SCIENCE HUB REVIEW
2026
Volume 1
Issue 2
www.sciencehubreview.uz
ILMIY ELEKTRON JURNAL

ELEKTROMOBILLARNING AERODINAMIK OQIMIDAN FOYDALANGAN HOLDA ELEKTR ENERGIYA ISHLAB CHIQARISH

Tog'ayeva Ro'zigul Zafar qizi

Qarshi Davlat Texnika Universiteti "Transport vositalari muhandisligi" yo'nalishi 2-bosqich magistranti

Annotatsiya
Maqolada elektromobillar va ichki yonuv dvigatelli avtomobillarning atrof-muhitga ta'siri qiyoslanib, aerodinamik oqim energiyasidan qo'shimcha elektr olish imkoniyati asoslanadi.

Kalit so‘zlar
Elektromobil, aerodinamik oqim, ichki yonuv dvigateli, elektr energiya, ekologiya, energiya samaradorligi, rekuperatsiya, akkumulyator batareyasi.

KIRISH

Transport sohasi jahon energetika balansining va issiqxona gazlari chiqindilarining eng yirik manbalaridan biri hisoblanadi. Xalqaro Energetika Agentligining so'nggi hisobotiga ko'ra, 2025-yilda global energetika bilan bog'liq CO_2 emissiyasi qariyb 38,4 mlrd tonnaga yetib, tarixiy rekord darajaga chiqdi va bu ko'rsatkich 2019-yilgi darajadan 5 foizga yuqori bo'ldi, atmosferadagi CO_2 konsentratsiyasi esa 427 ppm ga yetib, sanoatlashuvgacha bo'lgan davrdan taxminan 50 foiz yuqori qiymatni tashkil etdi [1]. Ushbu tendensiyalar transport vositalarining, xususan, ichki yonuv dvigatelli avtomobillarning atmosferaga ta'sirini kamaytirish, muqobil energiya manbalaridan foydalanish va elektr transportini rivojlantirish masalalarini nafaqat jahon miqyosida, balki O'zbekiston Respublikasi miqyosida ham dolzarb tadqiqot yo'nalishiga aylantirmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 19-dekabrdagi PQ-443-son "Elektromobillar ishlab chiqarishni tashkil etishni davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori qabul qilinib, unda 2023–2025-yillarda davlat boshqaruvi organlari, mahalliy davlat hokimiyati organlari hamda ustav kapitalida davlat ulushi 50 foiz va undan ortiq bo'lgan korxonalar tomonidan xarid qilinadigan elektromobillar va gibrid avtomobillar bo'yicha maqsadli ko'rsatkichlar hamda elektromobillarni sanoat usulida ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish bo'yicha "Yo'l xaritasi" tasdiqlangan [2]. Ushbu qarorga 2023-yil 29-dekabrdagi PQ-422-son qaror bilan tegishli

o'zgartirishlar kiritilgan [3]. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024-yil 1-noyabrdagi 732-son qarori bilan elektromobillardan foydalanish infratuzilmasini rivojlantirish, ushbu yo'nalishda investorlar uchun qulay shart-sharoitlar yaratish hamda quvvatlantirish stansiyalaridan foydalanuvchilarni qo'llab-quvvatlash mexanizmlari joriy etilgan [4].

Qabul qilingan davlat siyosati natijalari statistik ko'rsatkichlarda ham o'z aksini topmoqda: Milliy statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, 2025-yilning 1-aprel holatiga O'zbekistonda 65,2 ming dona elektromobil davlat ro'yxatidan o'tkazilgan bo'lib, shundan 49,7 ming donasi Toshkent shahri hissasiga to'g'ri keladi [6]. 2024-yil yakunlariga ko'ra mamlakatda 400 mingdan ortiq yangi avtomobil sotilgan bo'lib, shundan 17,1 ming donasi "BYD" elektromobillari tashkil etgan [10]. Shu bilan birga, 2026-yil 1-aprel holatiga jismoniy shaxslarga tegishli avtotransport vositalari soni 4,9 mln donadan oshgan, mamlakat bo'yicha transport vositalarining umumiy soni esa 5,2 mln donadan ortgan, ulardan 87,6 ming donasi 50 yildan ortiq foydalanilayotgan, ekologik me'yorlarga (Yevro-4, Yevro-5) javob bermaydigan hamda 30 foizgacha ortiq zararli gaz chiqaradigan avtomobillardir [7; 8]. Ushbu holat mamlakat avtoparkini yangilash, ekologik toza transport turlarini, jumladan elektromobillarni ommalashtirish zaruratini yana bir bor tasdiqlaydi.

