

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**  
**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR**  
**UNIVERSITETI**  
**“TRANSPORT MUHANDISLIGI VA LOGISTIKA”**  
**KAFEDRASI**

Qo‘lyozma huquqida

UDK: \_\_\_\_\_

**BOLTAYEV ABBOSBEK IKROM O‘G‘LI**

**“YENGIL AVTOMOBILLARNI EKSPLOTATSION JARAYONINING**  
**YOQILG‘I SARFIGA TASIRI”**

70711401 - Transport vositalari muhandisligi mutaxassisligi bo‘yicha  
magistr darajasini olish uchun yozilgan

**MAGISTRLIK DISSERTATSIYA ISHI**

**Ilmiy rahbar**

\_\_\_\_\_

**t.f.n,dots:**

**F.X.Baxramov**

**TERMIZ – 2026**

**Magistrlik dissertatsiyasi mavzusi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti rektorining 27.10.2024-yildagi 08-M-sonli buyrug'i asosida tasdiqlangan.**

Magistrlik dissertatsiyasi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetida bajarilgan.

Magistrlik dissertatsiyasi elektron nusxasi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti rasmiy veb sahifasiga joylashtirilgan.

**Dissertatsiya manzilining QR-kodi:**



**Magistrlik dissertatsiyasi bilan Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetining axborot-resurs markazida tanishish mumkin. (\_\_\_\_\_raqam bilan ro'yhatga olingan. Manzil: Termiz shahri Islom Karimov ko'chasi 288A-uy.)**

**Ilmiy rahbar:** \_\_\_\_\_ t.f.n,dots, F.X.Baxramov

**Kafedra mudiri:** \_\_\_\_\_ dotsent, Sh.A.Abdiqadirov

**Magistratura bo'lim boshlig'i:** \_\_\_\_\_ PhD, S.M.Tilakov

**70711401 - Transport vositalari muhandisligi mutaxassisligi magistranti**  
**Boltayev Abbosbek Ikrom o'g'li “Yengil avtomobillarni ekspluatatsion**  
**jarayonining yoqilg'i sarfiga tasiri” mavzusidagi magistrlik dissertatsiyasi**

**ANNOTATSIYA**

Mazkur magistrlik dissertatsiyasi “Yengil avtomobillarni ekspluatatsion jarayonining yoqilg'i sarfiga ta'siri” mavzusiga bag'ishlangan bo'lib, avtomobillardan foydalanish jarayonida yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi asosiy ekspluatatsion omillarni o'rganish, tahlil qilish va baholash masalalarini qamrab oladi. Hozirgi kunda avtomobil transportida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, yoqilg'i tejamkorligini oshirish hamda ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Dissertatsiyada yengil avtomobillarning yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi ekspluatatsion omillar, jumladan harakat tezligi, harakat rejimi, yo'l qoplamasi holati, yo'l qiyaligi, tashqi muhit harorati, avtomobilning texnik holati va qo'shimcha energiya iste'molchilari ta'siri ilmiy jihatdan o'rganildi. Tadqiqot ob'ekti sifatida Chevrolet Cobalt avtomobili tanlanib, uning texnik tavsiflari hamda real ekspluatatsiya sharoitlaridagi yoqilg'i sarfi ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

Ish davomida yoqilg'i sarfini baholashning matematik modeli ishlab chiqildi va unda ekspluatatsion omillarning ta'siri tegishli koeffitsientlar orqali ifodalandi. Model yordamida turli harakat va iqlim sharoitlarida yoqilg'i sarfi hisoblandi hamda olingan natijalar tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, harakat tezligining optimal qiymatdan chetlashishi, yo'l qoplamasining yomonlashishi, qiyalikning ortishi, tashqi haroratning keskin o'zgarishi hamda avtomobilning eskirishi yoqilg'i sarfining sezilarli darajada oshishiga ta'siri o'rganilgan.

**70711401 – Master’s thesis of the master’s student of the specialty of vehicle engineering Boltayev Abbosbek Ikrom o’g’li on the topic “Analysis of Factors Affecting Fuel Consumption in Passenger Vehicles”**

**ANNOTATION**

This master’s dissertation is devoted to the topic “The Impact of the Operational Process of Passenger Cars on Fuel Consumption” and covers the study, analysis, and evaluation of the main operational factors affecting fuel consumption during vehicle operation. At present, the rational use of energy resources in road transport, improvement of fuel efficiency, and reduction of operating costs have become issues of great scientific and practical importance.

The dissertation examines the operational factors influencing fuel consumption in passenger cars, including vehicle speed, driving mode, road surface condition, road gradient, ambient temperature, technical condition of the vehicle, and the impact of additional energy consumers. The Chevrolet Cobalt passenger car was selected as the research object, and its technical characteristics as well as fuel consumption indicators under real operating conditions were analyzed.

During the research, a mathematical model for fuel consumption assessment was developed, in which the influence of operational factors was expressed through specific coefficients. Using this model, fuel consumption was calculated under various driving and climatic conditions, and the obtained results were analyzed. The findings showed that deviations from the optimal driving speed, deterioration of road surface quality, increased road gradient, sharp changes in ambient temperature, and vehicle aging lead to a significant increase in fuel consumption. The study also revealed that the driver’s behavior, frequent acceleration and braking, operation in traffic congestion, and engine idling are among the major factors contributing to higher fuel consumption. Based on the research results, practical recommendations were developed to improve the efficient operation of passenger cars, reduce fuel consumption, and enhance energy efficiency.

## MUNDARIJA

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>KIRISH.....</b>                                                                                     | <b>5</b>  |
| <b>I BOB.YENGIL AVTOMOBILLARDA YOQILG‘I SARFINING<br/>NAZARIY ASOSLARI VA ADABIYOTLAR TAHLILI.....</b> | <b>9</b>  |
| 1.1. Adabiyotlar tahlili.....                                                                          | 9         |
| 1.2. Yoqilg‘i sarfiga ta’sir etuvchi omillar (ekspluatatsion, texnik, iqlim va boshqalar).....         | 14        |
| 1.3. Harakat rejimi va yo‘l sharoitlarining yoqilg‘i sarfiga ta’siri .....                             | 19        |
| I bob bo‘yicha xulosalar.....                                                                          | 26        |
| <b>II BOB. TADQIQOT METODOLOGIYASI VA YOQILG‘I SARFINI<br/>BAHOLASH USULLARI.....</b>                  | <b>28</b> |
| 2.1. Tadqiqot ob’ekti va metodologiyasi.....                                                           | 28        |
| 2.2. Yo‘l va iqlim sharoitining yoqilg‘i sarfiga ta’sirini aniqlash usullari .....                     | 34        |
| 2.3. Harakat tezligi va rejimining yoqilg‘i sarfiga ta’siri .....                                      | 39        |
| 2.4. Avtomobilning texnik holatini yoqilg‘i sarfiga ta’sirini baholash usullari..                      | 44        |
| II bob bo‘yicha xulosalar.....                                                                         | 50        |
| <b>III BOB. TAHLIL NATIJALARI VA YOQILG‘I SARFINI<br/>KAMAYTIRISH BO‘YICHA TAKLIFLAR .....</b>         | <b>52</b> |
| 3.1. Natijalarning grafik va analitik tahlili.....                                                     | 52        |
| 3.2. Yengil avtomobillarni samarali ekspluatatsiya qilish yo‘llari.....                                | 58        |
| 3.3. Sun’iy intellekt dasturi asosida yoqilg‘i sarfini hisoblash.....                                  | 65        |
| 3.4. Iqtisodiy samaradorlik.....                                                                       | 66        |
| 3.5. Taklif va tavsiyalar.....                                                                         | 74        |
| <b>XULOSA.....</b>                                                                                     | <b>79</b> |
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....</b>                                                         | <b>82</b> |
| <b>ILOVALAR.....</b>                                                                                   | <b>88</b> |

## KIRISH

Iqtisodiyotni barqaror rivojlanishi bevosita energiya resurslaridan oqilona va samarali foydalanish darajasi bilan chambarchas bog'liqdir. Bugungi kunda global miqyosda energiya iste'moli tarkibida transport sektorining ulushi alohida ahamiyat kasb etadi. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA, 2024) ma'lumotlariga ko'ra, dunyo bo'yicha umumiy energiya iste'molining qariyb 29 foizi aynan transport sohasiga to'g'ri keladi. Mazkur sektorning energiya ta'minoti esa asosan uglevodorod yoqilg'ilari - benzin va dizel mahsulotlariga tayanib, ularning ulushi 70 foizdan ortiqni tashkil etadi.

Markaziy Osiyo davlatlarida ham transport sektorining energiya iste'moli yuqori sur'atlarda o'sib bormoqda. Bu holat, avvalo, shaharlashuv darajasining ortishi, aholining yengil avtomobillarga bo'lgan ehtiyojining keskin oshishi hamda jamoat transporti infratuzilmasining yetarli darajada rivojlanmaganligi bilan izohlanadi. Shuningdek, yo'l infratuzilmasining ayrim hududlarda past sifatga egaligi real ekspluatatsiya sharoitida avtomobillarning yoqilg'i sarfini laboratoriya ko'rsatkichlariga nisbatan sezilarli darajada oshiradi. Bundan tashqari, mintaqaning keskin iqlimi - qishda  $-20^{\circ}\text{C}$  gacha pasayuvchi, yozda esa  $+45^{\circ}\text{C}$  gacha ko'tariluvchi haroratlar transport vositalari energiya samaradorligiga qo'shimcha salbiy ta'sir ko'rsatadi.

O'zbekiston Respublikasi miqyosida transport sektori milliy iqtisodiyotning strategik va dinamik rivojlanayotgan tarmoqlaridan biri hisoblanadi. O'zbekiston Davlat Statistika Qo'mitasi (2025) ma'lumotlariga ko'ra, mamlakatda ro'yxatdan o'tgan yengil avtomobillar soni 4,5 million donadan oshgan bo'lib, faqat 2025 yilning o'zida 427 mingdan ortiq yangi avtomobil realizatsiya qilingan. Ushbu ko'rsatkichlar O'zbekistonni mintaqada avtomobil bozori eng tez rivojlanayotgan davlatlardan biriga aylantirmoqda. Natijada transport sektorida yoqilg'i sarfi ortib, milliy iqtisodiyotga sezilarli moliyaviy yuklama yuzaga kelmoqda.

Bundan tashqari, O'zbekiston xalqaro ekologik majburiyatlarni ham o'z zimmasiga olgan. Xususan, Parij kelishuvi doirasida mamlakat 2030 yilga borib

issiqxona gazlari chiqindilarini 35 foizga kamaytirishni maqsad qilgan (NDC, 2021). Ushbu strategik vazifaning bajarilishida transport sektorining samaradorligini oshirish va yoqilg'i iste'molini kamaytirish hal qiluvchi omillardan biri sifatida namoyon bo'ladi. Mamlakat avtomobil parki tarkibida Chevrolet brendi yetakchi o'rin egallaydi. Jumladan, Chevrolet Cobalt, Gentra, Tracker, Spark kabi modellar keng ommalashgan bo'lib, ular yo'llarda harakatlanayotgan transport vositalarining salmoqli qismini tashkil etadi. Shu bois, mazkur avtomobillarning real ekspluatatsiya sharoitidagi yoqilg'i sarfini chuqur tahlil qilish nafaqat ilmiy-amaliy jihatdan, balki iqtisodiy va ekologik nuqtai nazardan ham muhim ahamiyat kasb etadi.

**Tadqiqotning dolzarbligi.** Yengil avtomobillarda yoqilg'i sarfi ularning asosiy ekspluatatsion va iqtisodiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, transport vositasining texnik darajasi va ishlash samaradorligini bevosita ifodalaydi. Mazkur ko'rsatkichga dvigatel va yoqilg'i tizimining texnik holati, transmissiya samaradorligi, avtomobil massasi va aerodinamik xususiyatlari, harakat tezligi va rejimi, yo'l qoplamasi sifati, relyef, iqlim sharoitlari hamda haydovchining boshqaruv uslubi kabi ko'plab omillar kompleks ta'sir ko'rsatadi. Ushbu omillarning o'zaro murakkab bog'liqligi natijasida real ekspluatatsiya sharoitida yoqilg'i sarfi normativ ko'rsatkichlardan sezilarli darajada farq qilishi mumkin.

**Tadqiqotning asosiy maqsadi** yengil avtomobillarni ekspluatatsiya qilish jarayonining yoqilg'i sarfiga ta'sirini kompleks o'rganish, real sharoitda laboratoriya ko'rsatkichlaridan og'ishning miqdoriy va sifat jihatdagi sabablarini aniqlash hamda yoqilg'i sarfini kamaytirish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari.** Belgilangan maqsadga erishish uchun quyidagi ilmiy vazifalar qo'yildi:

- yengil avtomobillarda yoqilg'i sarfi tushunchasi, uning asosiy ko'rsatkichlari va ta'sir etuvchi omillar tizimini xalqaro ilmiy manbalar asosida nazariy jihatdan o'rganish;

- yoqilg‘i sarfiga ta’sir etuvchi ekspluatatsion, texnik, iqlimiy va yo‘l omillarini multiplikativ koeffitsientlar modeli asosida tizimli tahlil qilish hamda ularning miqdoriy ta’sir darajasini aniqlash;
- avtomobilning texnik holati, harakat tezligi va harakat rejimining yoqilg‘i sarfiga ta’sirini nazariy va eksperimental usullar yordamida baholash;
- yo‘l va iqlim sharoitlarining ta’sirini baholashda xalqaro standartlashtirilgan usullar (IRI indeksi, harorat va shamol modellari)dan foydalanish;
- Chevrolet Cobalt avtomobilida real ekspluatatsiya sharoitida (Surxondaryo viloyati, Sherabod tumani) eksperimental o‘lchovlar o‘tkazish va natijalarni nazariy model bilan taqqoslash;
- olingan natijalar asosida yoqilg‘i sarfini kamaytirish bo‘yicha haydovchilar, texnik xizmat ko‘rsatish tizimi va davlat sektori uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

**Tadqiqot ob’ekti** sifatida yengil avtomobillarni real sharoitda ekspluatatsiya qilish jarayoni, xususan Chevrolet Cobalt 1.5L (2023 yil, GM Uzbekistan) avtomobili tanlangan. Ushbu model O‘zbekiston avtomobil parkida keng tarqalgan bo‘lib, mamlakatdagi tipik ekspluatatsiya sharoitlarini to‘liq aks ettiradi.

**Tadqiqot predmeti** — ekspluatatsion omillarning (tezlik, harakat rejimi, yo‘l sifati, iqlim, texnik holat) yengil avtomobil yoqilg‘i sarfiga ta’siri va ularning o‘zaro bog‘liqligini baholash qonuniyatlari.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilar bilan belgilanadi:

- O‘zbekistonning qurg‘oqchil iqlim sharoitiga ega hududida (Surxondaryo viloyati) yengil avtomobil yoqilg‘i sarfiga ta’sir etuvchi omillar kompleks va miqdoriy jihatdan baholandi;
- multiplikativ koeffitsientlar modeli mahalliy ekspluatatsiya sharoitlariga moslashtirilib, laboratoriya ko‘rsatkichlaridan og‘ish darajasi (41,8%) eksperimental asosda aniqlab berildi;
- Claude AI asosida yoqilg‘i sarfini real vaqt rejimida hisoblash va tahlil qilish imkoniyati asoslab berildi;

- ishlab chiqilgan tavsiyalar natijasida yoqilg‘i sarfini 25–35% gacha kamaytirish imkoniyati hamda uning iqtisodiy (yiliga 5,97 mln so‘m) va ekologik samaradorligi (1,3tonna CO<sub>2</sub>/yil) miqdoriy jihatdan asoslandi.

**Tadqiqotning amaliy ahamiyati.** Ish natijalari quyidagi sohalarda qo‘llanilishi mumkin: yengil avtomobillarni samarali ekspluatatsiya qilish va yoqilg‘i sarfini kamaytirish; avtomobil egalariga real sharoitdagi sarflarni oldindan bashorat qilish; texnik xizmat markazlarida diagnostika va tavsiyalar tizimini takomillashtirish; davlat miqyosida transport energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan siyosat ishlab chiqish; haydovchilik maktablarida eco-driving ta’limini joriy etish.

**Tadqiqotning metodologik asosi.** Tadqiqot jarayonida quyidagi ilmiy usullardan foydalanildi: ilmiy adabiyotlar va xalqaro standartlarni tahliliy o‘rganish; matematik modellash (multiplikativ model); real ekspluatatsiya sharoitida eksperimental o‘lchovlar (to‘ldirish usuli); statistik va taqqoslash tahlili; grafik va vizual tahlil usullari.

**Tadqiqotning cheklanganligi.** Ilmiy halollik nuqtai nazaridan ta’kidlash lozimki, mazkur tadqiqot bir qator cheklovlarga ega. Eksperiment faqat bitta avtomobil modeli (Chevrolet Cobalt) va bitta geografik hudud (Surxondaryo viloyati, Sherabod tumani) doirasida, 50 km masofada o‘tkazilgan. Bu esa natijalarni barcha O‘zbekiston sharoitlariga to‘liq umumlashtirish imkonini cheklaydigan omil hisoblanadi. Kelajakdagi tadqiqotlarda bir nechta avtomobil modeli, turli iqlim mintaqalari va uzoqroq masofalar qamrab olinishi tadqiqotning ishonchliligini yanada oshiradi.

## **I BOB. YENGIL AVTOMOBILLARDA YOQILG'I SARFINING NAZARIY ASOSLARI VA ADABIYOTLAR TAHLILI**

### **1.1. Adabiyotlar sharhi**

Yoqilg'i sarfi dvigatelning issiqlik, mexanik va hajmiy samaradorligiga bog'liq. Optimal ish rejimi o'rtacha yuk va 2000–3000 rpm oralig'ida kuzatiladi. Havo va yoqilg'i aralashmasi (14,7:1) eng samarali yonishni ta'minlaydi. Yonish va ishqalanish natijasida energiya 30–40% yo'qotiladi. Real sharoitda yoqilg'i sarfi laboratoriyaga nisbatan 15–40% yuqori bo'ladi. Zamonaviy texnologiyalar esa sarfni 10–20% kamaytiradi. Ushbu kitobda biz nafaqat ekspluatatsion jarayonning yoqilg'i sarfiga ta'sirini ko'rishimiz balki yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi boshqa omillarni nazarada tutgan.[1]

Avtomobil tezligi oshgan sari havo qarshiligi keskin ortadi va yuqori tezliklarda yoqilg'i sarfining katta qismini tashkil etadi. Ayniqsa, magistral yo'llarda aerodinamik omillar hal qiluvchi rol o'ynaydi. Tadqiqotlarda avtomobil shakli va qarshilik koeffitsientini kamaytirish orqali yoqilg'i tejamkorligini sezilarli darajada oshirish mumkinligi ko'rsatilgan. Oqimning ajralishi va bosim qarshiligi asosiy yo'qotish manbalari hisoblanadi. Korpusni silliqalashtirish, oqimni to'g'ri yo'naltirish kabi usullar yordamida yoqilg'i sarfini 10–20% gacha kamaytirish mumkin. Ushbu manba aerodinamikaning yoqilg'i sarfiga ta'sirini tushuntirishda muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.[2]

Avtomobilning texnik holati yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir qilib, turli nosozliklar sabab sarf 15–30% gacha ortishi mumkin. Jumladan, shinalardagi bosimning kamayishi yoki dvigatel sozlamalarining buzilishi yoqilg'i tejamkorligini pasaytiradi. Texnik xizmat ko'rsatish ishlarini (TXK-1, TXK-2) o'z vaqtida bajarish esa aksincha, yoqilg'i sarfini 8–12% gacha kamaytirishga imkon beradi. Bundan tashqari, yoqilg'i sarfi me'yorlari turli ekspluatatsion sharoitlarni inobatga olgan holda belgilanadi. Diagnostika va monitoring usullari orqali nosozliklarni erta aniqlash yoqilg'i tejamkorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu manba mahalliy sharoitda yoqilg'i sarfini kamaytirish bo'yicha muhim amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.[3]

Abdullayev.B yoqilg'i sarfini dvigatel samaradorligi, yonish jarayoni hamda termodinamik sikllar bilan izohlab, real ish rejimlarida samaradorlik pasayishi natijasida yoqilg'i sarfi ortishini ko'rsatadi. Tadqiqotlarda optimal havo-yoqilg'i nisbati va siqish darajasi yoqilg'i tejamkorligiga bevosita ta'sir etishi ta'kidlagan. Bundan tashqari, past yuklama rejimlarida yoqilg'i sarfining oshishi, issiqlik va mexanik yo'qotishlar esa energiya sezilarli qismini yo'qotishga olib kelishi aniqlangan. Muallif mahalliy iqlim hamda yo'l sharoitlari ham yoqilg'i sarfiga ta'sir ko'rsatishini asoslab bergan. Ushbu manba yoqilg'i sarfining nazariy asoslarini yoritishda muhim ilmiy manba hisoblanadi.[4]

Avtomobil harakatlantirish tizimlarini matematik modellashtrish hamda yoqilg'i sarfini optimallashtirish masalalarini yorituvchi muhim xalqaro qo'llanmalardan biri bo'lib, unda yengil avtomobillarning energiya sarfini kamaytirish dinamik modellar asosida chuqur tahlil qilinadi. Mualliflar yoqilg'i sarfini baholashda o'rtacha ish nuqtasi va dinamik yondashuvlardan foydalanib, tezlik, tezlanish hamda yo'l sharoitini asosiy ta'sir etuvchi omillar sifatida ko'rsatadi, shu bilan birga aerodinamik qarshilik, aylanish qarshiligi va inertsia kuchlari umumiy energiya sarfini belgilovchi asosiy komponentlar ekanligi ta'kidlagan. Yoqilg'i sarfini kamaytirish uchun optimal boshqaruv usullari taklif etilib, ular yordamida 10–30% gacha tejamkorlikka erishish mumkinligi asoslab berilgan, shuningdek dvigatel ish rejimini optimallashtirish imkoniyatlari ham yoritilgan.[5]

Assessment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles AQSh Milliy Tadqiqot Kengashi tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, yengil avtomobillarda yoqilg'i tejamkorligini oshirishga qaratilgan texnologiyalarni keng qamrovli tarzda tahlil qiluvchi muhim ilmiy hisobot hisoblanadi. Unda laboratoriya sinovlari va real ekspluatatsiya natijalari asosida turli texnologiyalarning samaradorligi baholangan.

