



## **ИЗНОСВАНЕ НА АВТОМОБИЛНИТЕ ГУМИ – ПРИЧИНИ И КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА**

**Благойка Пълева-Кадийска, Петя Стефанова**

[bip-kadiyska@vtu.bg](mailto:bip-kadiyska@vtu.bg), [p\\_stefanova@vtu.bg](mailto:p_stefanova@vtu.bg)

ORCID: 0000-0002-8514-4542

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“  
ул. „Гео Милев“ 158, София 1574  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

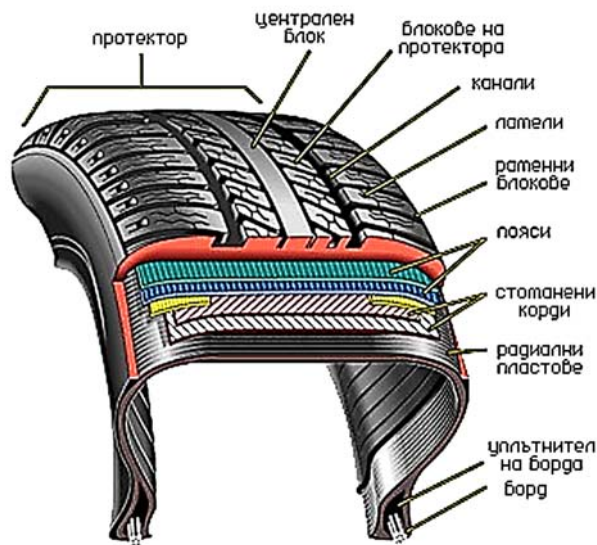
***Ключови думи:** автомобилна гума, износване, последствия, класификация*

***Резюме:** Експлоатацията на превозните средства неминуемо е съпроводено с износване на техните елементи и възли. Автомобилните гуми осигуряват контакта между превозните средства и пътните настилки. Основният материал на съвременната гума е сложна каучукова смес, а структурата ѝ е многокомпонентна, целяща да покрие редица показатели. В немалка степен ефикасността и безопасността на автомобилния транспорт зависи от степента на износване на автомобилните гуми. Проведено е обширно литературно проучване на изследвания, свързани с износването им и търсенето на нови материали, които да намалят процеса и са систематизирани резултатите от него. Направен е анализ на основните причини за износването на грайфера и влиянието му върху експлоатацията на превозното средство. Създадена е класификация на последствията от износването на автомобилните гуми, даваща визуална и систематизирана информация за тях. Тя налага редица изводи, по-съществените от тях са обобщени и отбелязани. Авторите се надяват класификацията да даде по-ясна представа за значимостта на износването и въздействието, което то оказва в различни аспекти. Тя би могла да подпомогне изучаването, разбирането, оценяване на важността на процеса, съпътстващ използването на превозните средства, както и планирането и осъществяването на мерки, за намаляване на негативните последствия от него.*

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

Когато се говори за износване на автомобилната гума най-често се има предвид износване на протектора на пневматична гума. Тъй като той е външната част, която като правило има релефен модел и при търкаляне влиза в контакт с пътната настилка, обикновено се износва много по-бързо от всички останали елементи на структурата на гумата [1].

Структурата на съвременната автомобилна гума е сложна, целяща да покрие редица показатели, като: да осигури по-голяма степен на маневриране, комфорт на возене, максимално сцепление с пътя, устойчивост на износване и икономия на гориво. Съвременният дизайн на гумите съчетава използването на над 200 суровини (фиг. 1).



Фиг. 1. Структура на радиална автомобилна гума [1]

Износването е процес, свързан с тяхната експлоатация, който не може напълно да бъде избегнат. То може да бъде естествено (нормално) или преждевременно. При нормално, гумата запазва експлоатационните си характеристики до пълното износване на протектора. Преждевременното е предизвикано, най-вече от неправилна експлоатация и нарушени условия на работа.