Elektromobillarning keng joriy etilishidagi asosiy cheklovchi omil ularning batareya sig'imi bilan bog'liq yurish masofasining chekliligidir. Ushbu muammoni qisman hal etishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri — harakat jarayonida hosil bo'ladigan, hozirga qadar deyarli foydalanilmayotgan aerodinamik oqim energiyasini qayta tiklab, uni qo'shimcha elektr energiyasiga aylantirishdir. Mazkur maqola aynan shu yo'nalishdagi tadqiqotning nazariy asoslarini — muammoning qo'yilishini, mavjud holatning tahlilini hamda tadqiqot maqsad va vazifalarini yoritishga bag'ishlangan.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Tadqiqot metodologiyasi qiyosiy tahlil, me'yoriy-huquqiy hujjatlar va statistik manbalarni o'rganish, shuningdek ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish usullariga asoslanadi. Manba sifatida Xalqaro Energetika Agentligi hisobotlari, O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasi ma'lumotlari, davlat qarorlari hamda IYOD va elektromobillar sohasidagi ilmiy-texnik adabiyotlar ishlatilgan.

Ichki yonuv dvigateli yoqilg'ining tsilindr ichida yonishi natijasida hosil bo'lgan issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi issiqlik mashinasi hisoblanadi [9]. Yoqilg'i turiga ko'ra IYODlar gaz, suyuq (benzin, dizel yoqilg'isi, kerosin) va binar yoqilg'ida ishlaydigan turlarga bo'linadi, ish sikliga ko'ra esa ikki va to'rt taktli dvigatellarga tasniflanadi [9]. Ushbu dvigatellarning kengroq qo'llanilishiga qaramay, ularning ishlash jarayonida atmosferaga sezilarli miqdorda zararli moddalar chiqarilishi ekologik jihatdan jiddiy muammo hisoblanadi.

Avtomobilning "ekologikligi" deganda uning yonilg'i tejamkorligi tushunilib, yonilg'i qancha kam sarflansa, avtomobilning atrof-muhitga zararli ta'siri shuncha kam bo'ladi. Quyidagi omillar avtomobillarning yonilg'i sarfiga ta'sir ko'rsatadi: avtomobilning massasi va gabarit o'lchamlari, aerodinamik tavsiflari, tebranishga qarshilikni pasaytirish, dvigatelni boshqarish va nazorat etishning kompyuterlashgan tizimini qo'llash, mexanik yo'qotishlarni kamaytirish [14].

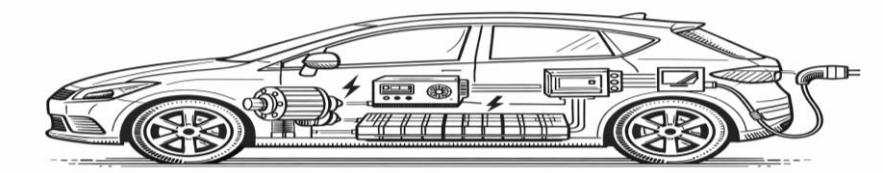
Ilmiy tadqiqotlarga ko'ra, o'rtacha hisobda yiliga 15 ming km masofa bosib o'tadigan bitta yengil avtomobil 1,5–2 tonna yoqilg'i va 20–30 tonna kislorodni yoqadi, zamonaviy avtomobil esa 1 litr benzinni yoqish uchun taxminan 200 litr kislorod sarflaydi [12]. Yonish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindi gazlar tarkibida azot birikmalari, suv bug'lari, karbonat angidrid (umumiy chiqindining 1–12 foizi), shuningdek benzopiren kabi kanserogen moddalar mavjud [12]. Dizel dvigatellarida chiqindi gazlar tarkibida oltingugurt oksidi (taxminan 0,1–0,2 foiz) va yuqori harorat sharoitida havodagi azot bilan kislorod o'rtasidagi reaksiya natijasida hosil bo'ladigan azot oksidlari (NO, NO_2, N_2O va boshqalar) aniqlanadi [13]. Umumiy hisobda, global issiqxona gazlari chiqindilarining qariyb 13,5 foizi aynan transport tizimlari hissasiga to'g'ri keladi [12].