Hisobot xulosalariga ko'ra, benzinli dvigatellar uchun qo'llaniladigan texnologiyalar majmuasi yoqilg'i sarfini sezilarli darajada kamaytiradi, dizel va gibril tizimlar esa yanada yuqori tejamkorlikni ta'minlaydi. Shu bilan birga,

dvigatel, aerodinamika, avtomobil massasi va transmissiya tizimini optimallashtirish asosiy yo'nalishlar sifatida ajratilgan. Mazkur manba yoqilg'i tejamkorligini oshirish bo'yicha texnik yechimlarning nafaqat muhandislik, balki iqtisodiy jihatdan ham samaradorligini ko'rsatib beradi va dissertatsiyaning amaliy takliflar qismi uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.[6]

Automotive Handbook avtomobil texnikasi sohasidagi eng asosiy va keng qo'llaniladigan fundamental qo'llanmalardan biri hisoblanadi. Unda avtomobilning barcha asosiy tizimlari - dvigatel, transmissiya, shassi, tormoz va rul boshqaruvi, shuningdek elektronika, xavfsizlik hamda ekologik ko'rsatkichlar kompleks tarzda yoritilgan. Ushbu manba dissertatsiya doirasida texnik parametrlarni asoslash, hisob-kitoblarni tekshirish va eksperimental natijalarni solishtirish uchun ishonchli referens sifatida qo'llaniladi. Shuningdek zamonaviy avtomobillarning elektrlashtirilishi va ekologik talablar ham inobatga olingan bo'lib, u zamonaviy avtomobil texnologiyalarini tahlil qilishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.[7]

Yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi muhim yo'nalishlardan yana biri - materiallar va konstruktiv yechimlardir. So'nggi tadqiqotlar dvigatellarda qo'llanilayotgan yangi avlod eko-materiallar (kompozitlar, yengil qotishmalar) avtomobil massasini kamaytirib, natijada yoqilg'i sarfini sezilarli darajada qisqartirishini ko'rsatmoqda. Ushbu ilmiy maqolada avtomobilning yoqilg'i sarfini kamaytirishga qaratilgan bo'lsa ikkinchi tomonlama atmosferaga chiqayotgan chiqindi gazlar miqdori ham kamayadi. [8]

Ushbu ilmiy maqolada avtomobil tezligi va yonilg'i sarfi o'rtasidagi bog'liqlik matematik model orqali tahlil qilingan. Mualliflar real o'lchovlar asosida ikkinchi darajali tenglama ishlab chiqib, tezlik oshishi bilan yonilg'i sarfi ham o'zgarishini ifodalab bergan. Tadqiqotda keltirilgan model faqat tezlik parametriga tayangan holda yonilg'i sarfini tez va sodda hisoblash imkonini beradi, ya'ni murakkab hisob-kitoblarsiz amaliy baholashni osonlashtiradi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, tezlik oshgani sayin yonilg'i sarfi ham kvadratik tarzda ortib boradi va bu real eksperimental ma'lumotlarga mos keladi.[9]

Ushbu Allstate Insurance Company va Cars.com hamkorligida o'tkazilgan ilmiy-amaliy tadqiqot avtomobilning yo'lovchi va yuk og'irligi hamda yonilg'i sarfi o'rtasidagi bog'liqlikni miqdoriy jihatdan tahlil qiladi. Tadqiqot real statistik ma'lumotlar va standart avtomobil hisob-kitoblariga asoslanib, og'irlik ortishi yonilg'i samaradorligining pasayishiga olib kelishini ko'rsatadi. Natijalarga ko'ra, har 45 kg qo'shimcha yuk avtomobilning yoqilg'i tejamkorligini 1–2% ga kamaytiradi, ya'ni yonilg'i sarfi mos ravishda 1-2%ga oshiradi. Bu xulosalar AQSh Energetika vazirligi (DOE) va boshqa mustaqil tadqiqotlar bilan hamohang bo'lib, real ekspluatatsiya sharoitlarida keng qo'llaniladigan qiymat hisoblanadi.[10]

Ushbu ilmiy tadqiqot Argonne National Laboratory va AQSh Energetika vazirligi hamkorligida olib borilib, atrof-muhit haroratining avtomobil yonilg'i va energiya sarfiga ta'sirini laboratoriya sharoitida baholashga qaratilgan. Unda benzinli avtomobillar, gibrid va elektr avtomobillar turli harorat va harakat rejimlarida sinovdan o'tkazilgan. Natijalarga ko'ra, sovuq haroratlarda ( $-7^{\circ}\text{C}$  atrofida) shahar sharoitida yonilg'i sarfi o'rtacha 15% ga oshadi. Bu asosan sovuq start va dvigatelning ish haroratiga yetguncha bo'lgan yo'qotishlar bilan bog'liq. Issiq haroratlarda esa konditsioner tizimining ishlashi sababli sarf sezilarli darajada ortishi mumkin. Ushbu manba harorat omilining avtomobil energiya sarfiga ta'sirini aniq ko'rsatib beradi va turli avtomobil turlari uchun real ekspluatatsiya sharoitlarini baholashda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.[11]

Yo'l qoplamasi xususiyatlarining avtomobilning dumalanish qarshiligi hamda yonilg'i sarfiga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan ushbu muhim ilmiy manbada asfalt va beton qoplamalar bo'yicha bir qator tadqiqotlar tahlil qilingan va yo'l yuzasining holati avtomobil energiya iste'moliga bevosita ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Natijalarga ko'ra, yo'l sirtining notekisligi va qo'polligi ortishi dumalanish qarshiligining kuchayishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida yonilg'i sarfining oshishiga sabab bo'ladi. Aksincha, silliq yo'l qoplamalari energiya tejamkorligini yaxshilaydi. Bundan tashqari, yo'l sifati yomonlashuvi

natijasida yoqilg'i tejalishi bo'yicha erishilgan texnologik yutuqlar qisman kamayishi mumkinligi ham ta'kidlangan.[12]

Ushbu tadqiqotda avtomobil yonilg'i samaradorligiga real hayotdagi foydalanish omillarining ta'sirini alohida holatlar asosida miqdoriy baholashga qaratilgan muhim ilmiy tadqiqot hisoblanadi. Tadqiqotda shinalar bosimi, oynalarning ochiq holati, tom yuk qutisi, orqa yuk tashuvchi qurilma hamda tirkama tortish kabi omillar alohida sinovlardan o'tkazilgan. Natijalarga ko'ra, shinalar bosimining pasayishi yonilg'i sarfini oshiradi, ochiq oynalar esa ayniqsa yuqori tezlikda aerodinamik qarshilikni kuchaytirib sarfni ko'paytiradi. Tomga o'rnatilgan yuk qutisi yonilg'i tejamkorligiga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatib, magistral tezliklarda sarfni keskin oshirishi aniqlangan. Tirkama tortish esa eng katta yoqilg'i yo'qotishiga olib keluvchi omillardan biri ekanligi aytib o'tilgan.[13]

Ushbu ilmiy tadqiqot yo'l nishabligining avtomobil yonilg'i sarfiga ta'sirini real haydash sharoitlari asosida simulyatsiya orqali baholashga bag'ishlangan muhim ish hisoblanadi. Tadqiqotda real yo'l harakat tsikllari asosida olingan ma'lumotlar yordamida turli yo'l sharoitlarida yonilg'i sarfi tahlil qilingan. Natijalarga ko'ra, yo'lning ko'tarilish va tushish burchagi yonilg'i sarfiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, ko'tarilish qismida sarf ancha oshadi, tushish qismida esa qisman tejamkorlik kuzatiladi. Umuman olganda, nishablikning salbiy ta'siri ustun bo'lib, ayrim hollarda yonilg'i sarfi sezilarli darajada ortishi mumkinligi aytilgan.[14]

Past bosimli shinalar ko'proq deformatsiyalanib, rezinaning ichki ishqalanishi ortishiga olib keladi. Bu jarayonda energiya issiqlikka aylanadi va dumalanish qarshiligi (rolling resistance) kuchayadi. Natijada dvigatel ko'proq yuklama bilan ishlaydi va yonilg'i sarfi oshadi. Aksincha, shinalar bosimi me'yor darajasida yoki biroz yuqori bo'lsa, deformatsiya kamayadi, ishqalanish pasayadi va yoqilg'i tejamkorligi yaxshilanadi. Bu bog'liqlik odatda normal bosim oralig'ida deyarli chiziqli bo'lib, juda past bosimda esa ta'sir keskin kuchayadi.[15]

## **1.2. Yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillar (ekspluatatsion, texnik, iqlim va boshqalar)**

Avtomobilning haqiqiy foydalanish sharoitida yoqilg'i tejamkorligini belgilaydigan asosiy jihatlar majmui yoqilg'i sarfiga ta'sir qiluvchi omillar orqali namoyon bo'ladi. Bunday omillarni shartli ravishda bir necha toifalarga ajratish mumkin: haydash shart-sharoitlari, texnik holat, atrof-muhit va yo'l xususiyatlari. Boshqaruv bilan bog'liq omillar haydovchining yurish uslubi, tanlangan tezlik, tez yoki sekin tezlanishlar, tormozlashlar oralig'i va avtomobilning yuklanganlik darajasini o'z ichiga oladi. Misol tariqasida, keskin gaz bosish va doimiy ravishda yuqori tezlikda harakatlanish yoqilg'i iste'molini keskin oshirishi mumkin. Texnik jihatlar esa transport vositasining umumiy sozligi bilan belgilanadi. Dvigatelning to'g'ri sozlanganligi, uzatmalar qutisi samaradorligi, shinalardagi bosim darajasi, tormoz mexanizmining holati hamda muntazam texnik xizmat ko'rsatishning sifati yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir qiladi. Agar tizimlar noto'g'ri ishlayotgan yoki yaxshi rostlanmagan bo'lsa, energiya isrofgarchiligi ortadi. Atrof-muhit omillari deganda havo harorati, shamol kuchi, havoning zichligi va namlik darajasi tushuniladi. Sovuq yoki haddan tashqari issiq muhitda dvigatel unumdorligi pasayadi, buning natijasida qo'shimcha energiya talab etiladi (masalan, salonni isitish yoki konditsionerdan foydalanish hisobiga). Yo'l sharoiti ham muhim rol o'ynaydi. Yo'lning qiyaligi, qoplamaning sifati va tirbandlik holati avtomobilning harakatiga qarshilikni o'zgartirib, bu o'z navbatida yoqilg'i iste'moliga sezilarli darajada ta'sir qiladi.

Asosiy matematik tenglama: Yoqilg'i sarfining umumiy matematik modeli multiplikativ (koeffitsientlar ko'paytmasi) usulida quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$Q = Q_0 \times K_v \times K_t \times K_\gamma \times K_g \times K^e \times K_{ac} \times K_{tex} \quad (1)$$

Bu yerda:

$Q$ - hisoblangan yoqilg'i sarfi [l/100 km]

$Q_0$ - ishlab chiqaruvchi standartidagi sarflar (l/100 km)

$K_v$ - haydash tezligiga bog'liq o'zgarish koeffitsienti

$K_t$ - tashqi havo haroratiga bog'liq o'zgarish koeffitsienti

$K_\gamma$ - yo'l sirt turiga bog'liq koeffitsienti

$K_g$ - yo'l qiyaligiga bog'liq qo'shimcha sarflar koeffitsienti

$K_e$ - dvigatel yoshiga bog'liq eskirish koeffitsienti

$K_{ac}$ - havo (Climat control)tizimi ta'siri koeffitsienti

$K_{tex}$ - umumiy texnik holat va eskirish koeffitsienti

Tezlik koeffitsienti kvadratik model asosida aniqlanadi. Optimal tezlikdan chetlashganda ( $v_0 = 90$  km/h) yoqilg'i sarfi oshib boradi. Past tezlikda transmissiya yo'qotishlari, yuqori tezlikda aerodinamik qarshilik kuchayadi:

$$K_v(v) = 1 + \alpha \times (v - v_0)^2 / v_0^2 \quad (2)$$

Bu yerda:  $v$  - haqiqiy tezlik [km/h];  $v_0 = 90$  km/h - optimal tezlik;  $\alpha = 0.40$ - o'lchamlashsiz koeffitsient (ECE R83 asosida).

### 1.1-jadval.

**Tezlik koeffitsienti jadvali**

| $v$ (km/h) | $(v - 90)^2$ | $K_v$ | Ta'rif          |
|------------|--------------|-------|-----------------|
| 60         | 900          | 1.044 | Shaharda sekin  |
| 90         | 0            | 1.000 | Optimal tezlik  |
| 110        | 400          | 1.020 | Magistral yo'l  |
| 130        | 1600         | 1.079 | Tezkor yo'l     |
| 160        | 4900         | 1.242 | Maksimal tezlik |

Harorat koeffitsienti parabolik (kvadratik) model asosida ifodalanadi. Optimal haroratdan ( $+20^\circ\text{C}$ ) chetlashganda sarflar oshadi. Sovuqda dvigatel isitish xarajatlari, issiqda esa kondensatsiya va bug'lanish yo'qotishlari oshadi:

$$K_t(T) = 1 + \beta \times (T - T_{opt})^2 / 1000 \quad (3)$$

Bu yerda:  $T$  - haqiqiy harorat [ $^\circ\text{C}$ ];  $T_{opt} = +20^\circ\text{C}$  - optimal harorat;  $\beta = 0.80$  - harorat ta'sir koeffitsienti.

Harorat ta'sirini ifodalovchi kvadratik modelda keltirilgan 1000 koeffitsienti fizik konstant emas, balki modelni amaliy ma'lumotlarga moslashtirish maqsadida kiritilgan empirik masshtablash (normalizatsiya) koeffitsienti hisoblanadi. Ushbu koeffitsient harorat farqi kvadratining ortiqcha

kattalashib ketishini cheklash va yoqilg'i sarfi o'zgarishini real ekspluatatsion sharoitlarga yaqinlashtirish uchun qo'llaniladi. Matematik jihatdan haroratdan og'ish kvadrati  $(T - T_{opt})^2$  katta qiymatlar berishi mumkinligi sababli, modelni barqarorlashtirish va o'lchovsiz koeffitsient  $K_t$  ni 1 atrofidagi diapazonda ushlab turish zarur bo'ladi. Shu sababli 1000 ga bo'lish orqali harorat ta'siri yumshatiladi va modelning sezgirligi me'yorlashtiriladi.[15]

## 1.2-jadval.

**Harorat ko'rsatkichlari**

| T (°C) | $(T - 20)^2$ | $K_t$ | Ta'rif       |
|--------|--------------|-------|--------------|
| -30    | 2500         | 3.000 | Qattiq sovuq |
| -15    | 1225         | 1.980 | Qish         |
| 0      | 400          | 1.320 | Bahor/kuz    |
| +20    | 0            | 1.000 | Optimal      |
| +38    | 324          | 1.259 | Qattiq issiq |

Yo'l qoplamasi koeffitsienti g'ildirak aylanma qarshilik koeffitsientiga asoslanib belgilanadi. Har bir yo'l turi uchun qiymat empirik tekshiruvlar asosida aniqlangan:

$$K_y = f(\text{yo'l turi}) \in [1.00; 1.70]$$

## 1.3-jadval.

**Yo'l qoplamasi turlariga bog'liq koeffitsientlar**

| No | Yo'l qoplamasi turi       | $K_y$ qiymati | Izoh                    |
|----|---------------------------|---------------|-------------------------|
| 1  | Quruq asfalt (a'lo holat) | 1.00          | Asosiy hisob holati     |
| 2  | Nam asfalt / beton        | 1.10          | +10% qo'shimcha sarflar |
| 3  | Shag'al / mayda tosh      | 1.25          | +25% sarflar            |
| 4  | Zichlashtirilmagan tuproq | 1.45          | +45% sarflar            |
| 5  | Qum yoki qor (gevşek)     | 1.70          | +70% - eng og'ir holat  |

Qiyalik koeffitsienti yo‘l yuzasining gorizontga nisbatan qiyalik burchagi asosida aniqlanadi. Qiyalik oshishi bilan gravitatsion qarshilik kuchayadi va sarflar eksponent tarzda o‘sadi:

$$K_g(\theta) = 1 + \gamma \times \sin(\theta \times \pi/180) \quad (4)$$

Bu yerda:  $\theta$  - qiyalik burchagi [ $^{\circ}$ ];  $\gamma = 3.50$  - gravitatsion ta’sir koeffitsienti; sin -sinusoidal funksiya.

#### 1.4-jadval.

**Yo‘l qiyalik foeffitsientlari**

| $\theta (^{\circ})$ | $\sin(\theta)$ | $K_g$ | Vaziyat           |
|---------------------|----------------|-------|-------------------|
| $0^{\circ}$         | 0.000          | 1.000 | Tekis yo‘l        |
| $3^{\circ}$         | 0.052          | 1.183 | Yengil qiyalik    |
| $5^{\circ}$         | 0.087          | 1.305 | O‘rta qiyalik     |
| $10^{\circ}$        | 0.174          | 1.608 | Tik qiyalik       |
| $15^{\circ}$        | 0.259          | 1.906 | Juda tik (kritik) |

Konditsioner tizimi dvigatel quvvatini iste’mol qilib, yoqilg‘i sarfini bevosita oshiradi. Shaharlik rejimda ta’siri yanada kuchli bo‘ladi:

$$K_{ac} = 1.10 \text{ (konditsioner yoniq)}$$

$$K_{ac} = 1.00 \text{ (konditsioner o‘chiq)}$$

Shaharlik rejimda konditsioner sarfini +10% dan +15% gacha oshirishi qayd etilgan. Magistral harakatda bu ta’sir +7...+10% ni tashkil etadi.

Avtomobil ekspluatatsiya qilingan sari dvigatel va transmissiya qismlari eskiradi: g‘ldirak podshipniklari, silindr-piston guruhi, siqilish darajasi pasayadi. Bu yoqilg‘i sarfini asta-sekin oshiradi:

$$K_{tex}(n) = 1 + \delta \times n \quad (5)$$

Bu yerda:  $n$  - ekspluatatsiya yillari soni;  $\delta = 0.012$  - yillik eskirish koeffitsienti (har yilda +1.2% sarflar ortishi).