*Целта на разработката е да се разгледат причините за износване на автомобилните гумите. Да се проучат и анализират изследванията на този неизбежен, негативен процес, съпътстващ експлоатацията на превозните средства. Да се категоризират и систематизират последствията от него и да се създаде класификация.*

## 2. ПРИЧИНИ ЗА ИЗНОСВАНЕ НА ГУМИТЕ

Гумите, които се използват в автомобилите са пневматични. Те работят, ако въздушната кухина е пълна с газ или въздух под налягане. Производителят на гумата очаква тя да работи при определени условия [1].

Една от причините за износването им е **неспазване на стандартите за вътрешно налягане**, което е зададено от производителя и зависи от условията, при които се използва гумата, и преди всичко от натоварването върху нея. Ниското налягане ускорява износването на протектора, особено по ръбовете му. При безкамерна гума ниското налягане може да причини преждевременната ѝ повреда поради загуба на плътност. Изключително опасно е, ако това се случи, повреме на движение. Повишеното налягане също ускорява износването на протектора, най-вече в средата ѝ.

Друга немаловажна причина е, **претоварване на гумата**. Задължителните надписи, присъстващи в маркировката ѝ, включват и нейната товароносимост – т.нар. индекс на товароносимост. Гумите, с които е оборудвано превозното средство, трябва да издържат на максимално допустимото натоварване за него. Товар, надвишаващ товароносимостта на автомобила, може да доведе до бързото износване на протектора, което е подобно на износването възникващо при по-ниско налягане от предписаното.

**Скоростта на превозното средство** също влияе на износването. Колкото по-голяма е тя, толкова по-голям е броят на деформациите за единица време, които изпитва гумата. В резултат, температурата ѝ се повишава, скоростта на износване на протектора се увеличава и якостните характеристики на гумата намаляват. Високата температура е най-големият враг на всяка гума - над една определена критична

температурна стойност тя започва да се разпада. За такива, работещи при високи скорости се препоръчва да имат по-големи стойността на критичната скорост, до която гумата остава работоспособна. Тя може да поддържа своите характеристики, при критична скорост, само за много кратък период от време и следователно нейната максимално допустима работна скорост трябва да бъде по-малка от критичната. Ето защо индексът на скоростта също задължително присъства в маркировката ѝ.

Установено е, **че стилът на шофиране** значително влияе върху експлоатационния живот на гумата. Агресивният стил намалява живота на гумата и обратно спокойният, го удължава. Протекторът на гума, която работи в режим на спиране, се износва по-бързо, отколкото в режим на движение. Спирането с двигателя на автомобила води до по-малко износване на протектора. Рязкото потегляне, приплъзването на колелата и честото спиране също съкращават експлоатационния живот на гумата.

**Видът на задвижването** е друг фактор - гумите на задвижващите колела се износват по-бързо от гумите на задвижваните колела. Ето защо производителите на автомобили препоръчват съвременно разместване на колелата на автомобила, за да се осигури равномерно износване на протектора.

Немалко влияние оказват **и метеорологичните условия**. Установено е, че средно гумите се износват по-бързо през лятото, отколкото през зимата, защото температурата на пътното покритие е по-висока и едновременно с тази, от триенето между гумата и пътната настилка, тя става значителна, при което износването е много по-интензивно.

Животът на гумата се влияе и от **профила на пътя, и качеството на пътната настилка**. Колкото по-зърниста е тя, толкова по-голямо е износването на протектора и е по-голяма вероятността от появата на механични повреди по гумата. При преобладаващи изкачвания и спускания, спирането и ускоряването са по-чести и съответно гумите изпитват променливо претоварване на по-кратки интервали. Завоите водят до натоварване на гумите, както от дясната, така и от лявата страна на автомобила. Всичко това намалява пробега им.

Не трябва да се пренебрегва и **използване на гуми при условия, за които те не са предназначени** – ако гумите са предназначени за използване по пътища без настилка, а се използват по пътища с добра твърда настилка, протекторът им се износва бързо поради високото специфичното съпротивление на пътната настилка. Използване на зимни гуми през лятото, също води до ускореното им износване.

