DOI: 10.65322/j.srd.03172026.04

SHAHAR TRANSPORT OQIMIDAGI TO‘XTAB-HARAKATLANISH REJIMINING TORMOZ TIZIMLARI YEYILISHIGA VA ATROF-MUHITGA TA’SIRI

Masodiqov Jahongirmirza Xasanboy o‘g‘li, *assistent,*
E-mail: jmasodiqov@gmail.com.
Farg‘ona davlat texnika universiteti,

Annotatsiya. *Bugungi kunda avtomobillarning ekologik xavfsizligini baholashda asosiy e’tibor dvigateldan chiqayotgan gazlarga qaratilmoqda. Biroq, so‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki transport vositalaridan ajraladigan zararli moddalarning ma’lum bir qismi gazsimon bo‘lmagan manbalardan ya’ni tormoz tizimlari yeyilishidan hosil bo‘ladi. Shahar markazlarida tirbandliklar ortishi natijasida “to‘xtab-harakatlanish” rejimi tez-tez kuzatilmoqda, bu esa tormoz tizimiga tushadigan yuklamani bir necha barobar oshiradi. Bu esa avtomobillarning dvigatelidan chiqadigan zararli moddalardan boshqa zararli zarrachalarni ham hisobga olish muhimligini ko‘rsatadi.*

Аннотация. *На сегодняшний день при оценке экологической безопасности автомобилей основное внимание уделяется выхлопным газам двигателя. Однако последние исследования показывают, что определенная часть вредных веществ, выделяемых транспортными средствами, образуется из негазообразных источников, то есть из-за износа тормозных систем. В результате роста пробок в центрах городов часто наблюдается режим "стоп-движение," что в несколько раз увеличивает нагрузку на тормозную систему. Это показывает, что помимо вредных веществ, выделяемых двигателями автомобилей, важно учитывать и другие вредные частицы.*

Abstract. *Today, when assessing the environmental safety of vehicles, primary attention is paid to engine exhaust gases. However, recent studies show that a certain portion of harmful substances emitted by vehicles originates from non-gas sources, specifically from the wear and tear of braking systems. As a result of increased traffic congestion in city centers, a "stop-and-go" mode is frequently observed, which significantly increases the load on the braking system. This indicates the importance of accounting for harmful particles other than harmful substances emitted by car engines.*

Kalit so‘zlar: *avtomobil, tormoz tizimi, atrof-muhit, zararli zarrachalar, yeyilish, tirbandlik, avtomobil tezligi, to‘xtab-harakatlanish, ekologiya.*

Ключевые слова: *автомобиль, тормозная система, окружающая среда, вредные частицы, износ, пробки, скорость автомобиля, стоянка, экология.*

Keywords: *car, braking system, environment, harmful particles, wear, traffic, car speed, parking, ecology.*

Kirish. Ta’kidlash joizki, tormozlanish jarayonida hosil bo‘ladigan zarralarning 50-70% gacha miqdori bevosita atmosfera havosi tarkibiga o‘tadi, ularning tarkibida temir, mis, rux, xrom va boshqa og‘ir metallar mavjud bo‘lib inson salomatligiga o‘ta xavfli hisoblanadi. Shu sababli, Yevro-7 standarlaridan boshlab tormoz tizimi va shinalardan ajraladigan zarralarni me’yorlash tizimini joriy etish rejalashtirilgan. Avtomobillarning ekspluatatsiya jarayonidagi ekologik ta’sirini, ayniqsa tormozlanish rejimidagi zarrachalarni baholash va ularni kamaytirish usullarini takomillashtirish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. Atmosferaga chiqarilayotgan jami zararli zarrachalarning 58 foizi (1,4 mln tonna) avtomobillar ulushiga to‘g‘ri kelishi bu sohada kechiktirib bo‘lmas choralarni ko‘rishni talab etadi. Shahar sharoitida transport oqimining noto‘g‘ri tashkil etilishi natijasida yuzaga keladigan ko‘p sonli to‘xtashlar va tormozlanish sikllari ekologik vaziyatni yanada og‘irlashtirmoqda. Tormozlanish jarayonida hosil bo‘ladigan metall elementli