**Avtomobil eskirishiga bog'liq koeffitsientlar**

| Yosh (n, yil) | $K_{\text{tex}}$ | Holat tavsifi                                   |
|---------------|------------------|-------------------------------------------------|
| 0 (yangi)     | 1.000            | Zavod holati, bazaviy sarflar                   |
| 3             | 1.036            | Yaxshi texnik holat, muntazam servis            |
| 7             | 1.084            | O'rtacha eskirish, kichik nosozliklar<br>mumkin |
| 12            | 1.144            | Sezilarli eskirish, ta'mirlash talab etiladi    |
| 20            | 1.240            | Katta eskirish, +24% sarflar ortgan             |

Yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarning kompleks tahlili shuni ko'rsatadiki, avtomobilning real ekspluatatsion samaradorligi faqat bitta dominant omil (masalan, tezlik yoki dvigatel hajmi) bilan emas, balki ko'p omilli multiplikativ model orqali ifodalanadigan tizimli ta'sirlar yig'indisi bilan belgilanadi. Matematik model (1) asosida har bir koeffitsientning 1 dan chetlashishi yoqilg'i sarfiga mutanosib ravishda ta'sir qiladi.

Eng sezilarli ta'sirlar quyidagilardan iborat:

Harorat omili ( $K_t$ ) - optimal  $+20^{\circ}\text{C}$  dan chetlashganda, ayniqsa qattiq sovuqda ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) sarflar 2 baravargacha oshishi mumkin. Bu yoqilg'i sarfining iqlimiy sezgirligini ko'rsatadi.

Yo'l qoplamasi ( $K_y$ ) - qum yoki qorda harakatlanish sarflarni 70% gacha oshiradi, bu esa yo'l infratuzilmasi sifatining energiya samaradorligiga bevosita ta'sirini isbotlaydi.

Qiyalik ( $K_{\beta}$ ) -  $15^{\circ}$  li tik qiyalikda sarflar deyarli ikki baravar (1.9 marta) ortadi, bu relyefning gravitatsion qarshilik orqali yoqilg'i iste'moliga kuchli ta'sirini ko'rsatadi.

Eskirish ( $K_{\text{tex}}$ ) - 20 yil davomida avtomobilning texnik holati yomonlashishi natijasida yoqilg'i sarfi 24% ga oshadi, bu muntazam texnik xizmat ko'rsatishning uzoq muddatli iqtisodiy ahamiyatini tasdiqlaydi.

Umumiy xulosa qilib aytganda, yoqilg‘i tejamkorligini maksimal darajada oshirish uchun faqat haydovchi uslubi yoki dvigatel sozligiga emas, balki iqlim, yo‘l sharoiti, avtomobil yoshi va konditsionerdan foydalanish kabi omillarni kompleks ravishda optimallashtirish talab etiladi. Matematik model shuni ko‘rsatadiki, bir nechta omillarning bir vaqtning o‘zida 1 dan katta qiymat olishi (masalan, sovuq havo + tik qiyalik + eskirgan dvigatel) yoqilg‘i sarfini bazaviy qiymatga nisbatan bir necha baravar oshirishi mumkin. Shu sababli, real sharoitda energiya samaradorligini baholashda ko‘p faktorli tahlil majburiy hisoblanadi.

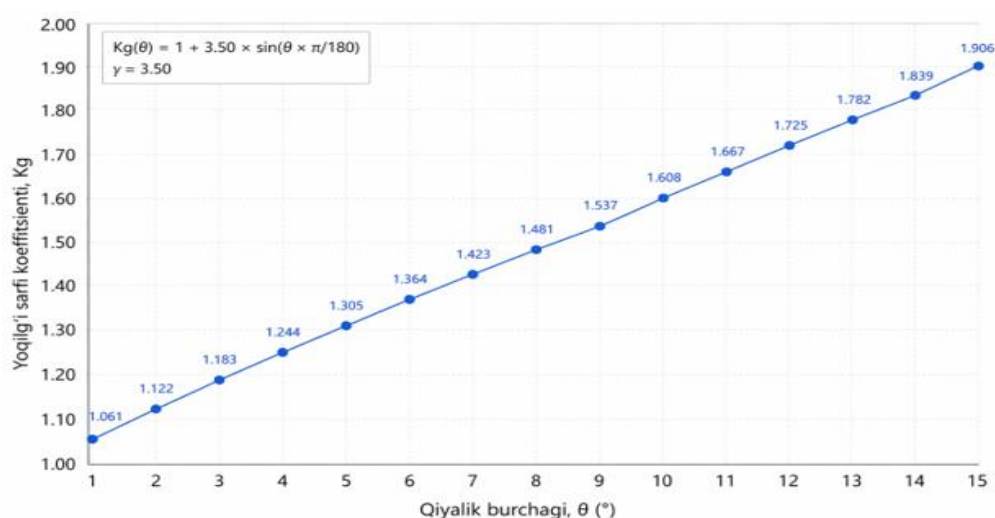
### **1.3. Harakat rejimi va yo‘l sharoitlarining yoqilg‘i sarfiga ta’siri**

Avtomobilning harakat rejimi - ya’ni tezlanishlar, tormozlanishlar soni, to‘xtashlar chastotasi hamda barqaror tezlikda harakatlanish davomiyligi - yoqilg‘i sarfini belgilovchi eng muhim ekspluatatsion omillardan biri hisoblanadi. Shahar sharoitida tez-tez to‘xtab qayta harakatlanish (stop-and-go rejim) dvigatelning ish rejimlarida to‘xtalishlarga olib keladi va bu holatda uning samaradorligi pasayadi, natijada yoqilg‘i sarfi ortadi. Aksincha, magistral yo‘llarda bir maromdagi barqaror tezlikda harakatlanish dvigatelni optimal ish rejimiga yaqinlashtirib, eng past yoqilg‘i iste’molini ta’minlaydi. Ayniqsa, haydovchining keskin boshqaruv uslubi-keskin tezlanishlar va kechikkan tormozlashlar-yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada, hatto 20–30% gacha oshirishi mumkin.

Yo‘l sharoiti esa avtomobilning harakatiga bevosita tashqi qarshiliklar orqali ta’sir qiluvchi kompleks omillar majmuasidir. U yo‘l qoplamasi turi va sifati, sirtning notekisligi, qiyalik darajasi, burilishlar geometriyasi hamda tirbandlik holatini o‘z ichiga oladi. Yo‘l nishabligi ortishi avtomobilga qo‘shimcha gravitatsion yuklama berib, dvigatelning ko‘proq quvvat ishlab chiqarishini talab qiladi. Masalan, o‘rtacha 5–7° qiyalikda harakatlanish tekis yo‘lga nisbatan yoqilg‘i sarfini 25–40% gacha oshirishi mumkin. Shu bilan birga, yomon sifatli yo‘l qoplamasi g‘ildiraklarning dumalanish qarshiligini kuchaytiradi, bu esa energiya yo‘qotishlarini yanada oshiradi. Tirbandlik sharoitida esa tezlikning keskin o‘zgarishi va doimiy tormozlanishlar yoqilg‘i

samaradorligini sezilarli darajada kamaytiradi. Umuman olganda, harakat rejimi va yo‘l sharoiti o‘zaro chambarchas bog‘liq bo‘lib, avtomobilning real ekspluatatsion yoqilg‘i tejamkorligini shakllantiruvchi asosiy omillar sifatida qaraladi. Ushbu ikki guruh omillarni hisobga olmasdan turib yoqilg‘i sarfini to‘liq va aniq optimallashtirish mumkin emas. Shu boisdan, keyingi tadqiqotlarda harakat rejimi parametrlari (o‘rtacha tezlik, tezlanish intensivligi, to‘xtashlar soni) hamda yo‘l sharoiti ko‘rsatkichlarini (qiyalik, qoplama sifati, tirbandlik darajasi) miqdoriy modellashtirishga alohida e‘tibor qaratiladi.

**Grafik-1.1.Qiyalikning yoqilg‘i sarfiga ta’siri**

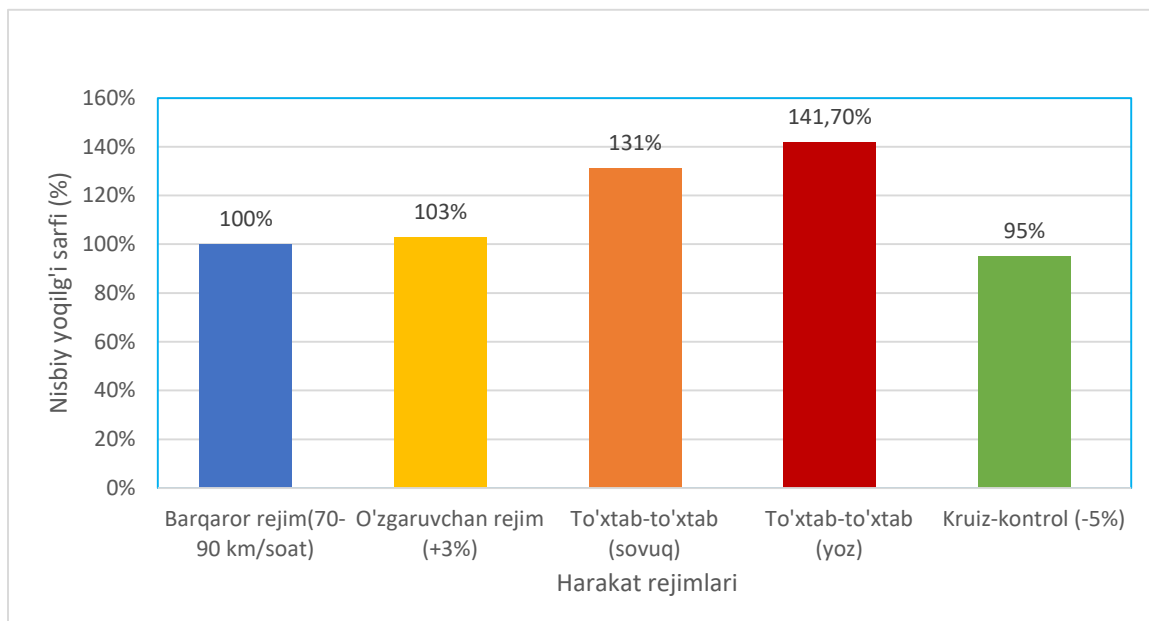


Harakat rejimi deganda avtomobilning vaqt bo‘yicha tezlik, tezlanish, tormozlanish va to‘xtashlar chastotasining o‘zgarishi tushuniladi. Ushbu omillar yoqilg‘i sarfiga quyidagi mexanizmlar orqali ta’sir qiladi:

Dvigatelning barqaror ish rejimida uning eng yuqori termodinamik samaradorlikka erishadigan optimal ekspluatatsion holati hisoblanadi. Bunday sharoitda yonilg‘ining yonish jarayoni to‘liq va samarali kechadi, issiqlik almashinuvi esa eng maqbul darajada amalga oshadi. Bu holat dvigatelning asosiy parametrlarining – aylanishlar tezligi, yuklama va havo-yonilg‘i aralashmasi nisbatining – vaqt bo‘yicha o‘zgarmasligi bilan tavsiflanadi. O‘zgaruvchan rejimlarda esa dvigatel ichidagi termodinamik jarayonlar yangi muvozanat holatiga to‘liq moslashishga ulgurmaydi, natijada yoqilg‘i samaradorligi pasayadi. Ayniqsa, termal o‘zgaruvchan holatlar muhim bo‘lib, dvigatel haroratining keskin o‘zgarishi yonilg‘i sarfining ortishiga olib keladi. Tadqiqotlar

shuni ko'rsatadiki, o'zgaruvchan rejimlarda yoqilg'i sarfi barqaror rejimga nisbatan taxminan 3% gacha ko'payishi mumkin. Yengil avtomobillar uchun eng samarali tezlik oralig'i odatda 70–90 km/soatni tashkil etadi. Magistral yo'llarda kruiz-kontrol tizimidan foydalanish esa tezlanish va sekinlashishlarni kamaytirib, yoqilg'i sarfini 5% gacha qisqartirish imkonini beradi.

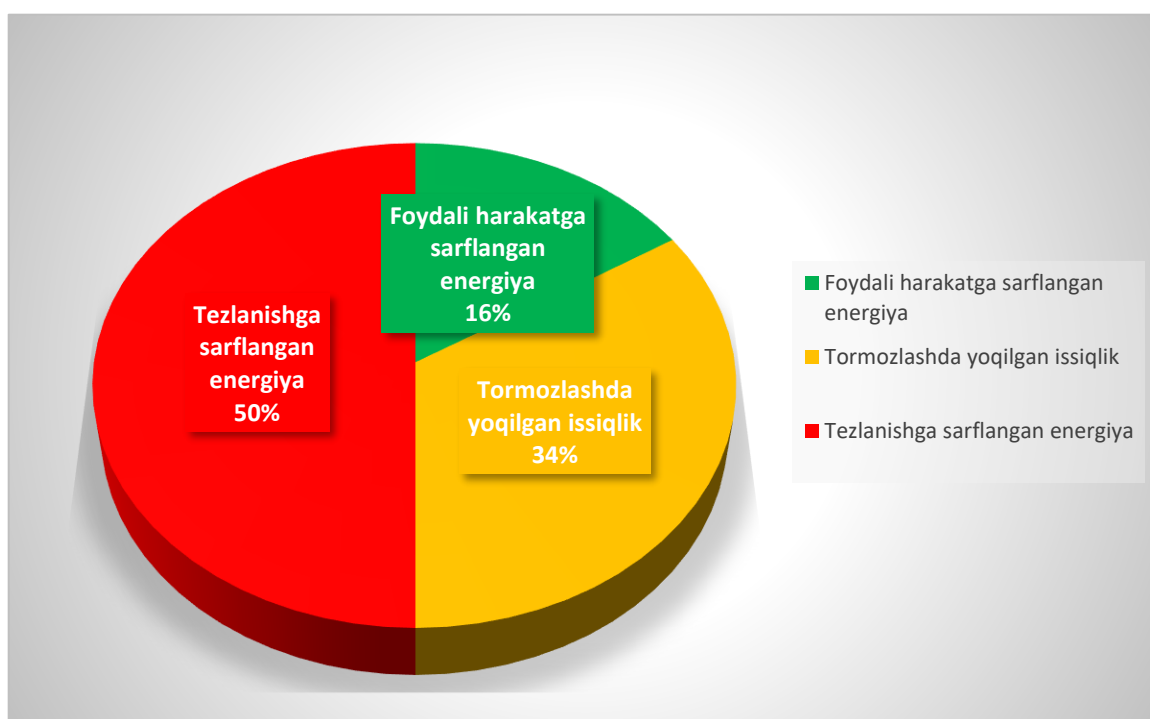
**Grafik 1.2. Harakat rejimining yoqilg'i sarfiga ta'siri**



Haydovchi tomonidan tez-tez tezlanish va tormozlanish amallarining bajarilishi natijasida yoqilg'i sarfi keskin ortib ketadi va bu holat ekspluatatsion omillar ichida eng muhimlaridan biri sifatida baholanadi. Ilmiy adabiyotlarda mazkur jarayon odatda “keskin tezlanish va sekinlashish hodisalari” termini bilan yuritiladi hamda bunday harakatlarning takrorlanish chastotasi oshgan sari yoqilg'i iste'moli va atmosferaga chiqariladigan zararli moddalar miqdori ham mutanosib ravishda ko'payishi ilmiy jihatdan isbotlangan. Ushbu holatning fizik mazmuni quyidagicha tushuntiriladi: har safar tezlanish amalga oshirilganda dvigatel avtomobilning inertsiasini yengish uchun qo'shimcha energiya ishlab chiqaradi, keyinchalik tormozlanish jarayonida esa to'plangan kinetik energiya hech qanday foydali ish bajarmay, issiqlik energiyasi sifatida atrof muhitga sochilib ketadi. Shahar sharoitida olib borilgan maxsus ilmiy kuzatuvlar natijasiga ko'ra, dvigatel tomonidan ishlab chiqarilgan umumiy energiyaning qariyb 50 foizi aynan tezlanishga sarflanadi va bu energiyaning uchdan ikki qismi (ya'ni 67 foizi)

tormozlanish vaqtida butunlay isrofga aylanadi. Harakat rejimlarining qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, regional transport harakatidan to'xtab-to'xtab harakatlanish rejimiga o'tilganda, ayniqsa sovuq qish faslida, yoqilg'i samaradorligi 25-37 foizga pasayib ketadi. Yozgi mavsumda esa soatiga 80 kilometr bo'lgan barqaror tezlikdagi harakat bilan to'xtab-to'xtab harakatlanish o'rtasidagi farq 41,7 foizni tashkil qiladi. Tez-tez tezlanish va tormozlanish energiya yo'qotilishiga olib kelishining yana bir sababi shundaki, bunday ekspluatatsiya sharoitida dvigatel doimiy ravishda zo'riqish ish rejimida faoliyat yuritadi, bu esa yonilg'ining to'liq yonmasligiga va yonish samaradorligining keskin tushib ketishiga sabab bo'ladi. Operatsion o'tkinchi effekt deb nomlanuvchi bu holat, ayniqsa, tezlik va dvigatel yuklamasining keskin o'zgarishi oqibatida vujudga keladi. Qiziqarli jihati shundaki, svetofor bilan jihozlangan chorrahalarda qizil chiroqning yonish vaqti to'g'risida haydovchilarga oldindan axborot berilganda (masalan, miltillovchi yashil signal tizimi orqali), ular eng maqbul tormozlanish yoki tezlanish strategiyasini tanlash imkoniyatiga ega bo'ladilar va natijada oddiy svetofor tizimiga nisbatan yoqilg'i sarfini sezilarli darajada kamaytirishlari mumkin.[16]

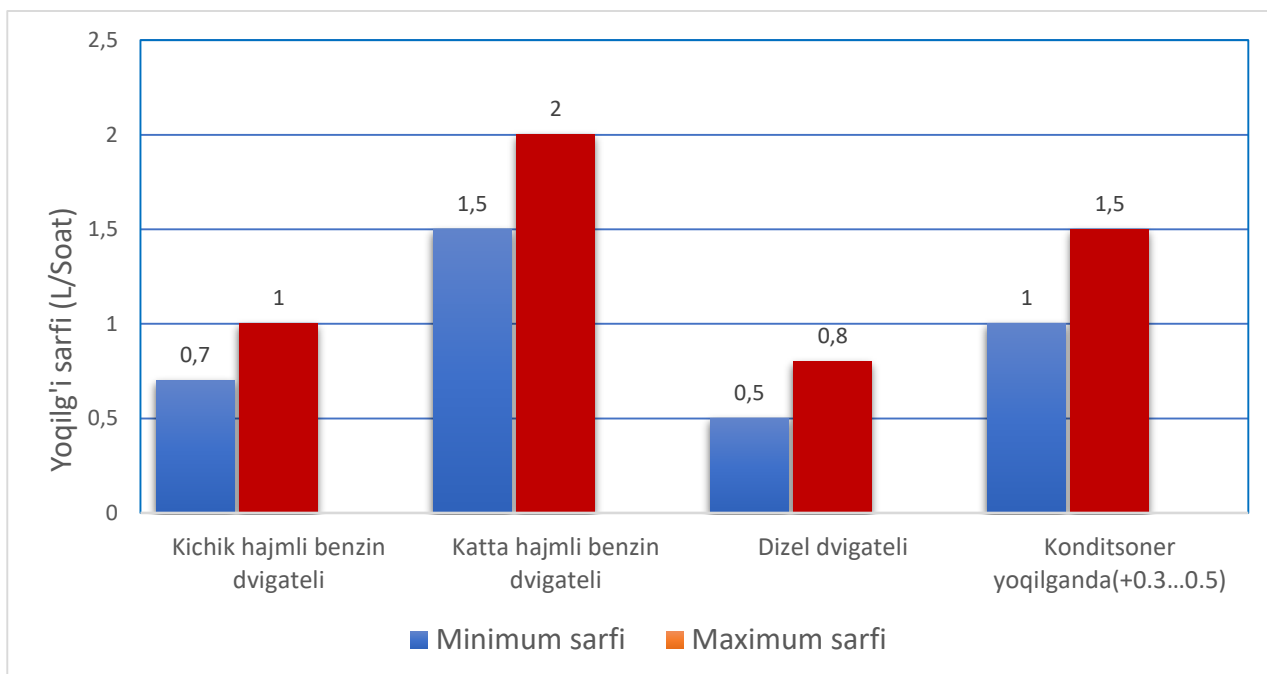
**Grafi 1.3.Shahar harakatida energiya taqsimoti**



