UDK 629.3.018:504.3.054

YO'L, IQLIM VA HARAKAT REJIMI OMILLARINING (QIYALIK, HARORAT, TIRBANDLIK) DIZEL EMISSIYASIGA TA'SIRINI BAHOLASH

Kodirov Islomjon Yunusjon o'g'li[1]
[1]*Shinhan universiteti magistranti, Janubiy Koea*
E-mail: islomkodir877@gmail.com

Annotatsiya. Tezisda real harakat sharoitida dizel avtomobillarining NOx emissiyasiga yo'l qiyaligi, havo harorati va harakat rejimi (tirbandlik) ta'sirini birgalikda baholovchi multiplikativ model taklif etilgan. Model koeffitsientlari PEMS va masofaviy zondlash tadqiqotlari natijalariga tayangan holda aniqlandi va Toshkent sharoitiga mos 16 km lik shartli marshrutda qo'llanildi. Tirbandlik (60 dan 12 km/soat gacha) NOx ni 156 % ga, 4 % li qiyalik 80 % ga, haroratning +25 °C dan −2 °C gacha pasayishi 44 % ga oshirishi ko'rsatildi. Qish mavsumida marshrut bo'yicha o'rtacha emissiya yozdagiga nisbatan 44 % yuqori bo'ladi.

Kalit so'zlar: dizel avtomobili, NOx, real harakat emissiyasi, yo'l qiyaligi, havo harorati, tirbandlik, PEMS.

Аннотация. В статье предложена мультипликативная модель совместной оценки влияния уклона дороги, температуры воздуха и режима движения (заторов) на выбросы NOx дизельных автомобилей в реальных условиях эксплуатации. Коэффициенты модели определены на основе результатов исследований PEMS и дистанционного зондирования и применены к условному маршруту длиной 16 км, соответствующему условиям Ташкента. Показано, что затор (снижение скорости с 60 до 12 км/ч) увеличивает NOx на 156 %, уклон 4 % — на 80 %, снижение температуры с +25 до −2 °C — на 44 %. В зимний период средний выброс на маршруте на 44 % выше летнего.

Ключевые слова: дизельный автомобиль, NOx, реальные выбросы, уклон дороги, температура воздуха, затор, PEMS.

Abstract. The paper proposes a multiplicative model that jointly assesses the influence of road grade, ambient temperature and driving mode (congestion) on real-world NOx emissions of diesel vehicles. Model coefficients were derived from PEMS and remote sensing studies and applied to a conditional 16 km route representative of Tashkent. Congestion (speed drop from 60 to 12 km/h) increases NOx by 156 %, a 4 % grade by 80 %, and a temperature drop from +25 to −2 °C by 44 %. In winter the route-average emission is 44 % higher than in summer.

Keywords: diesel vehicle, NOx, real driving emissions, road grade, ambient temperature, congestion, PEMS.

1. Kirish

Dizel avtomobillarining ekologik ko‘rsatkichlari uzoq vaqt laboratoriya sikllari (NEDC, WLTP) orqali baholangan, biroq real harakatdagi emissiya bu natijalardan sezilarli farq qiladi [1, 2]. Shu sababli Yevropa Ittifoqida 2017 yildan real harakat emissiyasini (RDE) PEMS yordamida sinash majburiy qilingan [3]. RDE natijalari emissiya faqat avtomobil texnologiyasiga emas, balki tashqi sharoitga ham kuchli bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Yo‘l qiyaligi dvigatel yuklamasini oshiradi: Gallus va hammualliflar qiyalik 0 dan 5 % gacha ortganda NOx 85–115 % ga, CO_2 65–81 % ga oshishini aniqlagan [4]; shunga o‘xshash natijalar boshqa tadqiqotlarda ham olingan [5, 6]. Past havo harorati EGR va SCR tizimlari samaradorligini pasaytiradi, natijada dizel NOx emissiyasi keskin ortadi [7, 8]. Tirbandlik sharoitidagi to‘xtab-yurish harakati ham emissiyani erkin oqimga nisbatan ko‘paytiradi [9]. Biroq bu omillar odatda alohida o‘rganiladi, ularning birgalikdagi ta’siri va mahalliy sharoitga tatbiqi yetarlicha baholanmagan.

Toshkent shahri uchun bu masala dolzarb: qishda harorat 0 °C dan past tushadi, shahar markazida tirbandlik yuqori, atrof hududlarda esa qiyalikli uchastkalar mavjud. Tadqiqot maqsadi – yo‘l, iqlim va harakat rejimi omillarining dizel NOx emissiyasiga ta’sirini yagona model doirasida miqdoriy baholash.

