенное влияние эластичности материала на коэффициент трения (рис1). На основе полученных результатов сделан вывод, что эластичные материалы в большей степени вносят вклад в механическую составляющую силы трения за счет их вдавливания под внешней нагрузкой в макрорельеф поверхности и зацепления за его неровности. При этом даже небольшие выступы рельефа играют существенную роль при взаимодействии поверхностей. В работе также было установлено, что помимо эластичности материала на величину фрикционного взаимодействия ходовой части подошв и рельефа будут оказывать влияние высота выступов на опорной поверхности и их количество.

В работе [7] приведены результаты экспериментального исследования

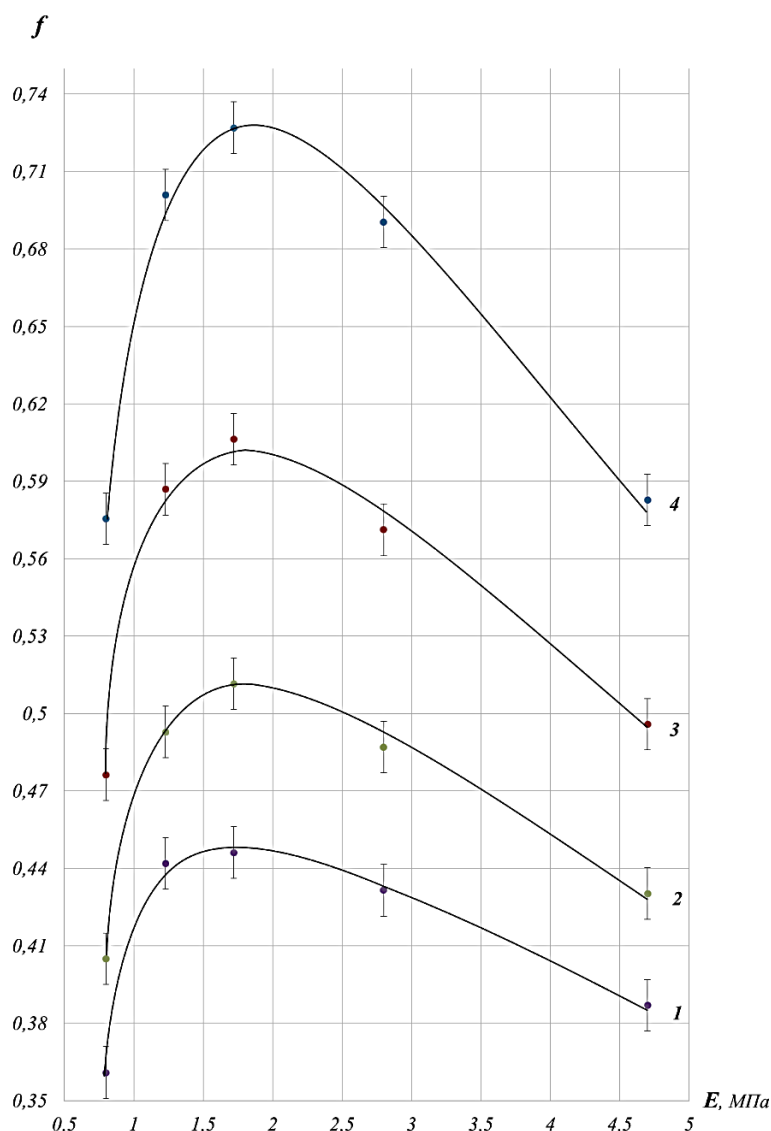


Рисунок 1- Влияние эластичности E подошвенного материала на коэффициент трения скольжения f по опорной поверхности с выступами радиусом R :

1 – $R = 0,5$ мм; 2 – $R = 0,75$ мм; 3 – $R = 1,25$ мм; 4 – $R = 1,75$ мм [8]

параметров рисунка протектора автомобильной шины при его взаимодействии с опорной поверхностью. Для исследования использовался специальный стенд модульного типа, позволяющий моделировать условия нагруженного контакта заблокированного автомобильного колеса с плоской или цилиндрической опорной поверхностью. Для анализа рассматривались новые шины и шины с износом протектора 90 %. В итоге было установлено, что коэффициент сцепления

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

изношенной шины значительно ниже, чем у новой, а ростом нагрузки наблюдалось разное его изменение. Для случая торможения на плоской поверхности разница в коэффициенте сцепления могла достигать 24...41%, а при торможении на цилиндрической поверхности разница была 16...18 %. Если учесть, что коэффициент сцепления и коэффициент трения имеют одинаковую природу, то здесь можно сделать вывод о том, что высота выступов макропрофиля вносит ощутимый вклад в изменение значения показателя силы трения. Кроме этого, явно прослеживается влияние на силу трения площади контакта макропрофиля.