Avtomobil to'liq harakatsiz holatda turgan paytda dvigatel ishlashda davom etishi va yonilg'i sarflashda davom etishi yoqilg'i tejamkorligi nuqtai nazaridan eng katta isrofgarchilik manbalaridan biri hisoblanadi. Aksariyat haydovchilar to'xtab turish vaqtida ham yoqilg'i sarflanayotganiga yetarlicha e'tibor bermaydilar yoki bu holatning miqdoriy jihatlarini unutib qo'yadilar. Holbuki, bo'sh turish rejimidagi yoqilg'i sarfi dvigatelning hajmi, uning turi (benzin yoki dizel), aylanishlar soni hamda qo'shimcha energiya iste'molchilari – konditsioner, isitish tizimi, audio va video uskunalari – faoliyatiga bevosita bog'liqdir. Amaliy o'lchovlar va ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, kichik hajmli benzinli dvigatel soatiga o'rtacha 0,7 dan 1,0 litrgacha, katta hajmli yoki yoshi katta benzinli dvigatel esa soatiga 1,5 dan 2,0 litrgacha yoqilg'i sarflaydi. Dizel dvigatellari odatda bo'sh turish rejimida benzinli dvigatellarga nisbatan bir oz kamroq yoqilg'i iste'mol qiladi, biroq bu farq unchalik katta emas. Eng muhim amaliy tavsiyalardan biri quyidagicha: dvigatelni qayta ishga tushirish uchun zarur bo'lgan yoqilg'i miqdori taxminan 10 sekundlik bo'sh turish vaqtida sarflanadigan yoqilg'idan kamroqdir. Shunday ekan, agar haydovchi 10 sekunddan uzoqroq vaqt davomida harakatsiz qolishni kutayotgan bo'lsa (masalan, uzoq vaqt yonayotgan svetofor, temir yo'l kesishmasi yoki tirbandlik oldida), dvigatelni vaqtincha o'chirib qo'yish yoqilg'ini tejashning eng samarali usuli hisoblanadi. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, rivojlangan mamlakatlarda yo'lovchi avtomobillari ishlayotgan umumiy vaqtining taxminan 20 foizi aynan bo'sh turish rejimiga to'g'ri keladi. Bu ko'rsatkich, ayniqsa, yirik shaharlarda, tirbandliklar va svetoforlar ko'p bo'lgan hududlarda yanada yuqori bo'lishi mumkin. Zamonaviy avtomobillarda qo'llanilayotgan start-stop tizimi avtomobil to'liq harakatsiz holatga kelganda dvigatelni avtomatik ravishda o'chiradi va haydovchi gaz pedalini bosishi bilan uni bir zumda qayta ishga tushiradi. Mazkur tizim shahar sharoitida yoqilg'i sarfini 5 dan 10 foizgacha kamaytirish imkoniyatini beradi. Shu bilan birga, dvigatelni tez-tez o'chirib-qayta ishga tushirish akkumulyator va starter tizimining xizmat muddatiga ma'lum darajada

ta'sir qilishi mumkin, shuning uchun start-stop tizimlari maxsus mustahkamlangan komponentlar bilan jihozlanadi.[1]

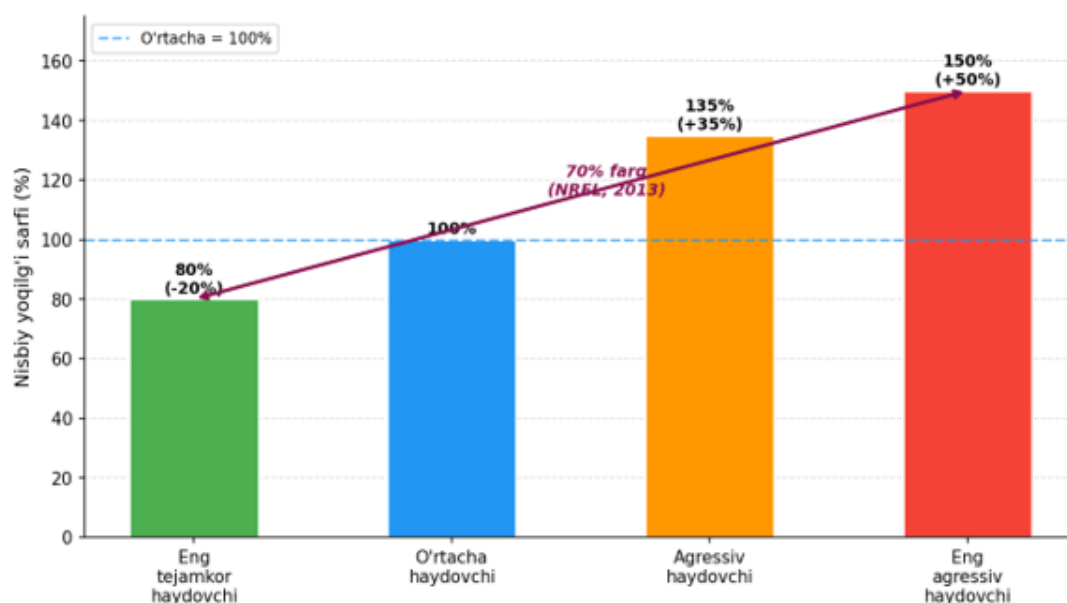
**Grafik 1.4. Dvigatel bo'sh ishlash rejimida yoqilg'i sarfi  
(Dvigatel turlariga ko'ra (L/Soat))**



Haydovchining keskin haydash uslubi ayniqsa keskin tezlanishlarni tez-tez amalga oshirishi yoqilg'i sarfiga eng kuchli va bevosita ta'sir etuvchi omillardan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda "haydovchi keskinligi" deb nomlanuvchi bu hodisa o'ziga xos bir qator xususiyatlar bilan tavsiflanadi: keskin va jadal tezlanishlar (ya'ni yuqori tezlanish qiymatlari), ruxsat etilgan tezlik chegarasidan ancha yuqori tezliklarda harakatlanish, chorrahalar va to'siqlar oldida kechikkan hamda o'ta keskin tormozlanishlar, shuningdek dvigatel aylanishlarining doimiy ravishda yuqori zonasida (yuqori RPM) ishlatilishi. Ushbu haydash uslubining yoqilg'i sarfiga ta'sir qilish mexanizmi fizik nuqtai nazardan quyidagicha izohlanadi: keskin tezlanish vaqtida dvigatel boshqaruv tizimi boy havo-yonilg'i aralashmasini hosil qiladi, ya'ni havoga nisbatan yonilg'i miqdori me'yor holatidagidan ancha ko'p bo'ladi. Bunday boy aralashmada yonish jarayoni to'liq va samarali kechmaydi, yonilg'ining ma'lum bir qismi butunlay yonib ulgurmaydi, natijada dvigatelning foydali ish koeffitsienti keskin pasayib ketadi. Buning ustiga, yuqori aylanishlar sonida dvigatelning ichki qismlari – porshenlar,

silindr devorlari, kolenvall podshipniklari – o‘rtasidagi ishqalanish kuchi eksponentsial ravishda ortadi, bu esa qo‘shimcha energiya yo‘qotishlariga sabab bo‘ladi. AQShning Milliy Qayta Tiklanadigan Energiya Laboratoriyasi (NREL) tomonidan o‘tkazilgan keng qamrovli tadqiqot natijalari juda muhim va ibratli statistik ma’lumotlarni taqdim etadi: eng tejamkor haydovchilar o‘rtacha statistik haydovchiga nisbatan 20 foiz kamroq yoqilg‘i sarflaydi, eng keskin haydovchilar esa o‘rtacha ko‘rsatkichga nisbatan 50 foiz ko‘proq yoqilg‘i iste’mol qiladi. [16]

**Grafik-1.5. Haydovchi haydash uslubining yoqilg‘i sarfiga ta’siri**



## I bob bo'yicha xulosa

Ushbu bobda yengil avtomobillarda yoqilg'i sarfining nazariy asoslari, xalqaro ilmiy adabiyotlar tahlili hamda yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarning matematik modeli keng yoritildi. Bob bo'yicha quyidagi asosiy xulosalar shakllandi.

1) xalqaro ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatdiki, yoqilg'i sarfi birorta yakka omil bilan emas, balki bir-biri bilan o'zaro bog'liq ko'plab omillar majmuasi bilan belgilanadi. Heywood (1988), Gillespie (1992), Bosch (2018) kabi fundamental ilmiy manbalar va NREL, EEA, UNECE kabi xalqaro tashkilotlarning tadqiqotlari yoqilg'i sarfini boshqarishda kompleks yondashuvning zarurligini ilmiy jihatdan isbotlagan.

2) yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillar to'rtta asosiy guruhga — ekspluatatsion, texnik, iqlimiy va yo'l omillari — bo'linishi aniqlandi. Ushbu omillarning har biri o'ziga xos mexanizm orqali yoqilg'i sarfiga ta'sir ko'rsatib, ular bir vaqtda ta'sir qilganda sinergetik effekt vujudga keladi, ya'ni umumiy ta'sir alohida omillar ta'sirlarining oddiy yig'indisidan oshib ketishi mumkin.

3) yoqilg'i sarfini miqdoriy baholash uchun multiplikativ koeffitsientlar modeli —  $Q = Q_0 \times K_v \times K_t \times K_\gamma \times K_g \times K_{ac} \times K_{tex}$  — eng maqbul yondashuv sifatida aniqlandi. Ushbu model har bir omilning ta'sirini mustaqil koeffitsient orqali ifodalab, ularning birgalikdagi ta'sirini bazaviy sarfga nisbatan ko'rsatish imkonini beradi. Model ECE R83, ISO va UNECE standartlari talablariga to'liq mos keladi.

4) tezlik koeffitsienti  $K_v$  tahlili shuni ko'rsatdiki, eng tejamkor tezlik oralig'i 70–90 km/soat bo'lib, bu oraliqda  $K_v = 1.000$  qiymatiga erishiladi. Tezlik ushbu oraliqdan pastga yoki yuqoriga og'ganda yoqilg'i sarfi oshib boradi — 40 km/soatda  $K_v = 1.098$ , 130 km/soatda esa  $K_v = 1.079$  bo'ladi.

5) harorat koeffitsienti  $K_t$  tahlili shuni aniqladi: optimal harorat +20°C bo'lib, bundan chetlashganda sarflar oshadi. Argonne National Laboratory tadqiqotlari asosida -7°C haroratda yoqilg'i sarfi +15%, +38°C haroratda esa konditsioner ta'siri tufayli +5–10% ortishi aniqlandi. Bu O'zbekistonning

qurg'oqchil iqlimi uchun, ayniqsa Surxondaryo viloyati kabi issiq mintaqalarda amaliy ahamiyat kasb etadi.

6) yo'l qoplamasi sifati ( $K_\gamma$ ) va qiyalik ( $K_g$ ) koeffitsientlari tahlili shuni ko'rsatdiki, yo'l infratuzilmasi sifati yoqilg'i sarfiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. IRI indeksi 4 m/km dan oshganda sarflar 5–10% ga, 5° nishabli yo'lda harakatlanishda esa tekis yo'lga nisbatan 30% ga ortadi.

7) texnik holat koeffitsienti  $K_{\text{tex}}$  tahlili shuni ko'rsatdiki, avtomobilning har yillik ekspluatatsiyasi sarfni o'rtacha 1.2% ga oshiradi. 20 yillik ekspluatatsiyada esa umumiy texnik eskirish natijasida sarflar 24% ga ortishi mumkin. Bu muntazam texnik xizmat ko'rsatishning nafaqat texnik, balki iqtisodiy ahamiyatini ham tasdiqlaydi.

Xulosa qilib aytganda, I bobda shakllangan nazariy asos — multiplikativ koeffitsientlar modeli va har bir omilning miqdoriy ta'siri — keyingi boblar uchun ilmiy poydevor vazifasini bajaradi. Ushbu modelning O'zbekiston sharoitlariga moslashtirilishi va real eksperiment orqali sinovdan o'tkazilishi II va III boblarda batafsil yoritiladi.

## **II BOB. TADQIQOT METODOLOGIYASI VA YOQILG‘I SARFINI BAHOLASH USULLARI**

### **2.1. Tadqiqot ob’ekti va metodologiyasi**

Mazkur dissertatsiya tadqiqotining ob’ekti sifatida real ekspluatatsiya sharoitlarida harakatlanishda foydalanilayotgan yengil avtomobil Chevrolet Cobalt avtomobili tanlab olingan. Tadqiqotda asosiy e’tibor benzinli ichki yonuv dvigateli bilan jihozlangan, ommaviy foydalanishda keng tarqalgan B sinf avtomobillariga qaratilgan bo‘lib, bu turdagi transport vositalari O‘zbekiston avtomobil parkining asosiy ulushini tashkil etadi hamda kundalik transport ehtiyojlarini qondirishda yetakchi o‘rin tutadi.

Tadqiqot predmeti esa yengil avtomobillarning yoqilg‘i sarfiga ta’sir etuvchi ekspluatatsion omillar - transport vositasining texnik holati, dvigatelning ishlash rejimlari, harakat tezligi va dinamikasi, yo‘l sharoiti, tirbandlik darajasi, iqlimiy omillar havo harorati, namlik, shuningdek, qo‘shimcha energiya iste’molchilari konditsioner, isitish tizimi va boshqa elektr jihozlarining ta’sirini o‘rganish hamda ularning yoqilg‘i sarfiga ko‘rsatadigan ta’sirini miqdoriy jihatdan baholash qonuniyatlarini aniqlashdan iborat.

Xalqaro tasniflash standartlariga ko‘ra, M1 toifasiga mansub yengil avtomobillar maxsus sinov tsikllari asosida baholanadi. Jumladan, Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure global(Yengil transport vositalari uchun global uyg‘unlashtirilgan sinov tartibi)[17] sinov standarti sifatida ishlab chiqilgan bo‘lib, u avval qo‘llanilgan New European Driving Cycle o‘rnini bosadi. Mazkur sikl laboratoriya sharoitida avtomobillarning yoqilg‘i sarfi va CO<sub>2</sub> chiqindilarini aniqlashga xizmat qiladi hamda real haydash sharoitlariga maksimal darajada yaqin natijalarni olishni maqsad qiladi. Shu bilan birga, ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, amaliy sharoitlarda o‘lchangan ko‘rsatkichlar bilan sertifikatlash jarayonida olingan natijalar o‘rtasida sezilarli tafovut mavjud. Xususan, Yevropada foydalanilayotgan o‘rtacha yengil avtomobillar uchun CO<sub>2</sub> chiqindilari bo‘yicha ushbu farq 25–35 g/km atrofida bo‘lib, bu taxminan 25 foizga yuqori qiymatni anglatadi.

## 2.1-jadval.

### Chevrolet Cobalt 1.5L (GM Uzbekistan) rasmiy texnik parametrlari

| №  | Parametr                     | Qiymat                                             | Manbasi                                    |
|----|------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1  | Dvigatel turi                | 1.5L 4-silindr DOHC<br>16V, Evro-5                 | GM Uzbekistan;<br>driversvillage.uz        |
| 2  | Quvvat                       | 105 ot kuchi (78 kW) /<br>5000 rpm                 | driversvillage.uz rasmiy                   |
| 3  | Burilish momenti             | 134 N·m / 3800 rpm                                 | Wikipedia; GM hujjati                      |
| 4  | Uzatma qutisi                | MT-5 (5-pogʻonali<br>mexanika) / AT-6<br>(avtomat) | driversvillage.uz rasmiy                   |
| 5  | Boʻsh massa                  | 1,152 kg                                           | JordanTimes - GM Uzbekistan<br>sinov       |
| 6  | Zavodiy sarfi (trassa)       | 6.2 L/100km                                        | driversvillage.uz rasmiy                   |
| 7  | Zavodiy sarfi<br>(kombinat.) | 6.7 L/100km                                        | driversvillage.uz rasmiy                   |
| 8  | Shahar sarfi (real)          | 8.4–8.5 L/100km                                    | your-online.ru; real sinov<br>maʼlumotlari |
| 9  | Aerodinamik Cd               | ≈ 0.32                                             | yourcobalt.com forum; sedan<br>sinf        |
| 10 | Frontal yuza (A)             | ≈ 2.07 m <sup>2</sup> (1.737 × 1.45<br>× 0.82)     | Oʻlchamlar asosida hisoblangan             |
| 11 | Shina                        | 195/65R15                                          | GM Uzbekistan texnik hujjati               |
| 12 | Bak hajmi                    | 50 L                                               | GM Uzbekistan texnik hujjati               |
| 13 | Yoqilgʻi turi                | AI-92 benzin                                       | GM Uzbekistan;<br>driversvillage.uz        |
| 14 | Oʻlchamlari (U×K×B)          | 4479 × 1735 × 1514 mm                              | GM Uzbekistan texnik hujjati               |
| 15 | Aks oraligʻi                 | 2620 mm                                            | GM Uzbekistan texnik hujjati               |

Mazkur tadqiqot metodologiyasi yengil avtomobillarning yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarni har tomonlama o'rganish, ularni miqdoriy jihatdan baholash hamda amaliy sharoitlarda tekshirishga qaratilgan kompleks yondashuvga asoslanadi. Tadqiqot uch bosqichda - nazariy-analitik, eksperimental-o'lchov va statistik-hisobiy usullar asosida amalga oshiriladi.

1-bosqich: Nazariy-analitik usul. Mazkur bosqich tadqiqotning nazariy asosini shakllantiradi va uning poydevori hisoblanadi. Ushbu jarayonda amaliy tajribalar o'tkazilmaydi, balki mavjud ilmiy manbalar, standartlar hamda ilg'or tadqiqotlar chuqur tahlil qilinadi. Asosiy e'tibor yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash va ularni baholash usullarini o'rganishga qaratiladi. Dastlab, yetakchi xalqaro tashkilotlar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tahlil qilinadi. Xususan, transport energetikasi va ekologiyasi sohasida faoliyat yurituvchi tashkilotlar tomonidan haydovchi uslubi, harakat tezligi, tashqi muhit harorati, yo'l turi va boshqa ekspluatatsion omillarning yoqilg'i sarfiga ta'siri bo'yicha olingan natijalar o'rganiladi. Ushbu manbalar asosida omillarning miqdoriy ta'siri aniqlanadi. Quyida esa 1-bobda keltirilgan nazariy ma'lumotlar, formuladan(1) foydalanib misol keltirilgan:

$$Q = Q_0 \times K_v \times K_t \times K_\gamma \times K_g \times K_{ac} \times K_{tex}$$

Bu yerda:  $Q_0$ -6.7

$K_v$  -1.044 (60km/soatda)

$K_t$  -1 ga teng (optimal harorat 20gradusda)

$K_\gamma$  -1 ga teng (quruq asfaltda)

$K_g$ - 1ga teng (tekis yo'l)

$K_{ac}$ -1ga teng (konditsioner yoqilmagan)

$K_{tex}$ -1.036 (avtomobil ishlab chiqorilganiga 3yil bo'lgan)

$$Q=6.7 \times 1.044 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1.036 = 7.247L$$

Cobalt avtomobili nazariy jihatdan hisob kitob qilinganda 100km uchun yoqilg'i sarfi 7.247 L ekanligini kelib chiqdi.

2-bosqich: Eksperimental-o'lchov usuli. Mazkur bosqich tadqiqotning amaliy qismini tashkil etadi va real ekspluatatsiya sharoitida ma'lumotlar yig'ishga qaratilgan. Tadqiqot jarayonida avtomobillardan to'g'ridan-to'g'ri ma'lumot olish uchun zamonaviy diagnostika va kuzatuv vositalaridan foydalaniladi. Asosiy o'lchov vositasi sifatida OBD-II diagnostika interfeysi qo'llaniladi. Ushbu tizim orqali dvigatelning ishlash parametrlari real vaqt rejimida qayd etiladi. Yengil avtomobillarning ekspluatatsion jarayonida yoqilg'i sarfini aniqlash muhim texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Yoqilg'i sarfini to'g'ri va aniq baholash avtomobil samaradorligini tahlil qilish hamda ekspluatatsion xarajatlarni hisoblash imkonini beradi. Mazkur tadqiqotda yoqilg'i sarfini aniqlash uchun bir nechta amaliy eksperimental usullar qo'llanildi. Eksperiment o'tkazish metodi sifatida to'liq bak (full tank-to'ldirish) usuli qo'llanildi (ilova 5-6-rasm). Ushbu usulga ko'ra avtomobil yonilg'i baki to'liq to'ldiriladi, so'ngra ma'lum masofa bosib o'tiladi va yana to'liq to'ldirish amalga oshiriladi. Yoqilg'i quyishdagi farq asosida sarflangan yoqilg'i miqdori aniqlanadi. Ushbu usul amaliy sharoitda eng ko'p qo'llaniladigan va nisbatan ishonchli usullardan biri hisoblanadi.