2. Metodlar

Emissiyaning tashqi omillarga bog‘liqligi multiplikativ model ko‘rinishida ifodalandi:

$$E = E_0 \cdot f_g(g) \cdot f_T(T) \cdot f_v(v), \quad (1)$$

bu yerda E_0 – standart sharoitdagi (g = 0 %, T = 20–25 °C, v = 50 km/soat) bazaviy emissiya, g/km; f_g, f_T, f_v – mos ravishda qiyalik, harorat va tezlik tuzatish koeffitsientlari. Funksiyalar ko‘rinishi va parametrlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Tuzatish funksiyalari va ularning parametrlari

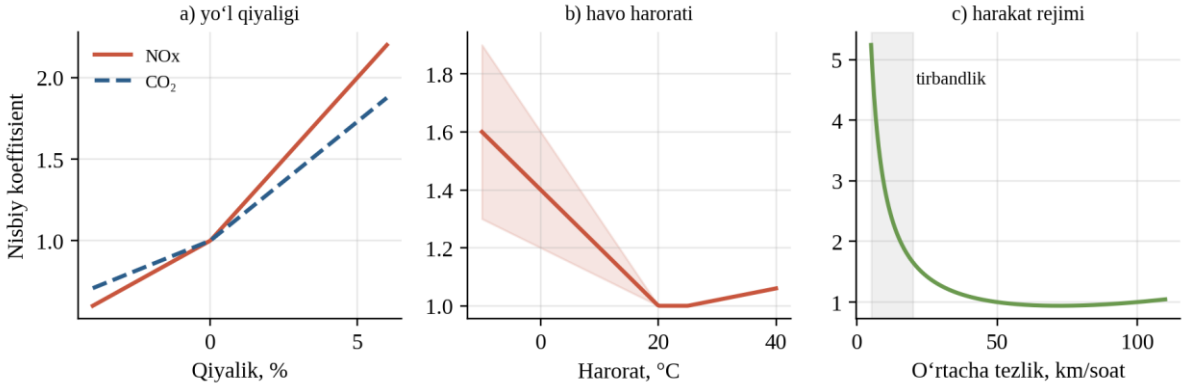
Omil	Funksiya	Parametr	Asos
Qiyalik g, %	$f_g = 1 + k_g \cdot g$ ($g \geq 0$) $f_g = \max(0{,}45;\ 1 + 0{,}5k_g \cdot g)$ ($g < 0$)	$k_g = 0{,}20$ (NOx) $k_g = 0{,}146$ (CO_2)	[4–6]
Harorat T, °C	$f_T = 1 + k_T \cdot \max(0;\ 20 - T) +$ $+ 0{,}004 \cdot \max(0;\ T - 25)$	$k_T = 0{,}02$ (0,01–0,03)	[7, 8, 11]
Tezlik v, km/soat	$f_v = (a/v + b + c \cdot v^2) / f_v(50)$	$a = 30$; $b = 0{,}55$; $c = 4 \cdot 10^{-5}$	[9, 10]

Qiyalik koeffitsienti Gallus va boshqalarning [4] 0–5 % oralig‘idagi natijalari o‘rtachasiga (5 % da +100 %) mos tanlandi; tushishda emissiya kamayishi ko‘tarilishdagi ortishdan ikki barobar kuchsiz deb qabul qilindi. Harorat funksiyasi 20 °C dan past haroratda chiziqli ortishni va issiq kunlarda konditsioner yuklamasi hisobiga kichik o‘sishni ifodalaydi. Tezlik funksiyasi emissiya omillarining U-simon bog‘liqligini aks

ettiradi [10]. Koeffitsientlar adabiyotdagi diapazonlarga asoslangan baholar bo‘lib, keyingi bosqichda PEMS/OBD o‘lchovlari bilan kalibrlanishi lozim. Model Toshkent sharoitiga mos besh uchastkali 16 km li shartli marshrutda yoz (+25 °C) va qish (−2 °C) holatlari uchun qo‘llanildi.