**Нередовната проверка на гумите, ненавременната поддръжка и ремонт, нарушаването на правилата за монтаж и демонтаж**, намаляват техния експлоатационен живот. Неквалифицираните дейности по поддръжка, монтажът им без специално оборудване и инструменти може да доведе до повреда на гумите, до пълната им непригодност за по-нататъшна употреба и увеличава риска от авария на пътя.

**Реглаж колелата и баланс на гумите** - внимателното регулиране на колелата и балансиране на гумите е предназначено да им осигури възможно най-дълъг живот.

**Проблеми в работата на амортизаторите** – нарушава се равномерното разпределение на натоварването между колелата на автомобила. На места се наблюдава по-висока степен на повърхностно износване. Това е особено забележимо при движение по неравна повърхност, за което са предназначени амортизатори [2].

**Неправилното съхранение на гумите** също скъсява експлоатационния им живот.

### **3. ИЗСЛЕДВАНИЯ, ПОСВЕТЕНИ НА ИЗНОСВАНЕТО НА АВТОМОБИЛНИТЕ ГУМИ И ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ ПРОЦЕСА**

Гумите са елементи на превозното средство, които носят неговият товар и този на пътниците, осигуряват сцепление и добро управление, като едновременно с това абсорбират промените в пътната настилка, за да подобрят качеството на возене.

Износването на протектора на гумата е сложен физико-химичен процес, който се предизвиква от силите на триене между протектора и настилка. Частиците от износване на гумите и тези от износване на пътната настилка са неразривно свързани. Въпреки това авторите в [4] смятат, че износването на гумите и износването на пътната настилка трябва да се третира като отделни източници на частици. Според тях износването на гумата е в резултат на два механизма: основен – срязване на повърхностите на гумите при относителното им движение спрямо пътната настилка, както и от задействане на спирачките и вторичен - изпаряване на материал от повърхностите при високи температури, развити по време на контакта гума-пътна настилка. Тъй като действителната степен на износване на протектора зависи от значителен брой фактори, в [4] е направен анализ на дела на влияние на най-важните, според авторите.

В [5] изследователите симулират ефектите от условията на шофиране в „град“ и по „магистрала“. **Установено е, че градското шофиране представлява 63% от износването на гумите, въпреки че е само 5% от изминатото разстояние.**

В [6] е изучен процесът, в зависимост от различните видове задвижване (предно и задно). Съобщава се, че **предните гуми на превозно средство с предно задвижване представляват 69–85 % от общото износване на гумите на превозното средство.**

В [7] е създаден модел на автомобилната гума. Авторите предлагат и валидират подход за моделиране на надеждност ѝ при напълно различни сценарии на използване. За целта те са избрали пет набора от данни, събрани за различни видове и категории превозни средства, уникални по отношение на условията им на работа.

В други публикации [8, 9] се търси връзката между вида триене (адхезионно и хистерезисно) и износването на гумите. Изследователите смятат, че търкалянето и абразията са свързани с адхезионното триене, докато износването от умора е свързано с хистерезисното триене. Някои автори, в своите изследвания [10, 11], потвърждават, че абразията може дори да не се различи от износването (често думите „износване“ и „абразия“ се използват алтернативно), тъй като абразията обикновено е най-доминиращият начин на износване на гумата, обхващаш всички механизми на износване. Абразивните процеси по-подробно са изследвани в [12]. Други изследователи [13], в своя подход не правят разлика между адхезионния и хистерезисния принос, тъй като силите, отговорни за механизмите на генериране на триене, се разглеждат общо като вход на модела, който създават.

Последните години, изследванията се насочват към все по-често възприеманите и увеличаващи се в потока автомобили - електрически и хибридни системи за задвижване. От една страна са очакванията тяхната употреба да въздействат по отношение на намаляване на директните емисии, свързани с двигателя. Но от друга, те трябва да бъдат посочени като увеличен източник на замърсявания, различни от отработените газове, като напр. износване на гумите. **Изпитванията показват, че износването на гумите на тези автомобили е много по-интензивно, основно поради значително по-голямата им маса [14, 15], което означава, че тяхното влияние върху част от последствията, свързани с износването не трябва да се пренебрегва.**

Тези факти мотивират, изследователи и производители да работят за създаване на нови материали за автомобилни гуми. Съществуват множество публикации [13, 16, 17, 18, 19] посветени на изследвания и разработване на материали, които да гарантират

по-добра устойчивост, по-малко износване и по-малко замърсяване, без това да повлиява на сигурността и комфорта при пътуване.