Avtomobil turi- Chevrolet Cobalt

Avtomobilning ishlab chiqarilgan yili-2023 yil

Avtomobilning yoqilg'i turi-benzin AI-92

Avtomobilning umumiy bosib o'tgan masofasi-35000km

Avtomobil harakatlangan yo'l sharoiti-Asfalt

Avtomobil harakatlangan qisim -aralash (shaxar hamda trassa)

Avtomobil eksperiment davomida bosib o'tgan masofa – 50 km

Endi esa avtomobil haraktlangan vaqtdagi iqlim sharoitlari hamda qaysi geografik hududda amalga oshirilgani haqida ma'lumot:

Hudud - Surxondaryo viloyati Sherabod tumanida

Ob-havo harorati - selsiy bo'yicha 20-25 graduslar oralig'ida

Shamol tezligi-janubi g'arbdan 4-6 km/soat

Yoqilg'i sarfini o'lchashda to'ldirish usuli qo'llanildi. Ushbu metodikaga ko'ra, tajriba boshlanishidan oldin yoqilg'i baki to'liq to'ldirildi va avtomobil ma'lum masofa bosib o'tgach, yana yoqilg'i bakigacha benzin quyildi. Quyilgan yoqilg'i miqdori o'lchov asboblari yordamida aniqlanib, bosib o'tilgan masofa bilan taqqoslandi. Yoqilg'i sarfi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$Q=V/S*100 \quad (6)$$

bu yerda:

Q - yoqilg'i sarfi (l/100 km),

V - sarflangan yoqilg'i miqdori (l),

S- bosib o'tilgan masofa (km).

Berilgan: V=4.75l S=50

Yechilishi:  $Q=V/S*100=4.75/50*100=0.095*100=9.5l$

Qilingan tajribadan ko'rinib turibdiki Cobalt avtomobili real sharoitdagi ekspluatatsiyasida 9.5l yoqilg'i sarf qilar ekan(ilova 7-8-rasm). Olingan natijalar nazariy yoqilg'i sarfi ko'rsatkichlari bilan solishtirilib, ekspluatatsiya sharoitining yoqilg'i sarfiga ta'siri tahlil qilindi. Natijada real sharoitda yoqilg'i sarfi ishlab chiqaruvchi tomonidan ko'rsatilgan qiymatlardan farq qilishi aniqlanib, bunga yo'l sharoiti, haydash uslubi va avtomobilning texnik holati asosiy omillar sifatida baholandi.

3-bosqich statistik-hisobiy usullar: Bu bosqichda biz yuqorida keltirilgan ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan ko'rsatkichlar, nazariy hisob kitob orqali qilingan ko'rsatkichlar hamda o'tkazilgan eksperiment asosida olingan ma'lumotlarni hisob kitob qilib solishtiramiz hamda grafiklar tuzamiz. Ushbu bosqichda tadqiqotning uchta asosiy ko'rsatkichi - ishlab chiqaruvchi tomonidan e'lon qilingan me'yoriy sarflar, nazariy hisob-kitob natijalari hamda real ekspluatatsiya sharoitida o'tkazilgan eksperiment ma'lumotlari qiyosiy tahlil qilindi. Olingan natijalar statistik jihatdan ishlab chiqildi va grafik ko'rinishda tasvirlandi.

Birinchi ko'rsatkich sifatida ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan standart yoqilg'i sarfi olindi. Chevrolet Cobalt avtomobili uchun zavod

spetsifikatsiyasiga ko'ra bu qiymat 6.7 L/100 km ni tashkil etadi. Ushbu raqam ideal laboratoriya sharoitlarida, tekis yo'lda, optimal harorat va tezlikda o'lchangan me'yoriy ko'rsatkich hisoblanadi va real ekspluatatsiya uchun taqqoslash bazasi vazifasini bajaradi.

Ikkinchi ko'rsatkich - nazariy hisob-kitob asosida aniqlangan yoqilg'i sarfi. Hisoblash jarayonida bazaviy sarfga ( $Q_0 = 6.7 \text{ L}$ ) bir qator ekspluatatsion koeffitsientlar tatbiq etildi: tezlik koeffitsienti  $K_v = 1.044$  (60 km/soat), harorat koeffitsienti  $K_t = 1.0$  (20°C optimal sharoit), yo'l qoplamasi  $K_y = 1.0$  (quruq asfalt), relyef koeffitsienti  $K_g = 1.0$  (tekis yo'l), konditsioner holati  $K_{ac} = 1.0$  (o'chirilgan) va texnik eskirish koeffitsienti  $K_{tex} = 1.036$  (3 yillik avtomobil). Barcha omillarni hisobga olgan holda nazariy sarfning qiymati 7.247 L/100 km ga teng ekanligi aniqlandi. Bu ishlab chiqaruvchi me'yoridan 8.2% yuqori bo'lib, asosan avtomobilning biroz eskirganligi va real tezlik rejimining ta'sirini aks ettiradi.

Uchinchi ko'rsatkich - real ekspluatatsiya sharoitida to'ldirish usuli yordamida o'lchangan yoqilg'i sarfi. Tajriba Surxondaryo viloyatining Sherabod tumanida, 2023 yilda ishlab chiqarilgan Chevrolet Cobalt avtomobilida o'tkazildi. Ob-havo sharoiti: harorat 20–25°C, janubi-g'arbdan shamol 4–6 km/soat. Avtomobil 50 km aralash yo'l (shahar va trassa) bosib o'tdi, sarflangan yoqilg'i miqdori 4.75 litr bo'ldi. Hisob formulasi  $Q = V/S \times 100 = 4.75/50 \times 100$  asosida real sarfning qiymati 9.5 L/100 km ekanligi aniqlandi. Bu ko'rsatkich ishlab chiqaruvchi me'yoridan 41.8% yuqori ekanligini ko'rsatadi.

Yuqorida ko'rinib turibdiki, uchala ko'rsatkich o'rtasida sezilarli farq mavjud. Ishlab chiqaruvchi me'yoridan nazariy hisob-kitobga o'tishda 0.547 L/100 km (8.2%) ortish kuzatilgan bo'lsa, nazariy hisob-kitobdan real natijaga o'tishda esa 2.253 L/100 km (31.1%) keskin oshish qayd etildi. Real sarfning me'yordan yuqori bo'lishiga bir qator omillar ta'sir ko'rsatdi. Yo'l sharoiti jihatidan aralash (shahar va trassa) rejimda harakatlanish, yo'lning ba'zi qismlarida chuqurchalar va nosimmetrik qoplamaning mavjudligi yoqilg'i sarfini oshirishga olib keldi. Haydash uslubi ham muhim rol o'ynadi - shaharda tez-tez

to'xtash, tezlanish va sekinlanishlar dvigateldagi yuklamani oshiradi. Avtomobilning texnik holati ham e'tiborga olinishi lozim: 35 000 km bosib o'tgan va 3 yillik Cobalt avtomobilida dvigatel qismlarining tabiiy eskirishi yoqilg'i yonish samaradorligini biroz pasaytiradi.

## **2.2. Yo'l va iqlim sharoitining ta'sirini aniqlash usullari**

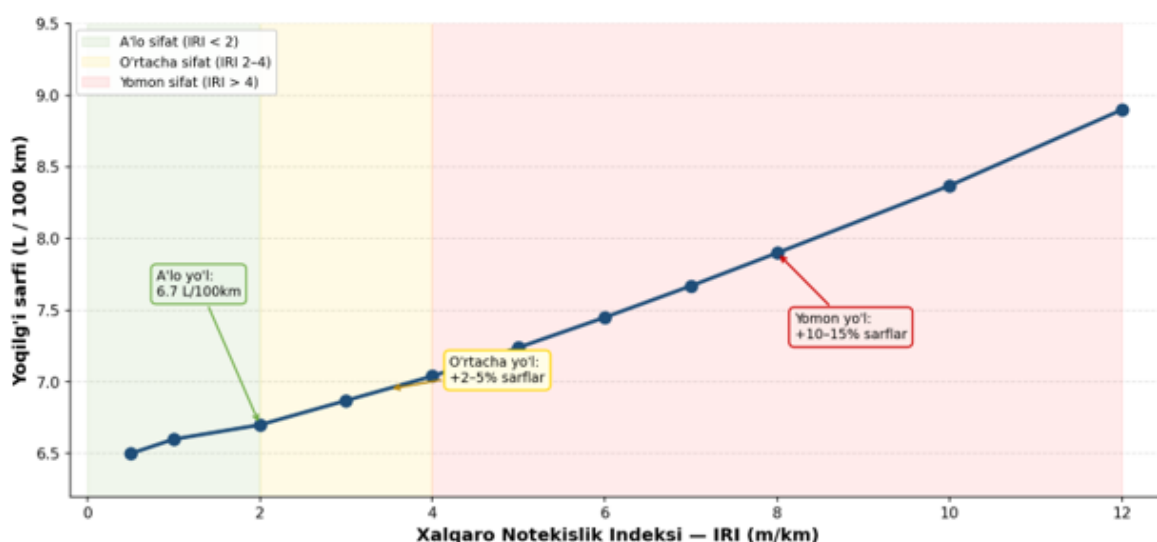
Avtomobilning real ekspluatatsiya sharoitlarida yoqilg'i sarfiga ta'sir qiluvchi tashqi omillar ichida yo'l holati va iqlim sharoitlari alohida ahamiyatga ega. Ushbu omillarni to'g'ri baholash hamda ularning yoqilg'i sarfiga ta'sir darajasini miqdoriy jihatdan aniqlash tadqiqotning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Shu sababli quyida yo'l va iqlim sharoitlarini aniqlashning ilmiy asoslangan yondashuvlari ko'rib chiqiladi. Yo'l sharoiti deganda yo'l qoplamasining turi va sifati, yo'lning nishabligi hamda transport oqimining (tirbandlik darajasi) holati tushuniladi. Ushbu omillarning har biri avtomobil harakatiga turlicha qarshilik ko'rsatib, natijada yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir qiladi.

Yo'l qoplamasi turini baholash: Yo'l qoplamasi g'ildiraklarning dumalanish qarshiligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlarda dumalanish qarshilik koeffitsienti (rolling resistance coefficient - RRC) yo'l yuzasini baholashning asosiy miqdoriy ko'rsatkichi sifatida qo'llaniladi. ISO 28580 xalqaro standarti asosida bu koeffitsient laboratoriya sharoitida aniqlanadi va turli qoplamalar uchun quyidagi oraliqlarda bo'ladi: quruq asfalt uchun 0.010–0.015, nam asfalt uchun 0.013–0.018, shag'al yo'llarda 0.020–0.030, tuproq yo'llarda esa 0.025–0.037. Dumalanish qarshiligi qanchalik yuqori bo'lsa, dvigatelga tushadigan yuk ortadi va natijada yoqilg'i sarfi ko'payadi[19].

Yo'l qoplamasi sifatini baholash: Yo'l sirtining notekislik darajasini aniqlashda xalqaro amaliyotda IRI (International Roughness Index - Xalqaro notekislik indeksi) keng qo'llaniladi. Ushbu ko'rsatkich m/km birlikda ifodalanadi. Jahon banki tasnifiga ko'ra, IRI 2 m/km dan past bo'lgan yo'llar yuqori sifatli, 2–4 m/km oralig'idagilar o'rtacha, 4 m/km dan yuqori bo'lganlari

esa past sifatli yo‘llar sifatida baholanadi. Tadqiqotlar natijasi shuni ko‘rsatadiki, IRI 2 dan 6 m/km gacha oshganda yoqilg‘i sarfi taxminan 2–5% ga ortadi, yo‘l holati yanada yomonlashganda esa bu ko‘rsatkich 10–15% gacha yetishi mumkin. [18]

**Grafik-2.1. Yo‘l sifati va yoqilg‘i sarfi o‘rtasidagi bog‘liqlik**

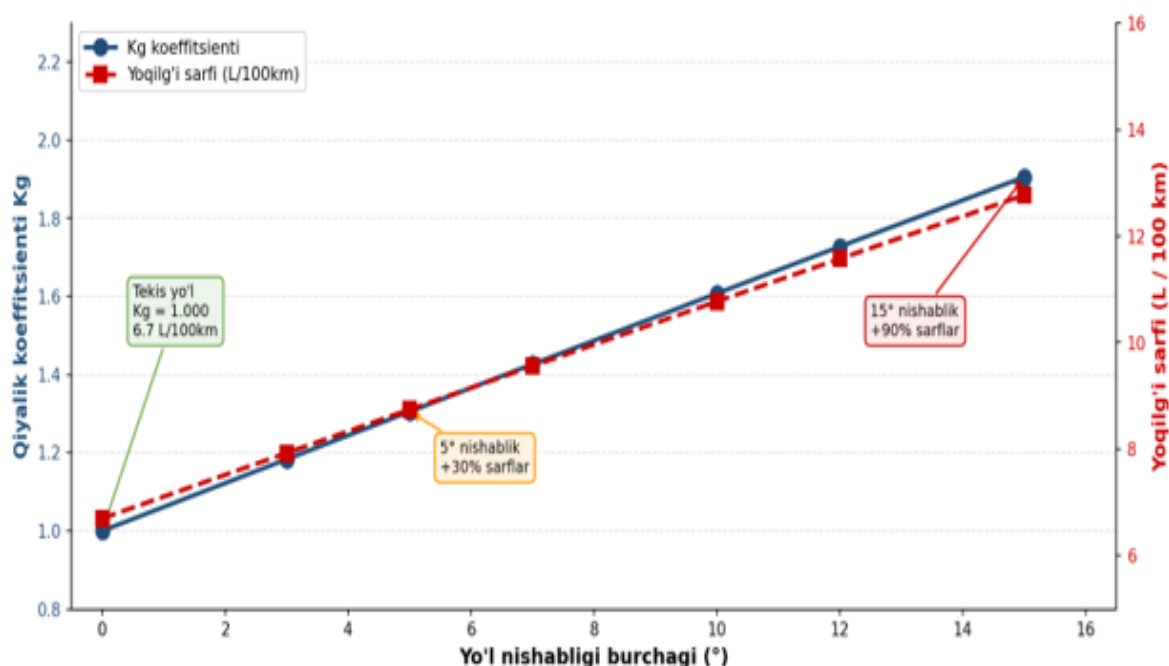


**Yo‘l nishabligini (qiyaligini) baholash:** Yo‘lning qiyaligi avtomobilga ta’sir qiluvchi tortishish kuchini o‘zgartiradi. Nishablik oshgan sari yuqoriga harakatlanishda dvigatelning quvvatga bo‘lgan ehtiyoji ham ortadi. Nishablikning yoqilg‘i sarfiga ta’siri quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$F_n = m \times g \times \sin(\theta) \quad (7)$$

Bu yerda:  $F_n$  - gravitatsion qarshilik kuchi (N),  $m$  - avtomobil massasi (kg),  $g$  - erkin tushish tezlanishi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ),  $\theta$  - nishablik burchagi (gradus). Tadqiqotlarga ko‘ra,  $5^\circ$  qiyalikda harakatlanish tekis yo‘lga nisbatan yoqilg‘i sarfini 20–25% ga,  $10^\circ$  qiyalikda esa 40–50% gacha oshiradi. Pastga tushish jarayonida energiyaning bir qismi qayta tiklanishi mumkin bo‘lsa-da, oddiy mexanik tormoz tizimiga ega avtomobillarda bu energiya asosan yo‘qotiladi.

**Grafik-2.2. Yo‘l nishabligi va yoqilg‘i sarfi o‘rtasidagi bog‘liqlik**



Tirbandlik darajasini baholash: Shahar sharoitida tirbandlik yoqilg‘i sarfiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadigan muhim omil hisoblanadi. Uni baholashda V/C nisbati (Volume-to-Capacity ratio - oqim/sig‘im nisbati) keng qo‘llaniladi. Bu ko‘rsatkich yo‘l orqali o‘tayotgan transport oqimi (V) va yo‘lning maksimal o‘tkazuvchanligi (C) o‘rtasidagi nisbatni ifodalaydi. V/C qiymati 0.8 dan oshganda yo‘l tirband holatga kiradi, bunda transport vositalari tez-tez to‘xtash va qayta harakatlanishga majbur bo‘ladi. Natijada yoqilg‘i sarfi erkin harakatga nisbatan 15–30% gacha ortishi ilmiy tadqiqotlarda tasdiqlangan [1].

Iqlim sharoitini aniqlash usullari: Iqlim omillari, jumladan havo harorati, shamol tezligi, namlik darajasi va atmosfera bosimi avtomobil yoqilg‘i sarfiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri hamda bilvosita ta’sir qiladi. Ushbu ko‘rsatkichlarni to‘g‘ri baholash yoqilg‘i sarfini aniq hisoblash va modellash jarayonida muhim rol o‘ynaydi.

Havo harorati avtomobil yoqilg‘i sarfiga bir nechta yo‘nalishlarda ta’sir ko‘rsatadi. Avvalo, past harorat sharoitida dvigatel moyining qovushqoqligi ortib, ichki ishqalanish kuchlari kuchayadi. Bundan tashqari, sovuq dvigatelni ishchi

haroratgacha qizdirish uchun qo‘shimcha yoqilg‘i talab etiladi. Yana bir muhim omil yuqori haroratlarda konditsioner tizimining ishlashi bo‘lib, u dvigatelga qo‘shimcha yuklama tushiradi. Argonne National Laboratory tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlarga ko‘ra, havo harorati  $-7^{\circ}\text{C}$  bo‘lgan sharoitda shahar rejimida harakatlanuvchi benzinli avtomobillarda yoqilg‘i sarfi  $+20^{\circ}\text{C}$  bilan solishtirganda o‘rtacha 15% ga oshadi. Aksincha,  $+35^{\circ}\text{C}$  dan yuqori haroratlarda konditsioner tizimi ishlashi sababli sarf 5–10% ga ortishi kuzatiladi. Shu asosda harorat ta‘sirini ifodalovchi koeffitsient odatda empirik formula (3) orqali aniqlanadi[18].

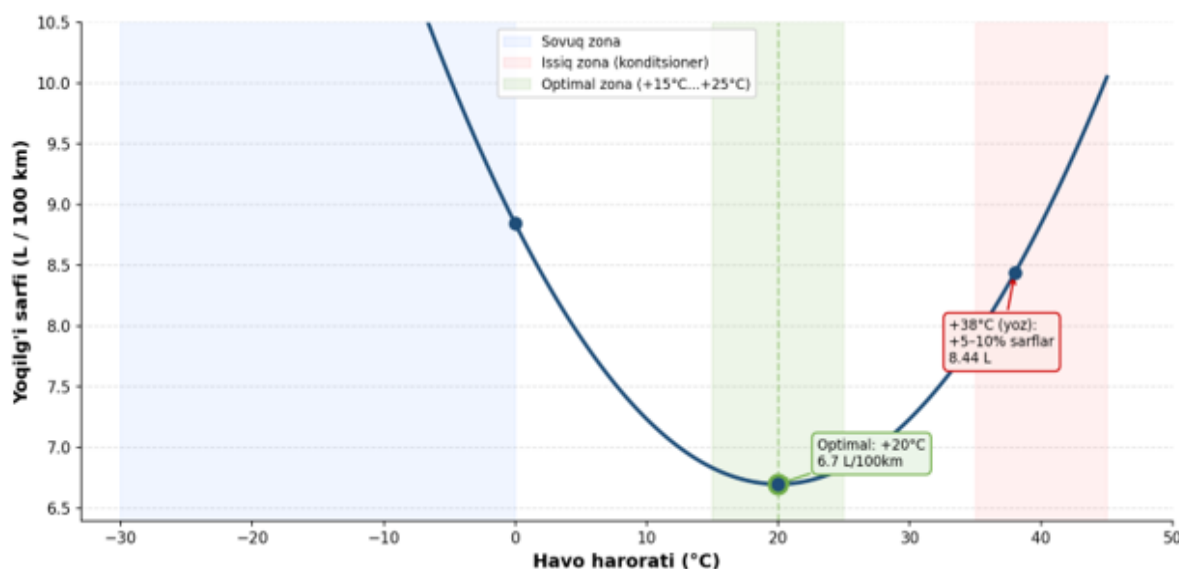
$$K_t(T) = 1 + \beta \times (T - T_0)^2 / 1000$$

Bu yerda: T- haqiqiy havo harorati ( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_0 = +20^{\circ}\text{C}$  - optimal harorat;

$\beta = 0.80$ —empirik koeffitsient.