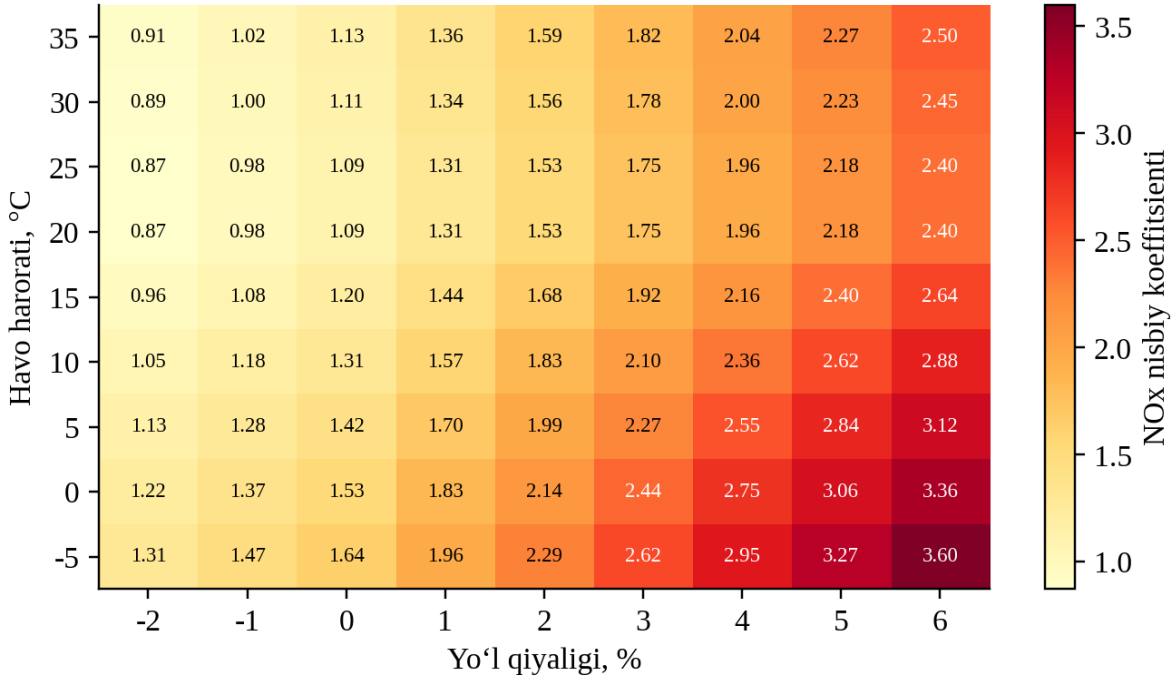
3. Natijalar

Har bir omilning alohida ta’siri 1-rasmda ko‘rsatilgan. Qiyalik 5 % ga yetganda NOx koeffitsienti 2,0 ga, −5 °C haroratda 1,5 ga, 10 km/soat tezlikda (kuchli tirbandlik) esa 2,84 ga teng bo‘ladi.



1-rasm. NOx emissiyasining nisbiy koeffitsientlari: a) qiyalik; b) harorat (soyali soha – k_T diapazoni); c) tezlik

Omillarning birgalikdagi ta’siri 2-rasmda keltirilgan (v = 40 km/soat). Koeffitsient 0,87 (tushish, iliq havo) dan 3,60 gacha (6 % ko‘tarilish, −5 °C) o‘zgaradi, ya’ni bir xil avtomobil uchun emissiya sharoitga qarab 4 barobardan ortiq farq qilishi mumkin.



2-rasm. Qiyalik va haroratning NOx emissiyasiga birgalikdagi ta'siri (v = 40 km/soat)

Marshrut tahlili shuni ko'rsatdiki, masofaning atigi 19 % ini tashkil etuvchi tirbandlik uchastkasi yozgi umumiy NOx emissiyasining 33 % ini, 9 % masofali ko'tarilish uchastkasi esa 14 % ini beradi. Omillar ta'sirining solishtirma baholari 3-rasmda keltirilgan.

2-jadval

Shartli marshrut uchastkalari bo'yicha NOx nisbiy koeffitsientlari

Uchastka	L, km	g, %	v, km/soat	Yoz (+25 °C)	Qish (−2 °C)
Magistral, erkin oqim	6,0	0	60	0,96	1,38
Shahar markazi, tirbandlik	3,0	0	12	2,44	3,52
Ko'tarilish uchastkasi	1,5	+4	35	2,10	3,02
Tushish uchastkasi	1,5	−4	45	0,62	0,90
Aylanma yo'l, o'rtacha oqim	4,0	+1	40	1,31	1,89
Marshrut bo'yicha o'rtacha	16,0	–	–	1,40	2,01

4. Muhokama

Natijalar shahar sharoitida harakat rejimi eng kuchli omil ekanini ko'rsatadi. Bu Choudhary va Gokhale [9] hamda Böhm va boshqalar [12] xulosalari bilan mos keladi: emissiyaning katta qismi kichik yo'l uchastkalari va tirbandlik davrlarida to'planadi. Demak, svetoforlarni muvofiqlashtirish va tirbandlikni kamaytirish chora-tadbirlari avtoparkni yangilashga qo'shimcha ravishda sezilarli ekologik samara beradi.