O'zbekiston Respublikasida avtomobil transportining atmosferaga ta'siri masalasi ham alohida dolzarblik kasb etmoqda. Milliy statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, 2026-yilning 1-yanvar holatiga mamlakatda 5,2 mln dan ortiq transport vositasi ro'yxatga olingan bo'lib, ularning 87,6 ming donasi ishlab chiqarilganiga 50 yildan ortiq vaqt bo'lgan, ekologik xavfsizlik talablariga va Yevro-4, Yevro-5 me'yorlariga javob bermaydigan avtomobillardir [7]. Shu munosabat bilan 2026-yildan boshlab O'zbekistonda 50 yildan oshiq foydalanilayotgan avtomobillarni ro'yxatdan o'tkazish va ulardan foydalanishning alohida tartibi joriy etilmoqda [7].

Xalqaro miqyosda ham bunday chora-tadbirlar faol amalga oshirilmoqda. Xususan, AQShda 2027–2032-yillar uchun ishlab chiqarilgan yengil va tijorat transport vositalariga nisbatan emissiya standartlari kuchaytirilib, yengil avtomobillar uchun chiqindi chegaralari 50 foizga, o'rta yuk avtomobillari uchun esa 44 foizga kamaytirilishi belgilangan; bu chora hisob-kitoblarga ko'ra 7 mlrd tonnadan ortiq CO_2 chiqindisining oldini olishi va iqtisodiyotga yiliga qariyb 100 mlrd dollar foyda keltirishi kutilmoqda [11]. O'zbekiston Respublikasida ham shunga o'xshash tendensiya kuzatilmoqda — Prezidentning PQ-443-son qarori va Vazirlar Mahkamasining 732-son qarori orqali elektr transportini rag'batlantirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylandi [2; 4].

NATIJALAR

O'tkazilgan tahlil natijasida elektromobillarning tuzilishi va ishlash prinsipi quyidagicha aniqlandi. Elektromobillar — bu harakatlanish jarayonida ichki yonuv dvigatellaridan foydalanmasdan, elektr energiyasi hisobiga ishlovchi zamonaviy transport vositalari bo'lib, energiya manbai sifatida akkumulyator batareyalari yoki alternativ energiya tizimlaridan foydalanadi. An'anaviy avtomobillarga nisbatan elektromobillar yuqori foydali ish koeffitsienti, konstruktiv soddaligi, shovqin darajasining pastligi va atmosferaga zararli gazlar chiqarmasligi bilan ajralib turadi [10].

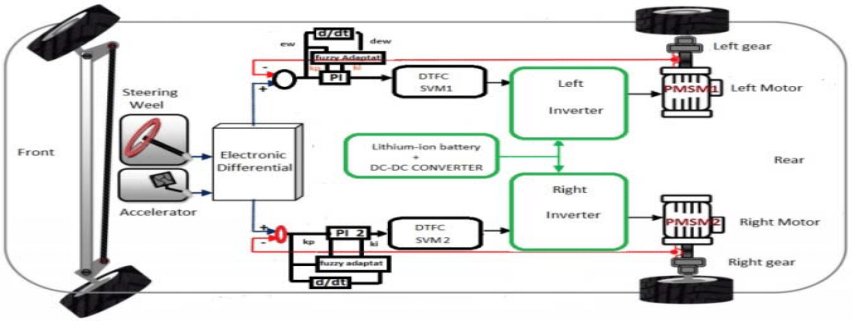


1-rasm. Elektromobilning umumiy ko'rinishi

Tahlil elektromobillarning energiya ishlab chiqarish va uzatish usullariga ko'ra to'rtta asosiy turga bo'linishini ko'rsatdi: batareyali elektromobillar (BEV), gibrid elektromobillar (HEV), plug-in gibrid elektromobillar (PHEV) va vodorod yoqilg'i