**Grafik-2.3.Havo harorati va yoqilg‘i sarfi o‘rtasidagi bog‘liqlik**



Shamol ta‘sirini baholash. Shamol avtomobilning aerodinamik qarshiligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, harakat yo‘nalishiga qarshi esayotgan shamol (qarshi shamol) aerodinamik qarshilikni sezilarli darajada

o'shiradi. Natijada dvigatelga tushadigan yuk ortadi va yoqilg'i sarfi ko'payadi. Aerodinamik qarshilik kuchi odatda quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$F_a = 0.5 \times \rho \times C_a \times A \times (v + v_s)^2 \quad (8)$$

Bu yerda:  $\rho$ -havo zichligi ( $\text{kg/m}^3$ );

$C_a$ -aerodinamik qarshilik koeffitsienti;

$A$  - avtomobilning old yuzasi ( $\text{m}^2$ );

$V$  - avtomobil tezligi ( $\text{km/soat}$ );

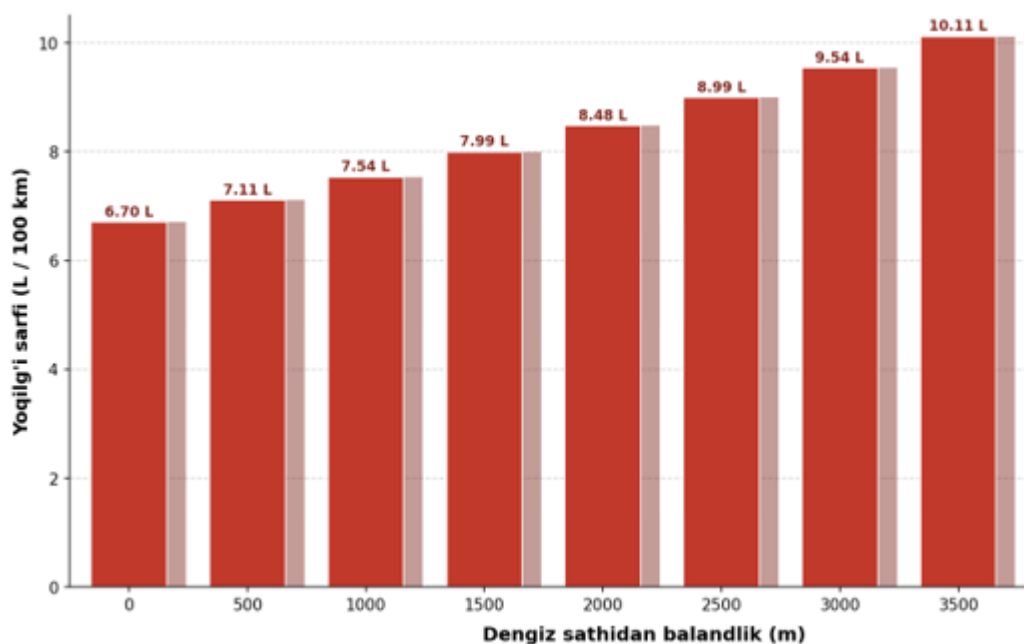
$v_s$  - shamol tezligi ( $\text{km/soat}$ ).

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 50  $\text{km/soatlik}$  qarshi shamol sharoitida avtomobilning yoqilg'i sarfi sokin havoga nisbatan 10–15% ga oshadi. Yonbosh shamol esa aerodinamik barqarorlikni buzib, haydovchini burishga majbur qiladi va bu ham qo'shimcha yoqilg'i sarflanishiga sabab bo'ladi.

Atmosfera bosimi va namlikning ta'siri. Atmosfera bosimi havo zichligini belgilovchi muhim omil bo'lib, dvigatelning havo qabul qilish samaradorligiga ta'sir qiladi. Dengiz sathidan balandlik oshgan sari bosim kamayadi, natijada havo siyraklashadi va dvigatelga kiruvchi kislorod miqdori kamayadi. Bu esa yonish jarayonining to'liq kechmasligiga olib kelib, yoqilg'i sarfining ortishiga sabab bo'ladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, har 1000 metr balandlikka ko'tarilganda dvigatel quvvati taxminan 10% ga kamayadi va mos ravishda yoqilg'i sarfi oshadi.

Havoning nisbiy namligi esa yoqilg'i iste'moliga nisbatan kamroq ta'sir ko'rsatadi. Faqat namlik darajasi 90% dan yuqori bo'lganda yoqilg'i sarfi taxminan 1–2% ga ortishi kuzatiladi.

## Grafik-2.4. Atmosfera bosimi (balandlik) va yoqilg'i sarfi o'rtasidagi bog'liqlik.



### 2.3. Harakat tezligi va rejimining yoqilg'i sarfiga ta'siri

Avtomobilning harakat tezligi va harakatlanish rejimi yoqilg'i sarfiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan eng muhim ekspluatatsion omillardan biri sanaladi. Ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, texnik holati bir xil bo'lgan avtomobil turli tezlik diapazonlari va harakat rejimlarida ishlatilganda yoqilg'i iste'moli jihatidan sezilarli farqlar yuzaga keladi. Masalan, tezlikning keskin oshirilishi yoki pasaytirilishi, tez-tez to'xtab harakatlanish, notekis rejimda yurish kabi holatlar yoqilg'i sarfining ortishiga olib keladi.

Shu bois, optimal tezlikni tanlash va barqaror harakat rejimini saqlash yoqilg'i tejamkorligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. To'g'ri tanlangan harakat strategiyasi nafaqat yoqilg'i sarfini kamaytiradi, balki dvigatelning samarali ishlashini ta'minlab, uning xizmat muddatini ham uzaytirishga xizmat qiladi.

**Harakat tezligining yoqilg'i sarfiga ta'siri.** Avtomobil tezligi bilan yoqilg'i sarfi o'rtasidagi bog'liqlik oddiy chiziqli emas, balki kvadratik, ya'ni parabolik xususiyatga ega. Buning mazmuni shundan iboratki, past tezliklarda transmissiyadagi yo'qotishlar hamda dvigatelning samaradorligi past bo'lgan ish

rejimi yoqilg'i sarfining ortishiga olib keladi. Aksincha, yuqori tezliklarda asosiy ta'sir etuvchi omil sifatida aerodinamik qarshilik kuchi ustunlik qiladi va u ham yoqilg'i iste'molini sezilarli darajada oshiradi.

Aerodinamik qarshilik kuchi tezlikning kvadratiga mutanosib ravishda ortadi:

$$F_a = 0.5 \times \rho \times C_a \times A \times v^2 \quad (8)$$

Bu yerda:  $\rho$  - havo zichligi (1.225 kg/m<sup>3</sup>);

$C_a$  - aerodinamik qarshilik koeffitsienti;

$A$  - avtomobilning old ko'ndalang kesim yuzasi (m<sup>2</sup>);

$v$  - harakat tezligi (m/s).

Xalqaro ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yengil avtomobillar uchun yoqilg'i tejamkorligi nuqtayi nazaridan eng maqbul tezlik diapazoni 70–90 km/soat oralig'ida bo'ladi. Aynan shu tezliklarda dvigatel eng qulay yuklama rejimida ishlaydi, aerodinamik qarshilik hali keskin ortib ketmaydi va transmissiya tizimining samaradorligi yuqori darajada saqlanadi. Agar tezlik ushbu oraliqdan pastga tushsa yoki aksincha undan yuqoriga chiqsa, dvigatel va harakat tizimlarining ishlash sharoiti yomonlashadi, natijada yoqilg'i sarfi asta-sekin ortib boradi. Tezlik koeffitsienti quyidagi empirik formula (2) asosida aniqlanadi:

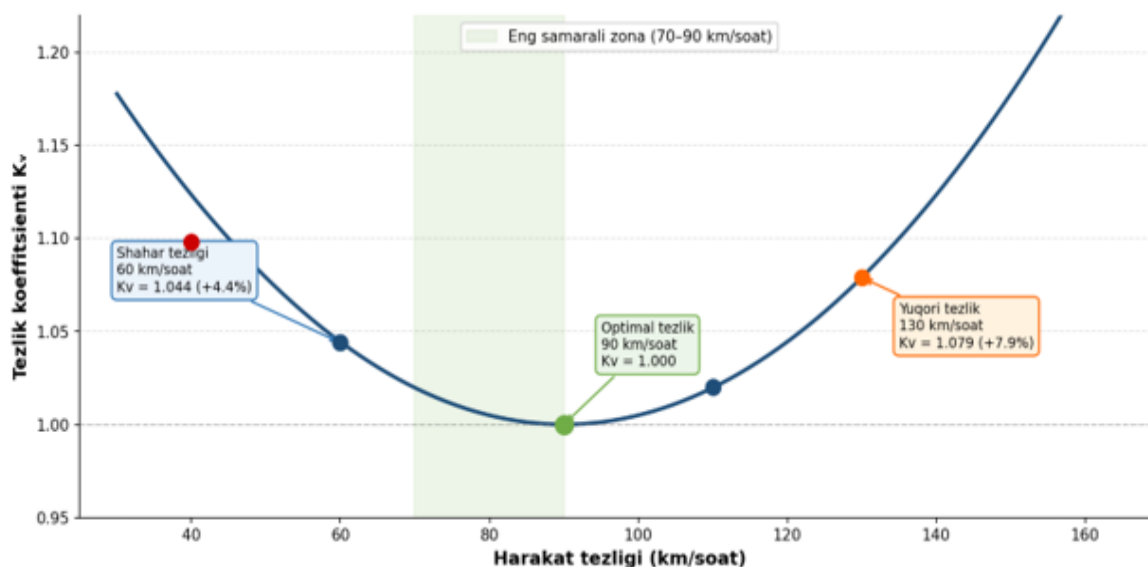
$$K_v(v) = 1 + \alpha \times (v - v_0)^2 / v_0^2$$

Bu yerda:  $v$  - haqiqiy tezlik (km/soat);

$v_0$  = 90 km/soat - optimal tezlik;

$\alpha$  = 0.40 - ECE R83 standarti asosidagi koeffitsient[15].

**Grafik-2.5. Harakat tezligi va yoqilg'i sarfi koeffitsienti ( $K_v$ ) o'rtasidagi bog'liqlik**



Harakat rejimining yoqilg'i sarfiga ta'siri. Harakat rejimi deganda avtomobilning vaqt davomida tezligi, tezlanishi, sekinlashuvi (tormozlanishi) va to'xtashlar sonining qanday o'zgarib borishi tushuniladi. Ilmiy manbalarda harakat rejimlari odatda uch turga bo'linadi: barqaror (bir xil tezlikda harakatlanish), o'zgaruvchan (tezlik tez-tez o'zgarib turadigan holat) va shahar (tez-tez to'xtab-yurish holati) rejimlari.

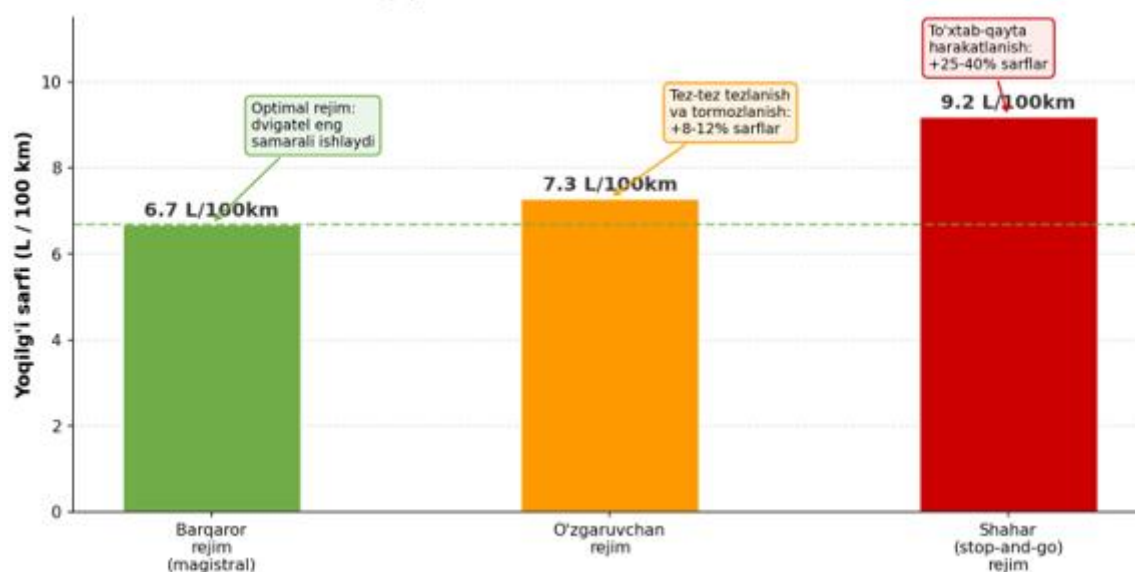
Barqaror rejimda avtomobil bir xil tezlikda harakat qiladi. Bunday sharoitda dvigatel barqaror yuklama ostida ishlaydi va uning termodinamik samaradorligi maksimal darajaga yaqin bo'ladi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, barqaror harakatda yoqilg'i sarfi o'zgaruvchan rejimga nisbatan taxminan 3–5% ga kam bo'ladi. Magistral yo'llarda kruiz-kontrol tizimidan foydalanish ham aynan shu tamoyilga asoslanadi va yoqilg'i sarfini o'rtacha 4–7% gacha kamaytirishga yordam beradi.

O'zgaruvchan rejimda avtomobil tez-tez tezlashish va sekinlashish holatlarida harakatlanadi. Bunday sharoitda dvigatel yangi ish muvozanatiga to'liq moslashishga ulgurmaydi, natijada yonish jarayonining samaradorligi pasayadi. Ayniqsa, keskin tezlanish vaqtida dvigatel boshqaruv tizimi boyitilgan havo-yoqilg'i aralashmasini hosil qiladi, ya'ni yoqilg'i me'yordan ko'proq

miqdorda purkaladi. Bu esa yoqilg'i sarfining barqaror rejimga nisbatan taxminan 8–12% ga ortishiga olib kelishi mumkin.

Shahar (tez-tez to'xtab-yurish holati) rejimida avtomobil svetoforlar, tirbandliklar va turli to'siqlar tufayli tez-tez to'xtab, yana harakatni boshlashga majbur bo'ladi. Bu holat yoqilg'i sarfi jihatidan eng noqulay rejimlardan biri hisoblanadi. National Renewable Energy Laboratory (AQSh)[16] tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarga ko'ra, shahar sharoitida yoqilg'i sarfi magistral yo'l rejimiga nisbatan 25–40% gacha yuqori bo'lishi mumkin. Buning asosiy sababi shundaki, har safar avtomobil harakatni qayta boshlaganda uning kinetik energiyasini shakllantirish uchun qo'shimcha yoqilg'i sarflanadi, tormozlash jarayonida esa ushbu energiya asosan issiqlik ko'rinishida yo'qotilib, samarali foydalanilmaydi.

**Grafik-2.6. Harakat rejimiga qarab yoqilg'i sarfining o'zgarishi**

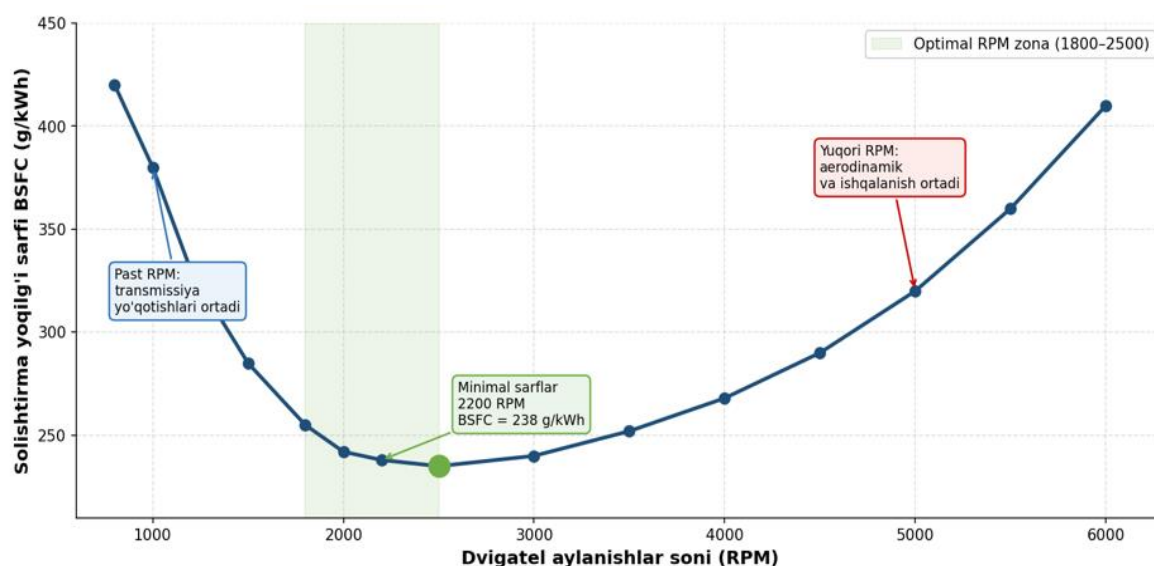


Dvigatel aylanishlar soni (RPM) va uzatmalar tanlashning ta'siri. Dvigatelning aylanishlar soni (RPM - bir daqiqadagi aylanishlar miqdori) yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir qiluvchi muhim texnik ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Har bir dvigatel o'zining optimal ishlash zonasi bilan tavsiflanadi, ya'ni yoqilg'i eng samarali va tejamkor sarflanadigan ma'lum RPM diapazoni mavjud bo'ladi. Tadqiqotlar natijasiga ko'ra, benzinli dvigatellarda eng past solishtirma yoqilg'i sarfi odatda 1800–2500 RPM oralig'ida kuzatiladi. Aynan

shu diapazonda dvigatelning yuklama rejimi, havo-yoqilg'i aralashmasi va yonish jarayoni eng muvozanatli holatda bo'ladi. Biroq RPM bu optimal oraliqdan pastga tushganda dvigatel yetarli samaradorlik bilan ishlamaydi, yuqori aylanishlarda esa ichki ishqalanish, issiqlik yo'qotishlari va yonish intensivligining ortishi sababli yoqilg'i sarfi sezilarli darajada ko'payadi.

Uzatmalar qutisini to'g'ri tanlash dvigatelni eng samarali ishlash zonasi - optimal RPM oralig'ida ushlab turishda muhim rol o'ynaydi. To'g'ri uzatma tanlanganda dvigatel ortiqcha yuklanmasdan, barqaror va tejamkor rejimda ishlaydi. Yuqori uzatmalarda (masalan, 5- yoki 6-uzatma) avtomobil past RPM sharoitida harakatlanadi, bu esa dvigatel yuklamasini kamaytirib, yoqilg'i sarfini sezilarli darajada tejash imkonini beradi. Aksincha, past uzatmalarda (1- yoki 2-uzatma) dvigatel yuqori RPM da ishlaydi, natijada quvvat talabining ortishi bilan birga yoqilg'i iste'moli ham oshadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, imkon qadar yuqori uzatmada va barqaror harakat rejimida yurish yoqilg'i sarfini o'rtacha 10–15% gacha kamaytirishi mumkin.

**Grafik-2.7. Dvigatel RPM va solishtirma yoqilg'i sarfi o'rtasidagi bog'liqlik**



Umuman olganda, avtomobilning harakat tezligi va harakatlanish rejimi yoqilg'i sarfini belgilovchi eng muhim omillardan biri hisoblanadi. Optimal tezlik oralig'i 70–90 km/soat doirasida barqaror harakatni saqlash, yuqori uzatmalardan o'z vaqtida va to'g'ri foydalanish hamda keskin tezlanishlardan imkon qadar

qochish yoqilg'i tejamkorligini sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi. Shu kabi yondashuvlar avtomobilning umumiy ekspluatatsion samaradorligini yaxshilab, yoqilg'i sarfini kamaytirishga yordam beradi.