Благодарение на въвеждането на ефективни технологии за контрол на емисиите от отработените газове последните години те непрекъснато намаляват. Вниманието се измества към други източници на частици свързани с трафика. Такива са генерираните от износване на спирачките, както и частиците, в резултат на взаимодействието между гумите и пътната повърхност. Загрижеността и вниманието към тези източниците е напълно оправдано, тъй като техният дял съвсем не е малък и непрекъснато нараства.

**В проведено изследване [20] през 2020 г. опитно е установено и се съобщава, че емисиите на прахови частици от превозните средства, различни от отработените газове, които се отделят в атмосферата, са шест пъти (86 %) повече от емисиите на отработените газове (14%), в резултат на работата на двигателя на превозното средство.**

В немалко случаи изследователите имат противоречиви мнения за дела на частиците, различни от изгорелите газове, в общия сбор от прахови частици. Техните докладвания се различават поради разликите в експерименталната постановка и начините за измерване на частиците. **Но делът на изследователите, които смятат, че праховите частици от износването и най-вече на автомобилните гуми, са основен източник на градски прах в последните години, се е увеличил значително.**

В допълнение, поради икономически и екологични последици, емисиите на частици от износване попадат все повече във фокуса на законодателните институции. Ето защо авторите са на мнение, че изучаването на последиците от износването на гумите е и ще става все по-актуален въпрос.

#### **4. КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ИЗНОСВАНЕ НА АВТОМОБИЛНИТЕ ГУМИ**

Независимо от вида и причините за износването на гумите процесът води след себе си негативни последици в няколко направления. Автомобилите са основна, незаменима част от съвременния ни, забързан живот. Като отчетем и въвеждането в експлоатация на електрическите автомобили, чийто брой по пътищата се увеличава всяка година, актуалността му безспорна.