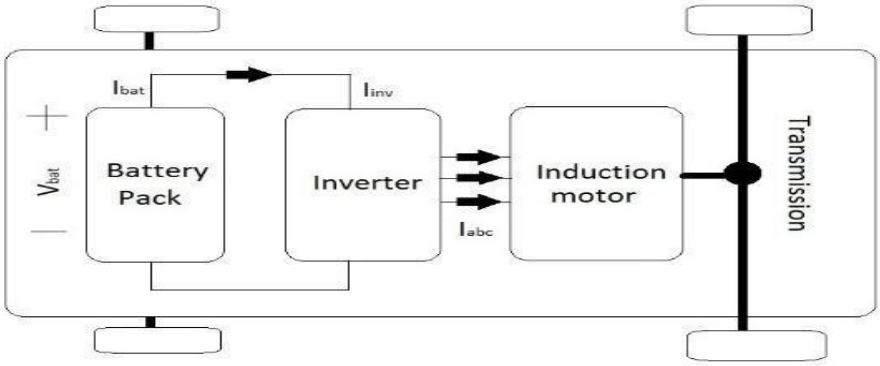
elementli elektromobillar (FCEV). Zamonaviy elektromobillar maxsus original kuzov va rama konstruksiyalari asosida loyihalanib, bu elektr yuritmaning yuqori darajadagi moslashuvchanligidan samarali foydalanish imkonini beradi.

Zamonaviy elektromobilning elektr yuritma tizimi (drive train) uchta asosiy quyi tizimdan tashkil topganligi aniqlandi: elektr harakatlantiruvchi quyi tizim (avtomobil boshqaruvchisi, quvvat elektronika o'zgartirgichi, elektr dvigatel, mexanik uzatma tizimi, harakatlantiruvchi g'ildiraklar), energiya manbai quyi tizimi (akkumulyator batareyasi, energiyani boshqarish bloki, zaryadlash qurilmasi) va yordamchi quyi tizim (rul boshqaruvi, iqlim nazorati, yordamchi elektr ta'minoti).



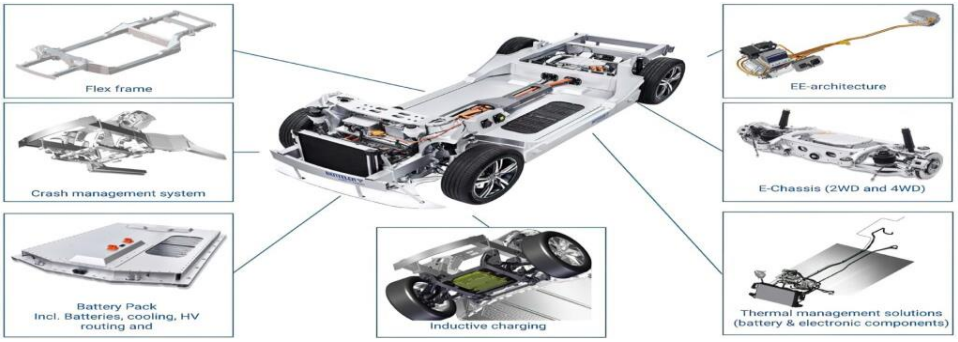
2-rasm. Elektromobilning asosiy funksional qismlari

Elektromobilning asosiy elementlari sifatida akkumulyator batareyasi (Li-ion), invertor (DC/AC), elektr dvigatel, reduktor/uzatma, zaryadlash qurilmasi (on-board charger) va boshqaruv bloki (VCU) aniqlandi.

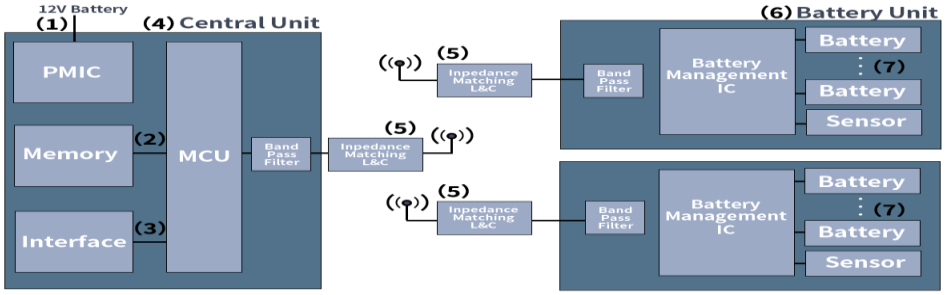


3-rasm. Energiya oqimi sxemasi

Energiya oqimi ketma-ketligi quyidagicha ekanligi tahlil qilindi: batareya → invertor → elektr dvigatel → transmissiya → g'ildiraklar; tormozlash jarayonida esa teskari yo'nalishda — g'ildiraklar → dvigatel → batareya (rekuperatsiya) — energiya qaytariladi. Rekuperativ tormozlash elektromobilning energiya samaradorligini 15–25% ga oshirishi aniqlandi.