#### **2.4. Avtomobilning texnik holatining yoqilg'i sarfiga ta'sirini baholash usullari**

Avtomobilning texnik holati yoqilg'i sarfiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatadigan eng muhim omillardan biri sanaladi. Ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, texnik jihatdan nosozliklari mavjud yoki xizmat ko'rsatish darajasi past bo'lgan avtomobillarda yoqilg'i iste'moli yangi yoki soz holatdagi avtomobillarga nisbatan 15–30% gacha ortishi mumkin.

Shu bois, avtomobilning texnik holatini muntazam ravishda nazorat qilish, uni to'g'ri baholash va yoqilg'i sarfiga ta'sirini aniq miqdoriy ko'rsatkichlar orqali tahlil qilish muhim amaliy ahamiyatga ega. Bunday yondashuv nafaqat yoqilg'i tejamkorligini oshirishga, balki avtomobilning ishonchliligi va xizmat muddatini uzaytirishga ham xizmat qiladi.

Dvigatel avtomobilning asosiy energiya manbai bo'lib, uning texnik holati yoqilg'i sarfiga eng katta ta'sir ko'rsatuvchi omillardan biri hisoblanadi. Dvigatelning sozligi, ishlash samaradorligi va ichki mexanizmlarining holati yoqilg'ining qanchalik to'liq va samarali yonishini belgilaydi. Shu sababli dvigatelning texnik holatini chuqur va tizimli ravishda baholash muhim ahamiyat kasb etadi. Amaliyotda bu holatni aniqlash uchun bir qator asosiy usullar va diagnostika yondashuvlari keng qo'llaniladi.

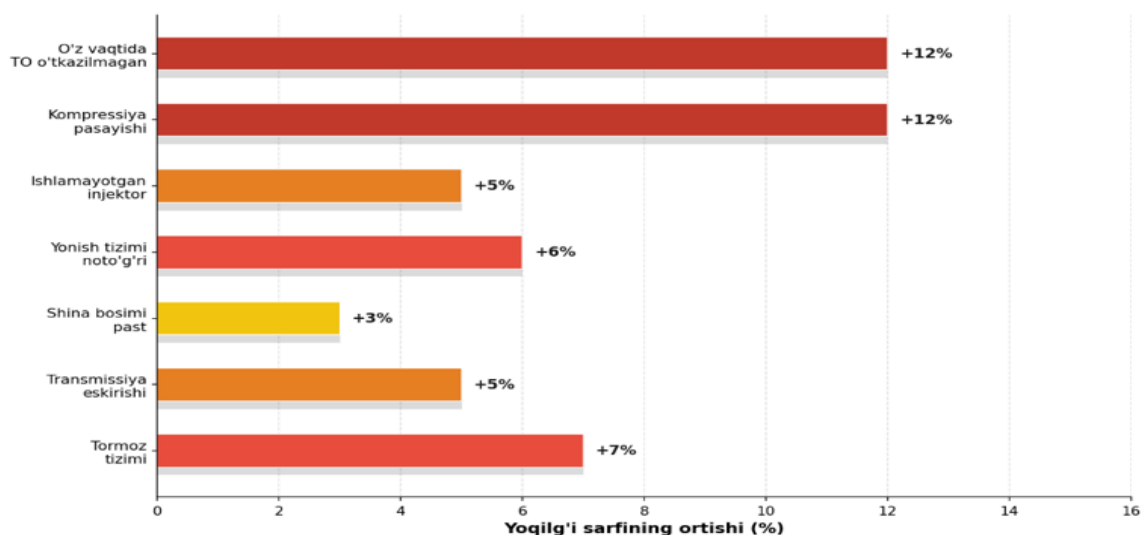
Kompressiyani o'lchash usuli. Silindrlar ichidagi siqilish bosimini aniqlash dvigatelning texnik holatini baholashda eng keng qo'llaniladigan va ishonchli usullardan biri hisoblanadi. Bu jarayon maxsus asbob - kompressometr yordamida amalga oshirilib, har bir silindr bo'yicha o'lchangan qiymatlar ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan me'yoriy ko'rsatkichlar bilan solishtiriladi. Amaliyotda benzinli dvigatellar uchun me'yoriy kompressiya odatda 1.0–1.3 MPa diapazonida bo'ladi. Agar ushbu ko'rsatkich me'yoriy darajadan 20% dan ortiq kamayib ketsa, bu silindr-porshen guruhining eskirganligini bildiradi. Bunday

holat dvigatel samaradorligining pasayishiga olib kelib, natijada yoqilg'i sarfi taxminan 8–12% gacha ortishi mumkin. ISO 11637 standarti dvigatel kompressiyasini baholash tartibini belgilaydi.

OBD-II diagnostika usuli. Zamonaviy avtomobillarda keng qo'llaniladigan bort diagnostika tizimi - OBD-II dvigatel va uning yordamchi tizimlari ishlashini real vaqt rejimida nazorat qilish imkonini beradi. Ushbu tizim orqali avtomobilning asosiy ish parametrlari doimiy ravishda kuzatilib, yuzaga kelayotgan nosozliklar tezda aniqlanadi. OBD-II interfeysi yordamida kislorod sensori (lambda zond) ko'rsatkichlari, dvigatelning ish harorati, havo va yoqilg'i aralashmasining nisbati, yonish jarayoniga ta'sir qiluvchi vaqt parametrlari hamda yoqilg'i purkash davomiyligi kabi muhim ma'lumotlar olinadi. Ushbu ko'rsatkichlar asosida dvigatelning ishlash samaradorligi va yoqilg'i sarfi darajasi kompleks ravishda baholanadi. Mazkur diagnostika tizimi bilan ishlash va undan ma'lumotlarni olish tartibi xalqaro standartlar asosida tartibga solinadi, bu esa o'lchovlarning aniqligi va natijalarning ishonchliligini ta'minlaydi.

Yoqilg'i tizimini tekshirish. Yoqilg'i tizimining, ayniqsa injektor (purkagich)larining texnik holati dvigatelning samarali ishlashi va yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Injektorlarning ifloslanishi, tiqilib qolishi yoki mexanik eskirishi natijasida yoqilg'i noto'g'ri shaklda purkaladi, bu esa havo-yoqilg'i aralashmasining bir tekis hosil bo'lmasligiga va yonish jarayonining to'liq kechmasligiga olib keladi. Natijada dvigatel samaradorligi pasayib, yoqilg'i iste'moli ortadi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, hatto bitta nosoz yoki samaradorligi pasaygan injektor ham umumiy yoqilg'i sarfini taxminan 3–5% ga oshirishi mumkin. Shu sababli yoqilg'i tizimini muntazam diagnostika qilish muhim ahamiyatga ega. Amaliyotda injektorlarni tekshirish ultratovush tozalash usullari yordamida yoki maxsus diagnostika stendlarida bosim ostida sinovdan o'tkazish orqali amalga oshiriladi. Bu usullar injektorlarning purkash sifati, zichligi va ish faoliyatini aniq baholash imkonini beradi.

**Grafik-2.8. Texnik nosozliklarning yoqilg'i sarfiga ta'siri**



Transmissiya va g'ildirak tizimini baholash usullari. Transmissiya tizimi dvigateldan hosil bo'lgan quvvatni g'ildiraklarga uzatib beruvchi muhim mexanizm bo'lib, uning texnik holati yoqilg'i sarfiga bilvosita, ammo sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Transmissiya elementlarining (uzatmalar qutisi, differensial, mufta va boshqalar) sozligi va samaradorligi quvvat uzatish jarayonidagi yo'qotishlar darajasini belgilaydi. Agar ushbu tizimda eskirish, noto'g'ri sozlash yoki mexanik nosozliklar mavjud bo'lsa, dvigatel tomonidan ishlab chiqarilgan energiyaning bir qismi yo'qotiladi. Natijada avtomobil harakatini ta'minlash uchun dvigatel ko'proq quvvat ishlab chiqarishga majbur bo'ladi, bu esa o'z navbatida yoqilg'i sarfining ortishiga olib keladi. Shu sababli transmissiya tizimining texnik holatini muntazam nazorat qilish va uni optimal darajada saqlash yoqilg'i tejamkorligini ta'minlashda muhim omil hisoblanadi.

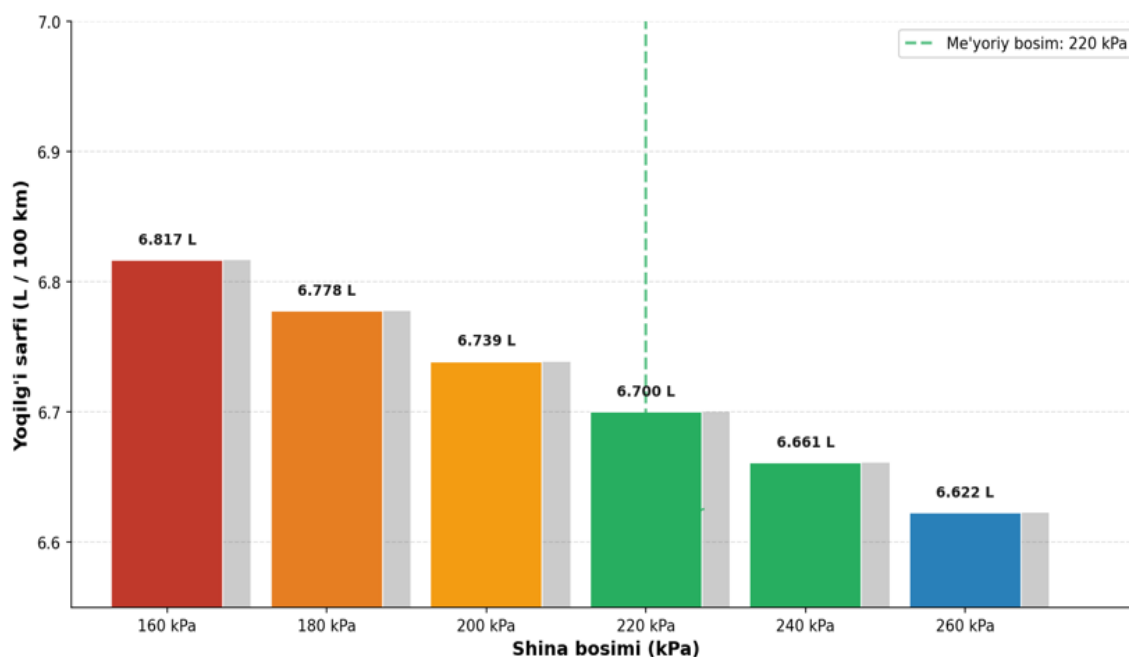
Transmissiya samaradorligini baholash. Transmissiya tizimining samaradorligi, asosan, uzatmalar qutisi va differensial ichida yuzaga keladigan mexanik yo'qotishlar bilan belgilanadi. Me'yoriy holatda mexanik uzatmalar qutisining foydali ish koeffitsienti odatda 96–98% atrofida bo'ladi, ya'ni dvigatel ishlab chiqargan energiyaning katta qismi g'ildiraklarga yetkaziladi. Biroq podshipniklarning eskirishi, tishli g'ildiraklarning noto'g'ri rostlanishi yoki moylash tizimining yetarli darajada ishlamasligi (masalan, moyning eskirishi yoki sifatsizligi) transmissiya ichidagi yo'qotishlarni oshiradi. Natijada dvigatel

ko'proq yuklama ostida ishlaydi va bu yoqilg'i sarfining taxminan 2–5% ga ortishiga olib kelishi mumkin. Transmissiya tizimining texnik holatini aniqlashda zamonaviy diagnostika usullari qo'llaniladi. Jumladan, tebranish (vibratsiya) tahlili orqali mexanik nosozliklar aniqlanadi, issiqlik kamerasi yordamida esa ortiqcha qizish zonalarini kuzatilib, muammoli joylar aniqlanadi. Bu usullar transmissiya samaradorligini aniq baholash va uni o'z vaqtida sozlash imkonini beradi.

Shina bosimi va holatini baholash. Shinalardagi havo bosimi yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir ko'rsatadigan eng muhim ekspluatatsion omillardan biri hisoblanadi. Bosim me'yoridan past bo'lganda shina ko'proq deformatsiyalanadi, ichki ishqalanish ortadi va natijada dumalanish qarshiligi sezilarli darajada kuchayadi. Bu esa dvigatelga qo'shimcha yuklama tushirib, yoqilg'i iste'molining oshishiga olib keladi. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) ma'lumotlariga ko'ra, shina bosimi har 6.9 kPa (1 PSI) ga kamayganda yoqilg'i sarfi o'rtacha 0.2% ga ortadi. Shinalar bosimi me'yoriy darajaga keltirilganda yoqilg'i sarfi taxminan 0.5–3% gacha kamayishi mumkinligi qayd etilgan. Shina bosimini to'g'ri baholash uchun odatda raqamli manometrdan foydalaniladi. Eng aniq natija olish uchun o'lchovlar shinalar sovuq holatda, ya'ni avtomobil kamida 3 soat harakatsiz turgandan so'ng amalga oshirilishi tavsiya etiladi.

Tormoz tizimini tekshirish. Tormoz tizimining texnik holati ham avtomobil yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir ko'rsatadigan muhim omillardan biridir. Tormoz kolodkalarining noto'g'ri sozlanishi, eskirgan tormoz silindrlari yoki mexanizm elementlarining ishlamasligi natijasida g'ildiraklarning erkin aylanishi buzilishi mumkin. Agar tormoz tizimi to'liq bo'shashmay qolsa, g'ildiraklarda doimiy ishqalanish yuzaga keladi, bu esa harakatga qo'shimcha qarshilik tug'diradi. Natijada dvigatel ushbu qarshilikni yengish uchun ko'proq quvvat sarflashga majbur bo'ladi va yoqilg'i iste'moli ortadi. Ilmiy tadqiqotlarga ko'ra, bunday nosozliklar yoqilg'i sarfini taxminan 3–7% gacha oshirishi mumkin.

**Grafik-2.9.Shina bosimi va yoqilg‘i sarfi o‘rtasidagi bog‘liqlik**



Avtomobilning texnik holatini yoqilg‘i sarfiga ta’siri nuqtayi nazaridan kompleks baholash uchun  $K_{\text{tex}}$  (texnik holat koeffitsienti) dan foydalaniladi. Ushbu koeffitsient avtomobilning ekspluatatsiya muddati, umumiy yurish masofasi hamda unga ko‘rsatilgan texnik xizmat ko‘rsatish sifati va davriyligiga bog‘liq holda aniqlanadi. Amaliy tadqiqotlarda  $K_{\text{tex}}$  avtomobilning umumiy samaradorligini va yoqilg‘i tejamkorlik darajasini ifodalovchi muhim integral ko‘rsatkich sifatida qoraladi hamda u maxsus empirik formula (5) asosida hisoblanadi:

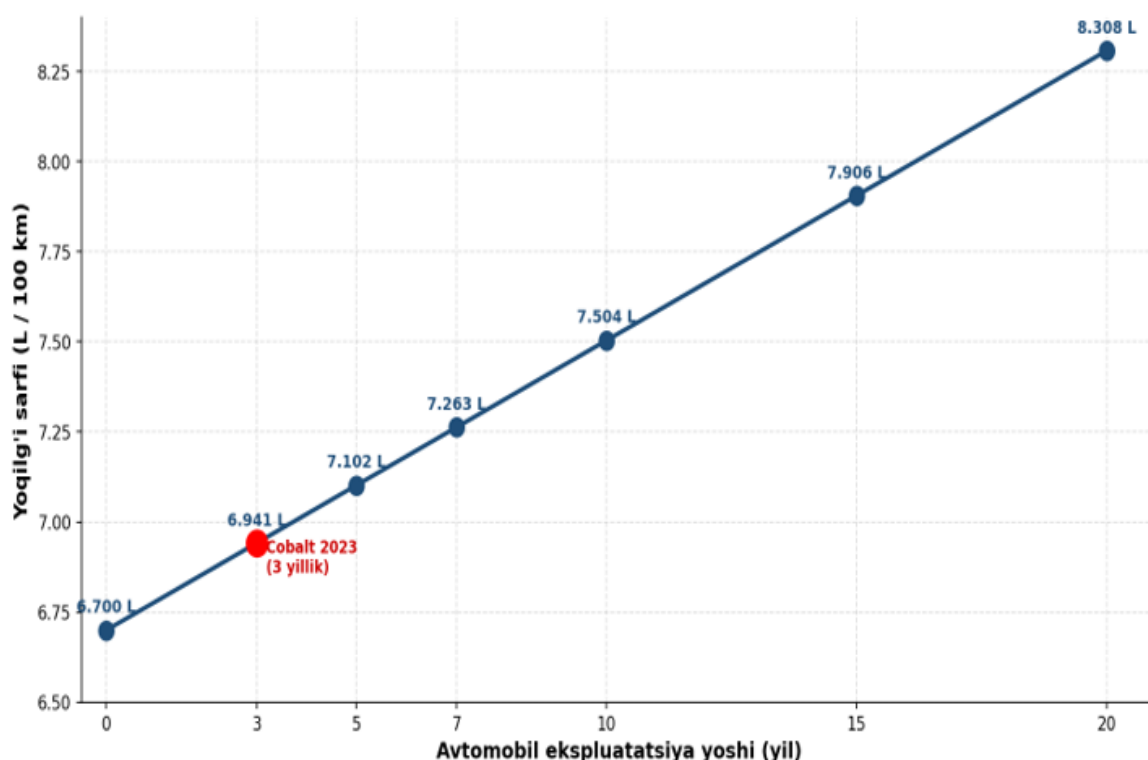
$$K_{\text{tex}}(n) = 1 + \delta \times n$$

Bu yerda:  $n$  - ekspluatatsiya yillari soni;

$\delta = 0.012$  - yillik eskirish koeffitsienti (har yilda +1.2% sarflar ortishi).

Mazkur formuladan ko‘rinib turibdiki, avtomobilning ekspluatatsiya muddati oshib borgani sari yoqilg‘i sarfi ham o‘rtacha 1.2% ga ortib borish tendensiyasiga ega. Biroq ushbu ko‘rsatkich muntazam va sifatli texnik xizmat ko‘rsatish orqali sezilarli darajada kamaytirilishi mumkin. Ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘z vaqtida amalga oshirilgan texnik xizmat ko‘rsatish ishlari (TXK-1, TXK-2) avtomobilning ishlash samaradorligini yaxshilab, yoqilg‘i sarfini 8–12% gacha kamaytirish imkonini beradi. Quyidagi grafikda avtomobilning ekspluatatsiya yoshi bilan texnik holat koefitsienti o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik keltirilgan.

**Grafik-2.10. Avtomobil ekspluatatsion yilining yoqilg‘i sarfiga ta’siri**



## II bob bo'yicha xulosa

Ushbu bobda tadqiqotning metodologik asoslari, Chevrolet Cobalt avtomobilining texnik parametrlari, yo'l va iqlim sharoitini baholash usullari, harakat tezligi va rejimining ta'siri hamda avtomobilning texnik holatini baholash usullari keng yoritildi. Bob bo'yicha quyidagi asosiy xulosalar shakllandi.

1) tadqiqot ob'ekti sifatida Chevrolet Cobalt 1.5L (2023 yil, GM Uzbekistan) avtomobili tanlandi. Ushbu model O'zbekiston avtomobil parkida keng tarqalgan bo'lib, mamlakatdagi tipik ekspluatatsiya sharoitlarini to'liq aks ettiradi. Avtomobilning zavodiy aralash tsikl sarfi 6.7 L/100 km (WLTP standarti) bo'lib, bu tadqiqot davomida taqqoslashning bazaviy qiymati sifatida qabul qilindi.

2) tadqiqot uch bosqichli metodologiya asosida amalga oshirildi. Birinchi bosqichda — nazariy-analitik usul orqali multiplikativ model koeffitsientlari aniqlandi va Cobalt uchun nazariy sarflar 7.247 L/100 km ekanligi hisoblandi. Ikkinchi bosqichda — real ekspluatatsiya sharoitida to'ldirish usuli (full tank method) yordamida Surxondaryo viloyati Sherabod tumanida 50 km masofada eksperimental o'lchov o'tkazildi va haqiqiy sarflar 9.5 L/100 km ekanligi aniqlandi. Uchinchi bosqichda — statistik-hisobiy tahlil orqali uchala ko'rsatkich taqqoslandi.