Harorat ta'siri Toshkent uchun mavsumiy xususiyatga ega. Qishki emissiyaning 44 % ga ortishi aynan temperatura inversiyalari va isitish mavsumi bilan bir vaqtga to'g'ri keladi, bu esa havo sifatining qishda yomonlashishini kuchaytiradi. Shu bilan birga, zamonaviy SCR tizimli og'ir yuk avtomobillarida past haroratning NOx ga ta'siri ancha kuchsizligi qayd etilgan [11], shuning uchun k_T koeffitsienti avtomobil toifasi va ekologik sinfiga qarab farqlanishi kerak.

Qiyalik ta'siri emissiya inventarizatsiyalarida ko'pincha e'tiborsiz qoldiriladi. Olingan natijalar raqamli relyef modeli va GPS ma'lumotlarini emissiya modellariga, jumladan sun'iy intellekt asosidagi bashorat modellariga kiritish zarurligini tasdiqlaydi. Tadqiqot cheklovi: koeffitsientlar xorijiy o'lchovlarga asoslangan va omillar o'zaro mustaqil deb qabul qilingan; ularning o'zaro ta'siri real o'lchovlar asosida tekshirilishi lozim.

5. Xulosa

Yo'l qiyaligi, havo harorati va harakat rejimining dizel transport vositalaridan ajraladigan NOx emissiyasiga birgalikdagi ta'sirini baholash uchun multiplikativ model taklif etildi. Modelning tipik parametr diapazonlarida tirbandlik emissiyani 156 foizga, yo'lning 4 foizli qiyaligi 80 foizga, havo haroratining +25 °C dan −2 °C gacha pasayishi esa 44 foizga oshirishi hisoblandi.

Toshkent sharoiti uchun tuzilgan shartli marshrutda qishki o'rtacha emissiya yozgi ko'rsatkichdan 44 foiz yuqori bo'ldi. Tirbandlik kuzatiladigan uchastkalar marshrut masofasining 19 foizini tashkil etsa-da, umumiy NOx emissiyasining 33 foizi aynan shu uchastkalarga to'g'ri keldi. Modelning amaliy aniqligini oshirish uchun uning koeffitsientlarini mahalliy PEMS va OBD o'lchovlari asosida kalibrlash hamda aniqlangan omillardan sun'iy intellekt modellarida kirish ma'lumotlari sifatida foydalanish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Fontaras G., Zacharof N.-G., Ciuffo B. Fuel consumption and CO2 emissions from passenger cars in Europe – laboratory versus real-world emissions // Progress in Energy and Combustion Science. – 2017. – Vol. 60. – P. 97–131.
2. O'Driscoll R., Stettler M.E.J., Molden N. et al. Real world CO2 and NOx emissions from 149 Euro 5 and 6 diesel, gasoline and hybrid passenger cars // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 621. – P. 282–290.
3. Commission Regulation (EU) 2017/1151 of 1 June 2017 supplementing Regulation (EC) No 715/2007 on type-approval of motor vehicles with respect to emissions // Official Journal of the European Union. – 2017. – L 175. – P. 1–643.
4. Gallus J., Kirchner U., Vogt R., Benter T. Impact of driving style and road grade on gaseous exhaust emissions of passenger vehicles measured by a Portable Emission Measurement System (PEMS) // Transportation Research Part D. – 2017. – Vol. 52. – P. 215–226. – DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.011.

5. Costagliola M.A., Costabile M., Prati M.V. Impact of road grade on real driving emissions from two Euro 5 diesel vehicles // Applied Energy. – 2018. – Vol. 231. – P. 586–593.
6. Prakash S., Bodisco T.A. An investigation into the effect of road gradient and driving style on NOx emissions from a diesel vehicle driven on urban roads // Transportation Research Part D. – 2019. – Vol. 72. – P. 220–231.
7. Suarez-Bertoa R., Astorga C. Impact of cold temperature on Euro 6 passenger car emissions // Environmental Pollution. – 2018. – Vol. 234. – P. 318–329.
8. Grange S.K., Farren N.J., Vaughan A.R. et al. Strong temperature dependence for light-duty diesel vehicle NOx emissions // Environmental Science & Technology. – 2019. – Vol. 53, No. 11. – P. 6587–6596. – DOI: 10.1021/acs.est.9b01024.
9. Choudhary A., Gokhale S. Urban real-world driving traffic emissions during interruption and congestion // Transportation Research Part D. – 2016. – Vol. 43. – P. 59–70.
10. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. Part B, 1.A.3.b.i-iv Road transport. – Copenhagen: European Environment Agency, 2023.
11. Li S., Li G., He L. et al. Heavy-duty diesel vehicle NOx emissions and fuel consumption: remote on-board monitoring analysis // Transportation Research Part D. – 2025. – Vol. 146. – Art. 104875.
12. Böhm M., Nanni M., Pappalardo L. Gross polluters and vehicle emissions reduction // Nature Sustainability. – 2022. – Vol. 5. – P. 699–707.