Оценка влияния геометрической формы рисунка протектора автомобильной шины на ее сцепление с дорожным покрытием рассмотрена в работе [4]. Несмотря на то, что в данной работе автор делает акцент на исследовании взаимодействия геометрии макропрофиля шины с мокрой поверхностью, выводы, полученные в работе, актуальны и для более широкой гаммы условий. В частности речь идет о выявленном факторном влиянии сухой части контакта рисунка протектора шины с поверхностью. Установлено, что на величину сцепления шины будут оказывать шероховатость покрытия, контактное давление, площадь контакта и свойства протекторной резины. Кроме этого, влияние будут оказывать насыщенность рисунка протектора и другие особенности трибоконтакта, влияющие на изменение его фактической площади. В работе также содержится достаточно удачный, с точки зрения качества результатов, подход к оценке параметров геометрии макропрофиля поверхности. Данная задача решается путем последовательного анализа сечений профиля в вертикальной плоскости.

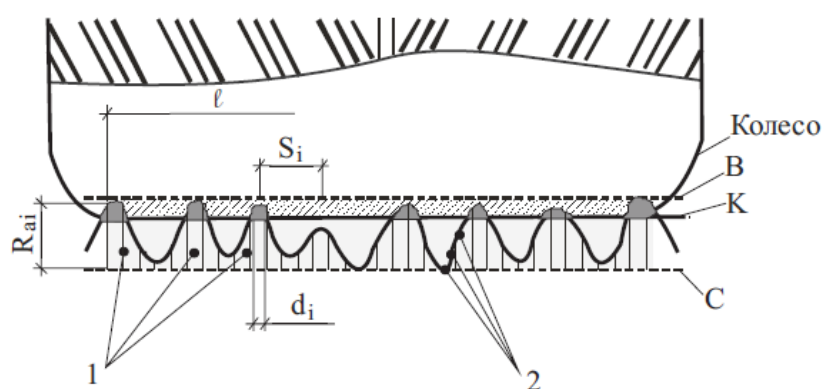
В статье [3] проанализировано влияние факторов на сцепные качества автомобильных шин. В работе автор вполне обосновано заключает, что к числу таких факторов будут относиться: тип рисунка протектора шин и величина их износа, вид материала шин, шероховатость покрытия. При этом в отношении последнего делается акцент на предельную высоту неровностей на уровне 4...5 мм. Неровности выше предела будут отрицательно сказываться на эффективности сцепления. А вид неровностей ниже предельных значений также по-разному будет

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

влиять на сцепные свойства. К примеру, наличие острых граней в покрытии, что наблюдается в новом асфальтобетоне со щебенчатым наполнителем, будет положительно влиять на сцепление.

Шероховатости асфальтобетонного покрытия уделяется особое внимание при оценке безопасности эксплуатации автодорог. Существующий нормативный подход по данному вопросу рассмотрен в ОДМ 218.3.054–2015 «Методические рекомендации по устройству поверхностной обработки и тонких слоев износа с применением различных видов фиброволокон» [6]. Там же приведена методика оценки параметров шероховатости, которая заслуживает отдельного внимания.

В вышеназванных методических рекомендациях шероховатость дорожного покрытия разделена на микро- и макрошероховатость. Микрошероховатость представлена мелкими выступы и порами на элементах макрошероховатости, которые определяют активность поверхности макрошероховатых элементов при взаимодействии с колесом транспортного средства. А макрошероховатость это крупные структурообразующие неровности профиля дорожного покрытия, характеризующиеся впадинами и выступами. По своей сути макрошероховатость является вариантом макропрофиля поверхности.





-  – зона активной шероховатости;
-  – зона пассивной шероховатости;

Рисунок 2 – Элементы и параметры шероховатости в зоне контакта колеса транспортного средства с поверхностью покрытия:

К, С, В – соответственно базовая плоскость поверхности колеса транспортного средства, плоскость наибольших впадин шероховатости,

плоскость наибольших выступов шероховатости в зоне контакта колеса транспортного средства с элементами макрошероховатости;
1, 2 – элементы соответственно макро- и микрошероховатости [6]

К числу основных параметров макрошероховатости нормативом отнесены следующие (рис.2):

l – базовая длина, мм;

S_i – шаг местных выступов макрошероховатости в пределах базовой длины, мм;

d_i – шаг контакта колеса транспортного средства с поверхностью покрытия в пределах базовой длины, мм;

R_{ai} – частная глубина впадин макрошероховатости (расстояние между проекциями смежных вершин и впадин на вертикальную ось), мм

Оценка макрошероховатости поверхности для конкретных практических нужд выполняется путем сопоставления расчетных значений связанных с ней параметров с их нормативными величинами. К таким параметрам отнесены: средняя глубина впадины (высота выступов); средний шаг макрошероховатости; плотность контактов; дисперсия разновысотности активных выступов, отвечающая за изменение коэффициента сцепления, дисперсия разноглубинности впадин, отвечающая за водоотведение. При этом значение средней глубины впадины макрошероховатости устанавливаются в зависимости от потенциальной опасности условий движения. Чем опаснее, тем больше требуется коэффициент сцепления и, следовательно, больше будет глубина впадин макрошероховатости. Так, например, для легких условий движения, которые характеризуются прямыми участками дороги, маленьким ее продольным уклоном, низким коэффициентом загрузки устанавливается глубина впадин макрошероховатости на уровне 0,30...0,35 мм. А для опасных условий движения, когда присутствуют участки с плохой видимостью, есть крутые спуски и подъемы, большой коэффициент загрузки глубина впадин макрошероховатости требуется уже 0,40...0,45 мм[6].