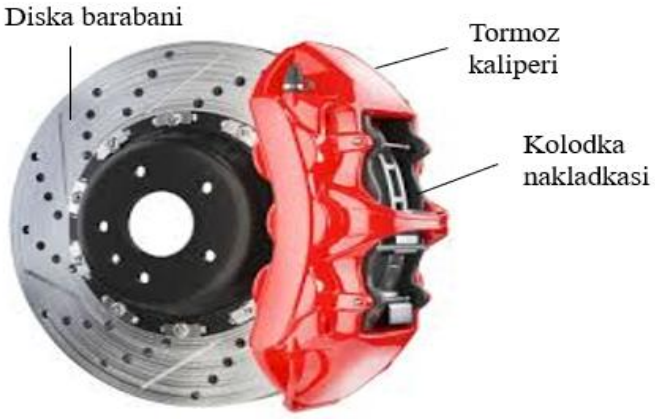
DOI: 10.65322/j.srd.03172026.04

zarralarning yo‘l chetidagi binolarda va havo qatlamida to‘planishi aholining nafas olish tizimi kasalliklarini keltirib chiqaruvchi asosiy omillardan biri bo‘lib xizmat qiladi.

Materiallar va metodlar. Tormozlanish ayniqsa shahar sharoitida, avtomobillar bilan bog‘liq bo‘lgan va dvigatellardan chiqadigan zararli moddalar tarkibiga kirmaydigan zarrachalarning asosiy manbasi hisoblanadi. Tormoz tizimlarining yeyilishi avtomobil dvigatellari bilan bog‘liq ushbu turdagi zararli moddalarning massa jihatidan taxminan 16-55 % ni tashkil etishi aniqlangan. Shu bilan birga tormoz berish holatlari nisbatan kamroq uchraydigan avtomagistrallarda bu ko‘rsatkichning kichikroq ulushi ya’ni 3% qayd etilgan [1]

Avtomobil tormoz tizimlari yeyilishidan hosil bo‘ladigan (PM) zarrachalar miqdori nafaqat hududiy joylashuvga, balki avtomobillarning ekspluatatsiya sharoitlari va material xususiyatlariga ham bog‘liq bo‘lgan murakkab ko‘rsatkichdir. Zamonaviy yengil avtomobillarning old g‘ildiraklari, shuningdek ko‘p hollarda orqa g‘ildiraklari ham disk tormozlari bilan jihozlanmoqda. Disk tormoz tizimining asosiy vazifasi transport vositasining kinetik energiyasini ishqalanish natijasida issiqlik energiyasiga aylantirib, avtomobilni sekinlashtirishdan iborat [2]. Tormoz diski (rotor) g‘ildirakka qattiq biriktirilgan bo‘lib, u bilan birga aylanadi, tormoz kolodkalari esa shassiga o‘rnatilgan kaliper ichida joylashadi. Tormozlash jarayonida gidravlik bosim ta’sirida piston kolodkalarni rotor yuzasiga siqadi, natijada hosil bo‘lgan ishqalanish kuchi tormoz momentini yuzaga keltiradi va avtomobilning sekinlashishi ta’minlanadi. Ko‘rib chiqilayotgan disk tormoz yig‘indisi shamollatiladigan rotor, bir porshenli qo‘zg‘aluvchan support va ikkita tormoz kolodkasidan iborat.

Tormozlash jarayonida jismoniy va kimyoviy xususiyatlar va ichki tribologik o‘zaro ta’sirlar bunday chiqindilar miqdorini aniqlaydi. Tormoz kolodkalari va tormoz diski ishqalanishi natijasida chiqadigan zarrachalarini materiallar bo‘yicha uch turga bo‘lish mumkin: past metall, yarim metall va asbest bo‘lmagan organik.