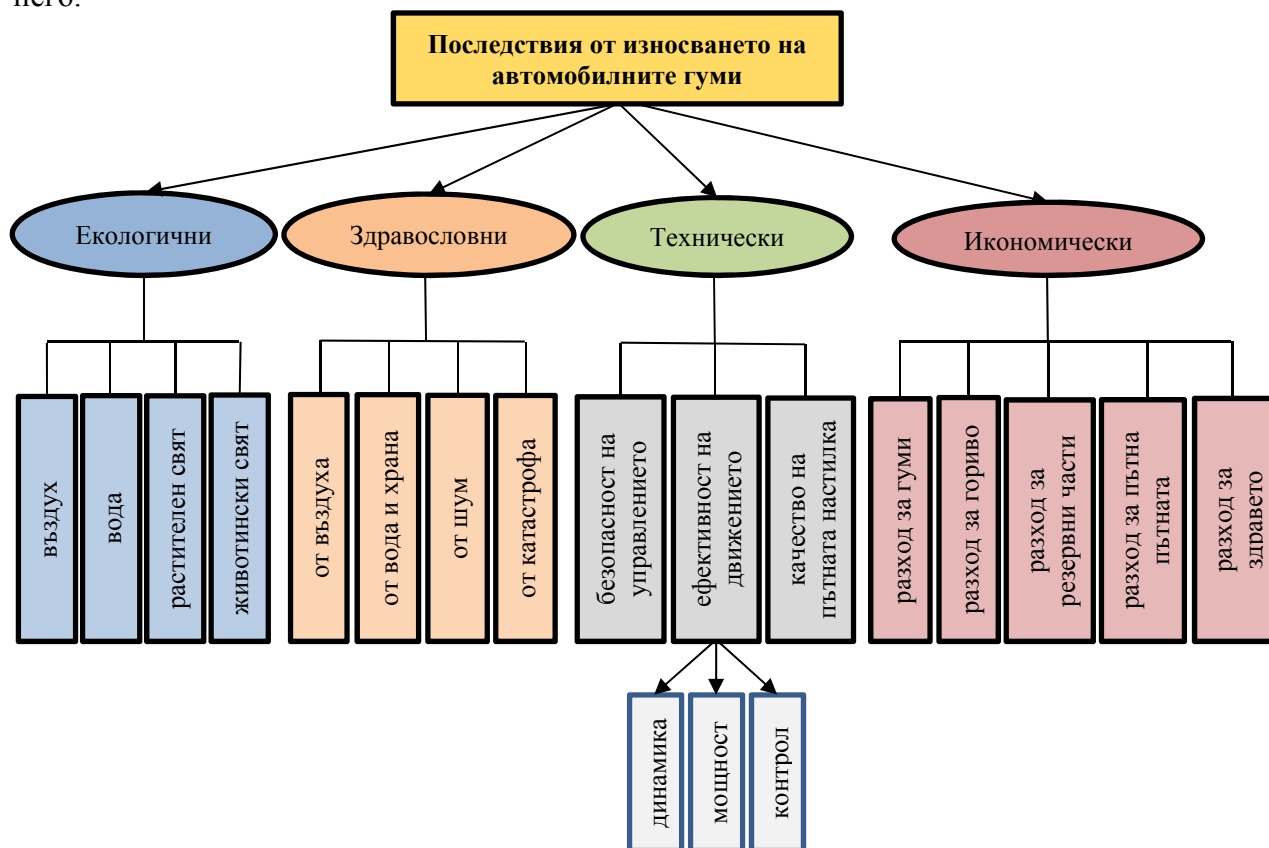
Литературното проучване и анализът на износването на автомобилните гуми и последициите от него дават основание да се разработи *класификация на последициите от износване на автомобилните гуми* (фиг. 2). В предложената от авторите, последициите са групирани по четири признака, които обхващат различни техни особености. От анализа на причините и последициите, могат да се извлекат редица изводи, някои от тях са:

- ✓ Износването оказва негативен ефект на всички последици от него;
- ✓ В зависимост от степента на износване влиянието е различно – например, върху безопасността на движение до момента, в който грайфера на гумата е в допустимите граници, отражението е незначително, но последиците върху екологията и здравето на човека започва в момента, в който започне и износването;
- ✓ Някои от последициите, като екологични и здравословни са тясно свързани;
- ✓ Гумите обикновено се износват поради триенето между тях и пътната настилка;
- ✓ Минимизирането на износването може да намали емисиите на прахови частици;
- ✓ Степента на износване на протектора на гумата може да се използва като индикатор за емисиите на прахови частици от гумите. Гумите, които се износват бързо,

произвеждат по-високи емисии на прахови частици от тези, с по-голяма устойчивост срещу износване.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създадена е класификация на последствията от износването на автомобилните гуми, даваща визуална и систематизирана информация за тях. Авторите се надяват тя да даде по-ясна представа за значимостта му и въздействието, което то оказва в различни аспекти. Класификацията би могла да подпомогне изучаването, разбирането, оценяване на важността на процеса, съпътстващ използването на превозните средства, както и планирането и осъществяването на мерки, за намаляване на негативните последствия от него.



Фиг. 2. Класификация на последствията от износване на автомобилните гуми

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <http://avtogumi-varna.com/info/>
- [2] <https://www.shinservice.ru/info/tires/iznos-shin/>
- [3] <https://avilon.ru/articles/kak-opredelit-iznos-shin/>
- [4] Ntziachristos L., Boulter P., Road vehicle tyre and brake wear, Road surface wear, EMEP/EEA emission inventory, Guidebook 2013.
- [5] Stalnaker D.; Turner J.; Parekh D.; B. Whittle; R. Norton, Indoor Simulation of Tire Wear: Some Case Studies, Tire Science and Technology (1996) 24 (2): 94–118, <https://doi.org/10.2346/1.2137517>.
- [6] Luhana L., Sokhi Ranjeet, Warner L., Mao H., Boulter Paul, McCrae I., Wright J., Osborn D., (2004). Measurement of non-exhaust particulate matter. Eur. Comm. 1-103.
- [7] Sakhnevych A., Genovese A., Tyre wear model: A fusion of rubber viscoelasticity, road roughness, and thermodynamic state, Published by Elsevier B.V., Wear 542-543 (2024) 205291, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2024.205291>