4-rasm. Elektromobilning shassi va joylashuv sxemasi



5-rasm. Elektron boshqaruv tizimlari

Elektron boshqaruv tizimlarida BMS (batareya harorati va zaryadini nazorat qilish), MCU (dvigatel tezligini boshqarish), VCU (markaziy boshqaruv) va turli sensorlar (tok, kuchlanish, harorat) asosiy bloklar sifatida ishlashi aniqlandi. Tormozlanish jarayonida regenerativ tormozlash yuzaga kelib, elektr dvigatel generator rejimida ishlaydi va kinetik energiyaning bir qismi elektr energiyasiga aylantiriladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, elektromobillarning asosiy texnik cheklovi — batareya sig'imi bilan belgilanadigan yurish masofasining chekliligidir. Ayni paytda, akkumulyator batareyalari, ultrakondensatorlar va volanlar regenerativ energiyani qabul qilish xususiyatiga ega bo'lsa-da, batareya sig'imining chekliligi va zaryadlash infratuzilmasining yetarli darajada rivojlanmaganligi elektromobillarning energiya samaradorligini oshirishning muqobil, qo'shimcha yo'llarini izlashga asos bo'ladi. Harakatlanayotgan elektromobil atrofida doimiy ravishda hosil bo'lib turadigan aerodinamik oqim shunday muqobil energiya manbalaridan biri sifatida ko'rib chiqilishi mumkin.

O'zbekiston Respublikasida elektr transportini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylanganligi [2; 3; 4] ushbu sohadagi texnik-texnologik tadqiqotlarning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi. Shu asosda tadqiqotning maqsadi — elektromobil harakati jarayonida uning atrofida hosil bo'ladigan aerodinamik oqim energiyasidan foydalangan holda qo'shimcha elektr energiya ishlab chiqarish tizimini ishlab chiqish hamda uning texnik-iqtisodiy samaradorligini nazariy va amaliy jihatdan asoslashdan iborat, deb belgilandi.

Belgilangan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar aniqlandi: 1) ichki yonuv dvigatelli va elektr transport vositalarining atrof-muhitga ta'sirini hamda energetik ko'rsatkichlarini qiyosiy tahlil qilish; 2) elektromobil atrofida yuzaga keladigan aerodinamik oqimning tabiati va parametrlarini (havo bosimi taqsimoti, oqim tezligi, turbulentlik darajasi) o'rganish; 3) aerodinamik oqim energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilmaning (mikroturbina yoki shunga o'xshash tizim) konstruktiv sxemasini ishlab chiqish; 4) taklif etilayotgan tizimning matematik modelini va energiya balansini hisoblash.

Bundan tashqari, quyidagi vazifalar ham muhokama qilindi: 5) qo'shimcha qurilmaning elektromobil aerodinamikasiga, xususan qarshilik koeffitsiyenti (Cd) ko'rsatkichiga ta'sirini baholash, chunki tizim qo'shimcha aerodinamik qarshilikni keltirib chiqarishi va natijada sof energiya balansini pasaytirishi mumkin; 6) kompyuter modellashtirish (CFD) usullari yordamida tizim samaradorligini simulyatsiya qilish; 7) tizimni laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazish va natijalarni nazariy hisob-kitoblar

bilan solishtirish; 8) tizimning iqtisodiy va ekologik samaradorligini baholash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot ob'ekti — elektromobil va uning aerodinamik xususiyatlari; predmeti — elektromobil harakati jarayonida hosil bo'ladigan havo oqimi energiyasini elektr energiyasiga aylantirish jarayoni, usullari va texnik vositalari. Tadqiqotning ilmiy yangiligi elektromobillar uchun aerodinamik oqimdan energiya olishning yangi konstruktiv yechimi hamda uning matematik modelini ishlab chiqishdan iborat bo'ladi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, taklif etilayotgan tizim elektromobillarning yurish masofasini oshirishga, akkumulyator batareyasiga tushadigan yukni kamaytirishga hamda O'zbekiston Respublikasida elektr transport vositalarining raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.