1-rasm. Diskli tormoz mexanizmining grafik tasviri

Avval tormoz kolodkalari ishlab chiqarishda asbest tolalaridan keng foydalanilgan bo‘lsada, ularning inson salomatligi uchun xavfliligi sababli bugungi kunda asbestsiz materiallarga o‘tilgan. Jumladan, tarkibida 10 foizdan 30 foizgacha metall massasiga ega bo‘lgan kam metalli ishqalanish elementlari yuqori termik yuklamalarda samarali tormozlashni ta’minlaydi. Bundan farqli o‘laroq, yarimmetall tormoz ustquymalar tarkibiagi metall ulushi 65 foizgacha yetishi mumkin, bu esa ularning eksplatatsion chidamliligini va issiqlikni tarqatish qobiliyatini oshiradi. Biroq, bunday tarkibi tormoz diskalarining yeyilishiga va ish jarayonida shovqin darajasining ortishiga olib keladi. Metall zarralar havodagi qoldiqlarida eng yuqori nisbatda topilgan. Yarim metall ishqalanish materiallaridagi temir yostiqchalardagi temir kukunlari va po‘lat jundan kelib chiqishi aniqlandi, astarlar umumiy eskirishning 90% ni tashkil qiladi [3].

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.04

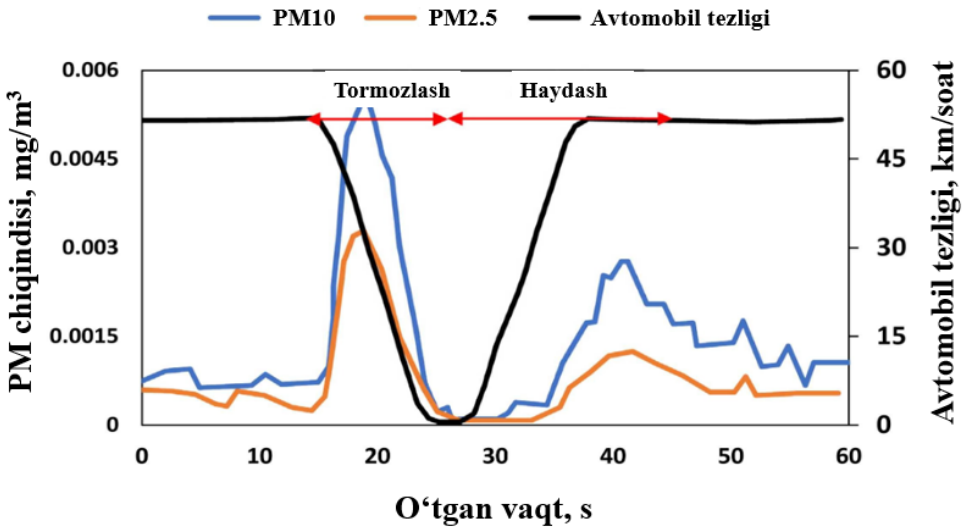
1-jadval

Tormoz kolodka materialining kimyoviy tarkibi

№	Metal turi	Zichlik, g/sm^3	Massa bo‘yicha ulushi, %
1	Kremniy karbid (bog‘lovchi komponent)	3,2	15
2	Bariy sulfat (to‘ldiruvchi modda, $BaSO_4$)	4,5	12
3	Sintetik grafit	2.32	8
4	Alyuminiy oksidi (Al_2O_3)	3,95	11
5	Rux (Zn)	7,14	9
6	Koks	1,50	8
7	Mis (Cu)	5,7	19
8	Temir (Fe)	7,87	18
9	Jami	-	100

Avtomobil tormozlari mexanik ishqalanishdan tashqari yuqori issiqlik hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Diskli tormoz tizimlari avtomobil g‘ildiraklarining aylanish harakatini cheklash uchun tormoz diski va tormoz kolodkalari orasidagi ishqalanishdan foydalanadi.