Расчетной методикой, приведенной в приложении А [6], значение глубины впадин макрошероховатости находится следующим образом:

$$R_{\text{аср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} R_{ai}}{n_l}, \quad (1)$$

где i – номер впадины;

R_{ai} – частная глубина впадины макрошероховатости, мм;

n – количество местных выступов макрошероховатости, шт.

При этом значение частных глубин впадин макрошероховатости и других основных ее параметров предлагается определять с помощью профилограммы, полученной с помощью игольчатого профиломера или его аналога.

В книге [1] посвященной вопросу механизма истирания резин рассмотрены результаты экспериментальных исследований характеристик износостойкости эластичных материалов. На их основе установлено, что параметр износостойкости материала при его взаимодействии с твердой профилированной поверхностью в общем виде можно выразить так:

$$\beta \sim \frac{z}{r}, \quad (2)$$

где z – расстояние между выступами;

r – радиус кривизны неровности.

Учитывая, что износостойкость это свойство, обратно зависящее от фрикционных характеристик материала, то на основании выражения 2 противоскользкие свойства поверхности будут возрастать при увеличении радиуса кривизны неровностей и уменьшении расстояния между неровностями.

Таким образом, к настоящему времени учеными наработан достаточно большой пласт знаний в рассматриваемой области. На этой основе можно вполне четко проследить конкретные факторы, влияющие на противоскользкие свойства макропрофилированной поверхности. В частности к таким факторам можно отнести: размеры неровностей в плане, их относительное число, высота неровностей, расположение их на поверхности и, вполне очевидно, параметр, характеризующий взаимодействие материалов макропрофилированной

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

поверхности и контртела. Вместе с тем, полноценной методики, позволяющей учесть в полном объеме вышеназванные факторы, пока нет. Та методика, которая приведена в [6] частично позволяет решить данную задачу. Однако более широкое ее применение ограничено относительной равномерностью распределения неровностей по поверхности профиля, одинаковым их видом с точки зрения геометрических характеристик в плане и отсутствием учета взаимодействия с разными материалами контртела. Поэтому научная работа посвящённая дальнейшему изучению и построению адекватной теории оценки противоскользких свойств макропрофиля поверхности все еще актуальна.

Библиографический список

1. Бродский Г.И., Евстратов В.Ф., Сахновский Н.Л. и др. Истирание резин / Г.И. Бродский, В.Ф. Евстратов, Н.Л. Сахновский, Л.Д. Слюдиков. – М.: «Химия», 1975. – 240 С.
2. Демкин Н.Б., Рыжков Э.В. Качество поверхностей и контакт деталей машин / Н.Б. Демкин, Э.В. Рыжков. – М.: Машиностроение, 1981. – 244 С.
3. Евтюков С.А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования, № 3, 2012»: [Электронный ресурс]. – <https://science-education.ru/pdf/2012/3/29.pdf> . (дата обращения: 04.02.2023).
4. Левин Ю.С. Исследование влияния конструкции шины на сцепление с мокрой дорогой: дисс. канд. техн. наук. – М., 1971. – 178 С.
5. Лужнов Ю.М., Александров В.Д. Основы триботехники: учеб. пособие / под ред. проф. Ю.М. Лужнова. – М.: МАДИ, 2003. – 136 С.
6. ОДМ 218.3.054–2015. Методические рекомендации по устройству поверхностной обработки и тонких слоев износа с применением различных видов фиброволокон. – Москва: РОСАВТОДОР, 2018. – 54 С.
7. Федотов А.И., Марков А.С., Яньков О.С. И др. Влияние износа рисунка протектора беговой дорожки шины на характеристики ее сцепления с опорной

поверхностью // Вестник ИрГТУ, Том 21, № 11, 2017: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://journals.istu.edu/vestnik_irgtu/journals/2017/11/articles/21?view=1. (дата обращения: 24.04.2023).

8. Харина В.А. Исследование фрикционных свойств ходовой поверхности подошв и повышение антискользких характеристик обуви: дисс. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2022. – 127 С.

9. Харлов М.В. Методические основы оценки противоскользких свойств несущих контактных поверхностей траволаторов // Журнал «Грузовик», №5, 2020 – М.: ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2020 – с.38-43.

Оригинальность 87%