XULOSA

O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, ichki yonuv dvigatelli transport vositalarining atrof-muhitga salbiy ta'siri, jumladan O'zbekiston Respublikasidagi eskirgan avtoparkning ekologik holati, elektr transport vositalarini keng joriy etishni ob'ektiv zaruratga aylantirmoqda. Mamlakatimizda qabul qilingan me'yoriy-huquqiy hujjatlar (PQ-443-son, PQ-422-son, VMning 732-son qarori) va erishilgan statistik natijalar (65,2 ming dona ro'yxatga olingan elektromobil, mahalliy ishlab chiqarish quvvatlarining yo'lga qo'yilishi) elektr transportini rivojlantirish borasida ijobiy dinamikadan dalolat beradi. Shu bilan birga, elektromobillarning batareya sig'imi bilan bog'liq cheklovlari ularning energiya samaradorligini oshirishning yangi, qo'shimcha yechimlarini izlashni taqozo etadi. Ushbu maqolada asoslab berilgan aerodinamik oqim energiyasidan foydalanish g'oyasi va shakllantirilgan tadqiqot maqsad-vazifalari keyingi bosqichlarda konstruktiv, matematik va eksperimental tadqiqotlar uchun poydevor bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Global Energy Review 2026: CO_2 Emissions [Elektron resurs]. — Paris: International Energy Agency, 2026. — URL: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2026/co2-emissions (murojaat sanasi: 05.08.2026).

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Elektromobillar ishlab chiqarishni tashkil etishni davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi 2022-yil 19-dekabrdagi PQ-443-son qarori // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 20.12.2022, 06/22/443/0034-son.

3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 29-dekabrdagi PQ-422-son qarori // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 29.12.2023-y.

4. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "Elektromobillardan foydalanish infratuzilmasini rivojlantirish, ushbu yo'nalishda investorlar uchun qulay sharoitlar yaratish hamda elektromobillarni quvvatlantirish stansiyalaridan foydalanuvchilarni qo'llab-quvvatlash mexanizmlarini joriy qilish to'g'risida"gi 2024-yil 1-noyabrdagi 732-son qarori.

5. Elektromobillarni ekspluatatsiya qilishning o'ziga xos xususiyatlari // Development of science. — 2025. — Vol. 4, № 6. — B. 220–226.

6. Islohotlar samarasi: O'zbekiston avtomobil va transport xaritasiga nazar [Elektron resurs] // O'zbekiston Milliy axborot agentligi (UZA), 2025. — URL: https://uza.uz/oz/posts/islohotlar-samarasi-ozbekiston-avtomobil-va-transport-xaritasiga-nazar_741816 (murojaat sanasi: 05.08.2026).

7. 2026-yildan O'zbekistonda 50 yillik avtomobillardan foydalanish cheklanadi [Elektron resurs] // Spot.uz, 03.10.2025. — URL: https://www.spot.uz/oz/2025/10/03/outdated-cars (murojaat sanasi: 05.08.2026).
8. O'zbekistonda aholiga tegishli avtomobillar soni 4,9 mln dan oshdi [Elektron resurs] // Spot.uz, 22.06.2026. — URL: https://www.spot.uz/oz/2026/06/22/public-cars (murojaat sanasi: 05.08.2026).
9. Ichki yonuv dvigatellari. Effektiv va indikator quvvatlar: o'quv-uslubiy qo'llanma. — Toshkent, 2023. — 24 b.
10. Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Stefano Longo, Kambiz M. Ebrahimi, "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles". Third Edition. CRC Press Taylor & Francis Group, 2018 year, 573 page.
11. AQSh ichki yonuv dvigatelli avtomobillar uchun emissiya standartlarini kuchaytiradi [Elektron resurs] // Gazeta.uz, 25.03.2024. — URL: https://www.gazeta.uz/oz/2024/03/25/tailpipe-rules/ (murojaat sanasi: 05.08.2026).
12. Avtomobillarning ishlashi davomida atmosferaga chiqindi gazlarning chiqishi // Ilmiy-texnika jurnali. — 2025. — № 2. — B. 45–52.
13. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. — New York: McGraw-Hill, 1988. — 930 p.
14. B.B. Jurayev, J. Mengliqulov. Avtomobil transporti — atrof-muhit ifloslanishidagi asosiy manba: muammolar, sabablar va yechimlar. (Educational Research in Universal Sciences ISSN: 2181-3515), 2023 yil, 583–585 b.