Yo‘llardan to‘plangan zarrachalarning (PM_{10}) ning mikroskopik xususiyatlari va kimyoviy xossalarini baholash asosida Fe PM hosil bo‘lish sabablarini tushuntiruvchi modelni taklif qiladi. Odatda, havodagi tormoz tizimidan chiqadigan zarrachalar avtomobilning sekinlashishi va tezlashish davrida hosil bo‘ladi, lekin zarrachalarning ko‘p qismi tezlashtirish vaqtida chiqariladi. Bu tormoz yuzasida ishqalanish natijasida zarrachalari sekinlashish va tezlashish jarayonida ajralib chiqganligini anglatadi. Shuningdek, bunday modifikatsiyalangan tormoz materiallari og‘ir yuk ostida ham barqaror tribologik xulq ko‘rsatib, avtomobilning tormoz yo‘lini keskin yaxshilashi va xavfsizlik darajasini oshirishi mumkin (2-rasm).



2-rasm. Tormozlash va harakatlanish jarayonida PM_{10}, $PM_{2.5}$ chiqindilari hamda avtomobil tezligining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi

Avtomobillarning tormoz tizimi elementlari tarkibida asosan Fe (temir), Cu (mis), Zn (rux) va Pb (qo‘rg‘oshin) kabi metallardan foydalaniladi. Xususan, tormoz mexanizmlarining ishqalanish yuzalarida Fe (temir) massa ulushi qoplama turiga qarab 60% gacha bo‘lishi mumkin [4]. Shuningdek, tormoz ustquymalari tarkibida K (kaliy), Ti (titan) va Pn (qo‘rg‘oshin) elementlarining yig‘indisi umumiy og‘irlining 12% qismini tashkil qiladi. Zamonaviy friksion

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.04

materiallar ishlab chiqarishda ularning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilash maqsadida Ba, Mg, Mn, Ni, Sn, Cd, Cr, Ti, K va Sb kabi metallar mikro qo‘shimcha sifatida (miqdori 0,1% gacha) kiritiladi.

Tormoz tizimi elementlarining yeyilish natijasida hosil bo‘ladigan zararli zarrachalar asosan shahar sharoitida, ayniqsa chorrahalar va tirbandlik hududlarida yuqori ahamiyatga ega hisoblanadi. Olib borilgan ilmiy izlanishlarda tormoz kolodkalari va diskalarning ishqalanishi jarayonida ajralib chiqadigan zarrachalar laboratoriya tormoz sinov stendlarida o‘rganilgan. Ushbu sinovlarda zarrachalar filtrlar yordamida yig‘ilib, ularning massasi va Kimyoviy tarkibi aniqlangan. Tadqiqotlar natijasiga ko‘ra hosil bo‘ladigan PM tarkibida (Fe), mis (Cu) va bariy (Ba) kabi metall elementlar ulushi aniqlangan hamda qiymati 0.005-0.015 g/km oralig‘ida bo‘lib, shahar sharoiti uchun o‘rtacha qiymat sifatida 0.01 g/km qabul qilingan [5].

Tormoz tizimlari yeyilishidan hosil bo‘ladigan qattiq zarrachalar miqdori quyidagi formula orqali aniqlanadi:

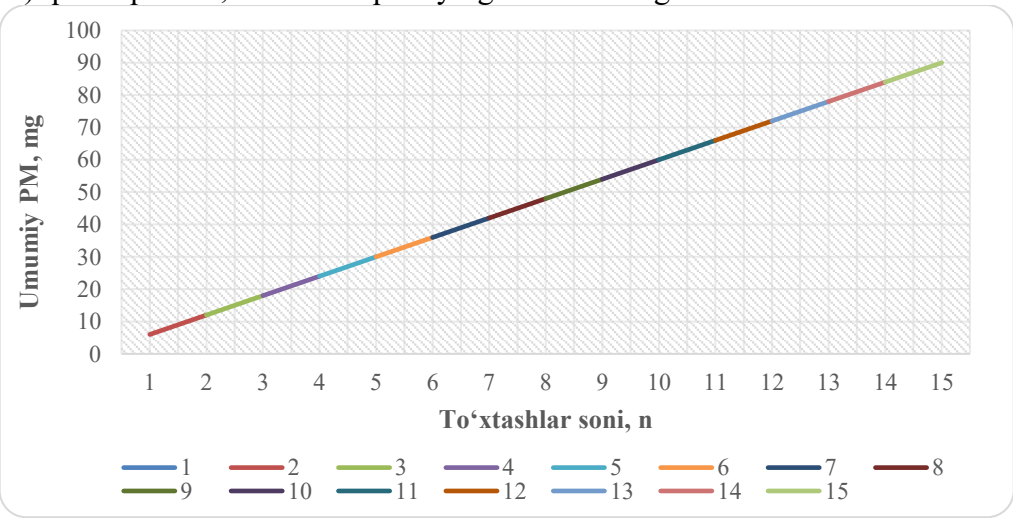
$$M_{tormoz} = M_{norma,tormoz} \cdot (1 + k_b)$$

bu yerda M_{tormoz} – hisoblanayotgan sharoitdagi tormoz yeyilishidan hosil bo‘ladigan PM miqdori, g/km; $M_{norma,tormoz}$ – normal (bazaviy) sharoitdagi tormoz PM emissiyasi, g/km; k_b – tormozlanish intensivligi harakat rejimining ta’sirini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsiyenti.

Shahar sharoitida harakatlanishda svetoforlar yoki tirbandliklar tufayli to‘xtashlar sonining ko‘pligini inobatga olgan holda, 10 km masofadagi tormoz ustquymasining yeyilishi quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$M_{tormoz} = M^{10}_{tormoz}(1 + aN)$$

bu yerda: M^{10}_{tormoz} – avtomobilning 10 km masofada tormozlashlarsiz tekis harakati davomida bazaviy yeyilish miqdori; a – bir marta toxtashning yeyilish miqdoriga ta’rir etuvchi koeffitsient (0,04 g/km) qabul qilinadi; N – tahlil qilinayotgan masofadagi to‘xtashlar soni.



3-rasm. Transport vositalarining tormoz tizimlaridan atrof-muhitga chiqadigan PM qattiq zarrachalar emissiyasi ortishining to‘xtab-harakatlanish jarayoniga bog‘liqligi

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.04

To‘xtab-xarakatlanish rejimda transport vositalari tezlanish, sekinlashish, to‘xtash va qayta harakatlanish sikllarini takroriy bajaradi. Natijada dvigatel zararli moddalari bo‘lmagan, PM (particulate matter) – ya’ni tormoz tizimlari, shinalar va yo‘l qoplamasi yeyilishi natijasida hosil bo‘ladigan mayda zarrachalar miqdori ham sezilarli darajada ortadi.