- [8] Moore D., Friction and wear in rubbers and tyres, *Wear* 61 (2) (1980) 273–282.
- [9] Schallamach A., How does rubber slide? *Wear* 17 (4) (1971) 301–312.
- [10] Nguyen V. Etc., An advanced abrasion model for tire wear, *Wear* 396 (2018) 75–85.
- [11] Muhr A., Roberts A., Rubber abrasion and wear, *Wear* 158 (1–2) (1992) 213–228.
- [12] Runge S. etc., Transient abrasion on a rubber sample due to highly dynamic contact conditions, *Wear* 477 (2021) 203848.
- [13] Popov V., Heß M., Willert E., *Handbook of Contact Mechanics: Exact Solutions of Axisymmetric Contact Problems*, Springer, 2019, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-58709-6>
- [14] Wik A., Dave G., Occurrence and effects of tire wear particles in the environment—a critical review and an initial risk assessment, *Environ. Pollut.* 157 (1) (2009) 1–11.
- [15] Webster B., Tyres of electric cars add to air pollution, experts warn, *The Times* 7 (2020)
- [16] Myshkin N. etc., Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear, and mass-transfer, *Tribol. Int.* 38 (11–12) (2005) 910–921.
- [17] Lorenz B. etc., Rubber friction or tire tread compound on road surfaces, *J. Phys.: Condens. Matter* 25 (9) (2013) 095007.
- [18] Lang A., Klüppel M., Influences of temperature and load on the dry friction behaviour of tire tread compounds in contact with rough granite, *Wear* 380 (2017) 15–25.
- [19] Sang-Hee Woo etc., Effect of treadwear grade on the generation of tire PM emissions in laboratory and real-world driving conditions, Elsevier, *Science of the Total Environment* 838 (2022) 156548, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156548>.
- [20] Singh V. etc., High resolution vehicular PM10 emissions over megacity Delhi: relative contributions of exhaust and non-exhaust sources. *Sci. Total Environ.* 699, 2020, 134273

## **CAR TIRE WEAR - CAUSES AND CLASSIFICATION OF CONSEQUENCES**

**Blagoyka Paleva-Kadiyska, Petya Stefanova**  
[bip-kadiyska@vtu.bg](mailto:bip-kadiyska@vtu.bg), [p\\_stefanova@vtu.bg](mailto:p_stefanova@vtu.bg)  
 ORCID: 0000-0002-8514-4542

*Todor Kableshkov University of Transport*  
*Sofia, 158 Geo Milev Str.*  
**THE REPUBLIC OF BULGARIA**

**Key words:** *car tire, wear, consequences, classification*

**Abstract:** *The operation of vehicles is inevitably accompanied by wear and tear of their elements and units. Car tires provide contact between vehicles and road surfaces. The main material of the modern tire is a complex rubber compound, and its structure is complex, aiming to cover a number of indicators. To a large extent, the efficiency and safety of road transport depends on the rate of the car tire wear. An extensive literature survey of research related to their wear and searching for new materials to reduce the process was conducted and its results were systematized. An analysis of the main causes of grapple wear and its impact on vehicle operation was made. A classification of the consequences of car tire wear has been created, giving visual and systematized information about them. The classification imposes some conclusions, the most important of which are summarized and noted. The authors hope that the classification will give a clearer idea of the importance of wear and its impact on different aspects. It could support the study, understanding, and evaluation of the importance of the process accompanying the use of vehicles, as well as the planning and implementation of measures to reduce its negative consequences.*