To‘xtab-harakatlanish va tez-tez tormozlash PM emissiyasining eng muhim determinanti hisoblanadi. Chorrahalarda oqimni silliqlashtirish, adaptiv boshqaruv, past yeyiluvchan materiallar va haydash madaniyatini yaxshilash orqali $PM_{2.5}$ va PM_{10} miqdorini sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Ilmiy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, to‘xtab-harakatlanish rejimida transport vositalarining o‘rtacha tezligi pasaygani sari zarrachalar intensivligi ortadi, chunki barqaror kinetik rejim buziladi va energiya ko‘proq issiqlikka hamda ishqalanishga sarflanadi. Bu esa tormoz tizimi, shinalar va yo‘l yuzasining tezroq yeyilishiga olib keladi. Ayniqsa og‘ir yuk transporti ulushi yuqori bo‘lgan magistral chorrahalarda PM tarkibidagi temir (Fe), mis (Cu), rux (Zn), bariy (Ba) kabi elementlar konsentratsiyasi oshishi kuzatiladi [6]. Mazkur elementlar ko‘pincha tormoz materiallari tarkibidan kelib chiqadi va ekologik monitoring natijalarida kimyoviy marker sifatida qo‘llanadi. Tormoz tizimlari yeyilishidan atrof-muhitga chiqadigan zarrachalar o‘lchami nafas olish yo‘llarida zarrachalarning to‘planishiga ta’sir qiluvchi muhim omil ekanligini ko‘rsatuvchi ko‘plab tadqiqotlar mavjud. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, havodagi qattiq zarrachalardan (PM) nafas olish inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bunday ta’sirlar natijasida nafas olish va yurak-qon tomir kasalliklari (astmaning og‘irlashishi, respirator simptomlar, kasalxonaga yotqizish holatlarining ko‘payishi), shuningdek, o‘pka saratoni oqibatidagi o'lim holatlarini keltirib chiqarishi mumkin.

Xulosa. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, avtotransport vositalari tormoz tizimlarining yeyilishi nafaqat iqtisodiy zarar, balki atrof-muhitning mayda qattiq zarrachalar (PM) bilan ifloslanishining asosiy manbalaridan biri hisoblanadi. Tormoz tizimlarining yeyilishini matematik va eksperimental usullar bilan aniqlash, transport vositasining to‘xtab-harakatlanish harakat rejimlarini optimallashtirish orqali ekologik yuklamani kamaytirish imkonini beradi. Avtomobillarning tormoz tizimlari yeyilishidan chiqadigan zarrachalar miqdori harakatlanish rejimiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq bo‘lib, shahar sharoitida to‘xtab-harakatlanish rejimida bu ko‘rsatkich yuqori darajaga yetadi. Shahar sharoitida ekologik yuklamani kamaytirish uchun “Yashil to‘lqin” tizimini joriy etish orqali to‘xtashlar sonini kamaytirish, nafaqat yoqilg‘i tejamkorligini, balki tormoz tizimlari yeyilishini ham qisqartirish imkonini beradi.

Foydalangan adabiyotlar

1. Abu-Allaban, M., Gillies, J. A., Gertler, A. W., Clayton, R., & Proffitt, D. (2003). Tailpipe, resuspended road dust, and brake-wear emission factors from on-road vehicles. Atmospheric environment, 37(37), 5283-5293.

1. Masodiqov J.X. Shahar markazlarida avtotransport vositalari oqimi zich bo‘lgan vaqtlarda ularni ekologiyaga salbiy ta’sirini aniqlash // Farg‘ona davlat texnika universiteti ilmiy texnika jurnali 2025 yil №6 ISSN 2181-7200 169-172 b.

2. NAEI (2012). Road transport emission factors from 2010 NAEI. http://naei.defra.gov.uk/datawarehouse/3_9_323_136259_roadtransportefs_naei10_v2.xls

3. ETRMA (2014). Evaluation of airborne tyre and road wear particles (TRWP). Presentation to UNECE PMP IWG, 7-10 January 2014, Geneva, Switzerland

4. Eriksson, M., Bergman, F., Jacobson, S. (2002). On the nature of tribological contact in automotive brakes. Wear 252:26-36

5. Karimova K.G‘. O‘zbekiston sharoitida yo‘l changi va zarralarini tadqiqi etish // Zamonaviy tadqiqotlar, innovatsiyalar, texnika va texnologiyalarning dolzarb muammolari va rivojlanish tendensiyalari‖ ilmiy amaliy anjuman Jizzax politexnika instituti 2020 yil 30 may

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.04

6. Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K. and Thurston, G.D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. The Journal of the American Medical Association 287:1132–1141