3) yo'l sharoitini baholashda xalqaro IRI (International Roughness Index) indeksi usuli qo'llanildi. World Bank tasnifiga ko'ra, IRI qiymati 2 m/km dan past bo'lgan yo'llar a'lo sifatli, 4 m/km dan yuqori bo'lgan yo'llar esa yomon sifatli hisoblanadi. Tadqiqot o'tkazilgan Sherabod tumani yo'llarida IRI indeksi taxminan 3.5–5.0 m/km oralig'ida bo'lishi baholandi, bu esa standart asfalt yo'lga nisbatan sarfni 3–8% ga oshiruvchi omil sifatida aniqlandi.

4) iqlim sharoitini baholashda harorat, shamol va atmosfera bosimi modellari qo'llanildi. Argonne National Laboratory empirik formulasi asosida harorat koeffitsienti  $K_t$  aniqlandi. Tadqiqot davomidagi havo harorati 20–25°C optimal diapazonida bo'lganligi sababli  $K_t = 1.000$  qabul qilindi. Shamol tezligi

(janubi-g'arbdan 4–6 km/soat) va atmosfera bosimi ko'rsatkichlari ham sarfga minimal ta'sir ko'rsatganligi aniqlandi.

5) harakat tezligi va rejimining tahlili shuni ko'rsatdiki, tezlik koeffitsienti  $K_v$  parabolik xarakterga ega bo'lib, optimal zona 70–90 km/soat oralig'ida joylashgan. Tadqiqotda qo'llangan 60 km/soat o'rtacha tezlik uchun  $K_v = 1.044$  qiymati aniqlandi. WLTP, NEDC va EPA xalqaro sinov tsikllari tahlili shuni ko'rsatdiki, real sharoitdagi sarflar laboratoriya natijalaridan o'rtacha 15–40% yuqori bo'ladi — bu ko'rsatkich tadqiqot natijasi (41.8%) bilan mos keladi.

6) avtomobilning texnik holatini baholash uchun OBD-II diagnostika, kompressiya o'lchash va shina bosimini tekshirish usullari ko'rib chiqildi. Texnik holat koeffitsienti  $K_{tex}$  formulasi asosida 3 yillik Cobalt avtomobili uchun  $K_{tex} = 1.036$  qiymati aniqlandi, ya'ni texnik eskirish natijasida sarflar 3.6% ga oshgan. NHTSA tadqiqotlari asosida shina bosimining har 6.9 kPa ga pasayishi sarfni 0.2% ga oshirishi tasdiqlandi.

7) tadqiqot metodologiyasining ishonchliligi xalqaro standartlar — ISO 28580, SAE J1979, ECE R83, WLTP GTR No.15 — talablariga muvofiqligini tekshirish orqali tasdiqlandi. To'ldirish usuli (full tank method) amaliy sharoitda keng qo'llaniladigan va nisbatan ishonchli usul sifatida tan olingan.

### III BOB. TAHLIL NATIJALARI VA YOQILG‘I SARFINI KAMAYTIRISH BO‘YICHA TAKLIFLAR

#### 3.1 Natijalarning grafik va analitik tahlil

Mazkur bo‘lim tadqiqotning yakuniy tahliliy qismini tashkil etadi. Unda Chevrolet Cobalt (2023-yilda ishlab chiqorilgan) avtomobili misolida yoqilg‘i sarfi ko‘rsatkichlari uchta mustaqil yondashuv - ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan standart ma’lumotlar, nazariy hisob-kitoblar hamda real sharoitdagi eksperimental o‘lchovlar asosida qiyosiy tahlil qilinadi. Olingan natijalar statistik usullar yordamida qayta ishlanadi va ular o‘rtasidagi farqlar chuqur ilmiy asosda izohlanadi, ya’ni og‘ishlarning yuzaga kelish sabablari hamda tashqi va ekspluatatsion omillarning ta’siri kompleks ravishda tahlil etiladi.

**Tadqiqot natijalarining umumiy ko‘rinishi.** Tadqiqot jarayonida yagona ob’ekt sifatida Chevrolet Cobalt (2023) avtomobili tanlab olinib, uning yoqilg‘i sarfi uchta mustaqil yondashuv asosida aniqlandi. Bunda ishlab chiqaruvchi tomonidan e’lon qilingan standart ko‘rsatkichlar, nazariy hisob-kitoblar hamda real ekspluatatsiya sharoitidagi eksperimental o‘lchov natijalari solishtirildi. Ushbu yondashuv xalqaro ilmiy tadqiqot amaliyotida keng qo‘llaniladigan “ko‘p usullarni taqqoslash” (multi-method comparison) metodologiyasiga asoslanadi. Mazkur usul turli manbalardan olingan natijalarni bir-biri bilan solishtirish orqali tadqiqot ishonchliligini oshirish va yakuniy xulosalarning aniqligini ta’minlash imkonini beradi. Natijalar quyidagicha:

#### 3.1-jadval

##### 3 xil usul orqali olingan yoqilg‘i sarfi

| Ko‘rsatkich                  | Usul                             | Qiymat (L/100 km) | Farq (%) |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------|
| Ishlab chiqaruvchi standarti | Ishlab chiqoruvchi bergan qiymat | 6.700             | -        |
| Nazariy hisob-kitob          | Multiplikativ model              | 7.247             | +8.2%    |
| Real eksperiment             | To‘ldirish usuli                 | 9.500             | +41.8%   |

Jadval natijalaridan ko‘rinadiki, har bir keyingi usul orqali olingan yoqilg‘i sarfi qiymati oldingisiga nisbatan yuqoriroq natijani ko‘rsatmoqda. Bu holat tasodifiy emas, balki yoqilg‘i sarfini aniqlashda qo‘llaniladigan har bir yondashuvning o‘ziga xos cheklovlari hamda hisobga olinadigan omillar doirasi turlicha ekanligini ifodalaydi. Shu sababli natijalar o‘rtasidagi farqlar ilmiy jihatdan asoslangan va metodologik yondashuvlar tafovuti bilan izohlanadi.

Ishlab chiqaruvchi standarti tahlili. GM Uzbekistan tomonidan Chevrolet Cobalt 1.5L uchun e‘lon qilingan aralash yoqilg‘i sarfi ko‘rsatkichi 6.7 L/100 km ni tashkil etadi. Ushbu qiymat WLTP xalqaro sinov protokoli asosida, maxsus laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan o‘lchovlar natijasida aniqlangan. Sinov jarayonida tashqi omillar - harorat, atmosfera bosimi va namlik - qat’iy nazorat ostida ushlab turiladi. Bundan tashqari, konditsioner tizimi, qo‘shimcha elektr yuklamalari hamda real ekspluatatsiyadagi o‘zgaruvchan sharoitlar minimal darajaga tushirilgan holda o‘lchovlar amalga oshiriladi. Shu sababli ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan ko‘rsatkich ideal sharoitga yaqin natijani ifodalaydi va tadqiqotlarda taqqoslash uchun bazaviy qiymat sifatida qabul qilinadi. European Environment Agency (2023) ma’lumotlariga ko‘ra, WLTP joriy etilishidan avval qo‘llanilgan NEDC sinov tizimi real ekspluatatsiya sharoitlariga nisbatan 20–40% past natijalar bergan. WLTP ushbu tafovutni kamaytirgan bo‘lsa-da, laboratoriya va real sharoit o‘rtasidagi farq hanuzgacha saqlanib qolmoqda [17].

Nazariy hisob-kitob tahlili. Nazariy hisob-kitob multiplikativ koeffitsientlar modeliga asoslanib amalga oshirildi. Ushbu yondashuvda yoqilg‘i sarfi quyidagi umumiy ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q = Q_0 \times K_v \times K_t \times K_\gamma \times K_g \times K_{ac} \times K_{tex}$$

Tadqiqot sharoitlariga muvofiq koeffitsientlar quyidagicha belgilandi:

- $Q_0 = 6.7 \text{ L}$  - ishlab chiqaruvchi standarti (bazaviy qiymat)
- $K_v = 1.044$  - tezlik koeffitsienti (60 km/soat, ECE R83 asosida)

- $K_t = 1.000$  - harorat koeffitsienti (20–25°C, optimal sharoit)
- $K_\gamma = 1.000$  - yo‘l qoplamasi koeffitsienti (quruq asfalt)
- $K_g = 1.000$  - nishablik koeffitsienti (tekis yo‘l)
- $K_{ac} = 1.000$  - konditsioner koeffitsienti (o‘chirilgan holat)
- $K_{tex} = 1.036$  - texnik holat koeffitsienti (3 yillik avtomobil)

Hisoblash natijasi:

$$Q = 6.7 \times 1.044 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.036 = 7.247 \text{ L/100 km}$$

Ishlab chiqaruvchi standartiga nisbatan farq:

$$\Delta Q_1 = 7.247 - 6.700 = +0.547 \text{ L/100 km (+8.2\%)}$$

Ushbu farqning yuzaga kelishida asosan ikki asosiy omil ustunlik qiladi. Birinchidan, tezlik koeffitsienti ( $K_v = 1.044$ ): tajriba 60 km/soat o‘rtacha tezlikda o‘tkazilgan bo‘lib, bu ishlab chiqaruvchi sinov tsiklidagi o‘rtacha tezlikdan (taxminan 46 km/soat) biroz yuqori hisoblanadi. Ikkinchidan, texnik holat omili ( $K_{tex} = 1.036$ ): 3 yillik ekspluatatsiya natijasida dvigatel va transmissiya elementlarining tabiiy eskirishi yoqilg‘i sarfini 3.6% ga oshirgan. Qolgan barcha omillar ideal sharoitga yaqin bo‘lgani uchun (harorat, yo‘l qoplamasi, nishablik va konditsioner holati) 1.000 ga teng bo‘lib, qo‘shimcha ta’sir ko‘rsatmagan.

Shuni ta’kidlash kerakki, nazariy modellar real ekspluatatsiya sharoitlaridagi barcha o‘zgaruvchan omillarni to‘liq qamrab ololmaydi. John B. Heywood (2018)[1] ta’kidlaganidek, real dvigatel ish jarayonidagi dinamik o‘zgarishlar, haydovchi uslubining beqarorligi hamda yo‘l sharoitlarining betakrorligi hech bir deterministik model orqali to‘liq aks ettirilishi mumkin emas.

Real eksperiment natijalari tahlili. Real eksperimental tadqiqot Surxondaryo viloyatining Sherobod tumani hududida amaliy sharoitda “to‘liq bak usuli” (full tank method) asosida o‘tkazildi. Ushbu metod yoqilg‘i sarfini aniqlashda eng ishonchli amaliy usullardan biri bo‘lib, real ekspluatatsiya sharoitidagi natijalarni aniqlash imkonini beradi. Eksperiment metodikasiga muvofiq, dastlab avtomobilning yoqilg‘i baki to‘liq hajmgacha to‘ldirildi. Shundan so‘ng

avtomobil aralash harakat rejimida, ya'ni shahar va trassa sharoitlarini o'z ichiga olgan 50 km masofani bosib o'tdi. Harakat yakunlangach, yoqilg'i baki yana to'liq to'ldirilib, sarflangan yoqilg'i miqdori aniqlab olindi. O'lchov natijasida sarflangan yoqilg'i hajmi  $V = 4.75$  litrni tashkil etdi. Mazkur usulning afzalligi shundaki, u real haydovchilik sharoitlari, yo'l holati va tashqi muhit omillarining yoqilg'i sarfiga ta'sirini to'liqroq aks ettiradi.

Hisoblash:

$$Q = V / S \times 100 = 4.75 / 50 \times 100 = 9.5 \text{ L/100 km}$$

Real natijaning ishlab chiqaruvchi standartidan farqi:

$$\Delta Q_2 = 9.500 - 6.700 = +2.800 \text{ L/100 km (+41.8\%)}$$

Real natijaning nazariy hisob-kitobdan farqi:

$$\Delta Q_3 = 9.500 - 7.247 = +2.253 \text{ L/100 km (+31.1\%)}$$

Ushbu aniqlangan farqlar ilmiy adabiyotlarda "real sharoit va laboratoriya natijalari o'rtasidagi tafovut" tushunchasi bilan izohlanadi. European Environment Agency (2023) hisobotlariga ko'ra, Yevropa davlatlari sharoitida bu tafovut odatda 20–40% oralig'ida kuzatiladi. Mazkur tadqiqot natijasida aniqlangan 41.8% ko'rsatkich esa ushbu diapazonning yuqori chegarasiga yaqinlashib, ayrim holatlarda undan biroz oshishini ham ko'rsatadi. Bu holat O'zbekiston sharoitida yo'l infratuzilmasi, iqlim omillari, harakat rejimining o'zgaruvchanligi hamda transport oqimining xususiyatlari yoqilg'i sarfiga yanada kuchliroq ta'sir ko'rsatishini anglatadi. Shu jihatdan, olingan natijalar real ekspluatatsiya sharoitlarini hisobga olgan holda yoqilg'i sarfini baholash zarurligini yana bir bor tasdiqlaydi va laboratoriya natijalarini bevosita amaliy sharoitlarga tatbiq etishda ehtiyotkorlik bilan yondashish lozimligini ko'rsatadi.

Farqlarning ilmiy tahlili. Real eksperiment natijalari bilan nazariy hisob-kitob o'rtasida aniqlangan 2.253 L/100 km miqdoridagi tafovut tasodifiy emas, balki bir qator obyektiv va subyektiv omillarning kompleks ta'siri natijasidir. Mazkur farqni ilmiy jihatdan tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, nazariy modelda to'liq hisobga olinmagan yoki umumlashtirilgan holda qabul qilingan omillar real sharoitda sezilarli darajada kuchliroq namoyon bo'ladi. Avvalo, real harakat rejimining o'zgaruvchanligi muhim rol o'ynaydi. Amaliy sharoitda avtomobil tez-tez tezlanish va tormozlanish holatlariga duch keladi, bu esa dvigatelning barqaror ishlashiga to'sqinlik qilib, yoqilg'i sarfini oshiradi. Nazariy modelda esa harakat odatda soddalashtirilgan, deyarli barqaror rejim sifatida qabul qilinadi.

Birinchi muhim omil - harakat rejimining aralash xarakterga ega bo'lishidir. Tajriba shahar va trassa sharoitlarini o'z ichiga olgan holda amalga oshirilgan bo'lib, ayniqsa shahar qismida tez-tez to'xtash va qayta harakatga tushish holatlari (ya'ni "stop-and-go" rejimi) kuzatilgan. Bunday rejimda avtomobil har safar tezlanishda qo'shimcha energiya sarflaydi, tormozlanishda esa kinetik energiya yo'qotiladi. Nazariy modelda ushbu jarayonlar yetarli darajada aks ettirilmagan. National Renewable Energy Laboratory (2012) tadqiqotlariga ko'ra, bunday harakat rejimi barqaror harakatga nisbatan yoqilg'i sarfini 25–40% ga oshirishi mumkin. Ushbu omilning umumiy hissasi taxminan +1.2–1.5 L/100 km atrofida baholanadi.

Ikkinchi muhim sabab - yo'l qoplamasi sifati bilan bog'liq. Sherobod tumani hududida olib borilgan amaliy kuzatuvlar yo'l qoplamasining o'rtacha darajada ekanligini, ayrim uchastkalarda esa notekisliklar va chuqurchalar mavjudligini ko'rsatdi. Bunday sharoitda avtomobilning dumalanish qarshiligi ortadi va dvigatelga tushadigan yuklama oshadi. World Bank (2005) ma'lumotlariga ko'ra, notekislik indeksi (IRI) 3.5–5.0 m/km bo'lgan yo'llarda yoqilg'i sarfi sifatli asfaltga nisbatan 3–8% yuqori bo'ladi. Ushbu omilning hissasi o'rtacha +0.3–0.5 L/100 km ni tashkil etadi.

Uchinchi omil - haydovchi uslubining ta'siridir. Amaliy tajribada haydovchi shahar sharoitiga mos ravishda tez-tez tezlanish va tormozlanish

harakatlarini bajarishga majbur bo'lgan. Cooper (2013) tadqiqotlariga ko'ra, oddiy (o'rtacha) haydash uslubi eng tejankor uslubga nisbatan 10–15% ko'proq yoqilg'i sarfiga olib keladi. Ayniqsa keskin tezlanishlar yoqilg'i aralashmasining boyitilishiga sabab bo'lib, sarfni yanada oshiradi. Mazkur omilning ta'siri taxminan +0.5–0.8 L/100 km diapazonda baholanadi.

To'rtinchi sabab - nazariy modelning soddalashtirilganligi bilan bog'liq. Multiplikativ modelda barcha omillar mustaqil deb qaraladi, ammo real sharoitda ular o'zaro bog'liq va bir-birini kuchaytiruvchi xususiyatga ega. Masalan, past tezlik, tirbandlik, tez-tez to'xtash va yo'l sifati yomonligi birgalikda ta'sir hosil qilib, umumiy yoqilg'i sarfini keskin oshirishi mumkin. Tadqiqotda ham ushbu hodisa alohida qayd etilgan bo'lib, kompleks omillar yig'indisi alohida ta'sirlar yig'indisidan yuqori natija berishi isbotlangan.

Yuqorida keltirilgan barcha omillarni umumlashtirgan holda, ularning umumiy hissasi taxminan 2.0–2.8 L/100 km oralig'ida ekanligi aniqlanadi. Bu esa tajriba davomida kuzatilgan 2.253 L/100 km tafovutni to'liq ilmiy asosda izohlash imkonini beradi va real sharoitdagi yoqilg'i sarfi murakkab, ko'p omilli tizim ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Mazkur bo'limda o'tkazilgan tahlillar natijalarini umumlashtirib aytganda, Chevrolet Cobalt (2023) avtomobili uchun aniqlangan real yoqilg'i sarfi (9.5 L/100 km) ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan standart ko'rsatkichdan (6.7 L/100 km) sezilarli darajada - 41.8% yuqori ekanligi aniqlandi. Ushbu tafovut xalqaro ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan natijalar bilan mos kelib, real ekspluatatsiya sharoitlari va laboratoriya o'lchovlari o'rtasida doimiy farq mavjudligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Nazariy hisob-kitob modeli esa ishlab chiqaruvchi standartiga nisbatan ancha yaqinroq natijani (7.247 L/100 km) taqdim etib, real sharoitga moslashish darajasi oshganini ko'rsatdi. Shunga qaramay, u hali ham real eksperimental natijadan ma'lum darajada farq qiladi, bu esa modelda barcha amaliy omillar, xususan aralash harakat rejimi, yo'l qoplamasining sifati va transport oqimining o'zgaruvchanligi to'liq hisobga olinmaganligi bilan izohlanadi. Tahlillar shuni

ko'rsatdiki, real ekspluatatsiya sharoitida yoqilg'i sarfiga eng katta ta'sir ko'rsatuvchi omillar sifatida harakat rejimining beqarorligi, yo'l infratuzilmasining sifati hamda haydovchining boshqaruv uslubi alohida ahamiyat kasb etadi. Aynan shu omillar kompleks ravishda yoqilg'i sarfining oshishiga olib keladi va ularni optimallashtirish orqali sezilarli tejamkorlikka erishish mumkin. Shu bois, keyingi bo'limlarda ushbu omillarni kamaytirish va yoqilg'i samaradorligini oshirishga qaratilgan aniq amaliy tavsiyalar batafsil ko'rib chiqiladi.

### **3.2. Yengil avtomobillarni samarali ekspluatatsiya qilish yo'llari**

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, real ekspluatatsiya sharoitida yengil avtomobillarning yoqilg'i sarfi ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan standart ko'rsatkichlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'ladi. Bu holat transport vositasidan foydalanish jarayonida tashqi muhit, yo'l sharoiti va inson omili kabi ko'plab omillarning birgalikdagi ta'siri bilan izohlanadi. Shu munosabat bilan, avtomobillarni samarali ekspluatatsiya qilish, ya'ni yoqilg'i sarfini optimallashtirish va energiya tejamkorligini oshirish masalasi muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Ushbu bo'limda yengil avtomobillardan foydalanishda samaradorlikni oshirishga qaratilgan usullar xalqaro ilmiy tadqiqotlar, ilg'or tajribalar hamda amaldagi standartlar asosida tahlil qilinadi va asoslab beriladi.

Yoqilg'i sarfini kamaytirish bo'yicha eng ko'p tadqiqot qilingan va eng katta samara beradigan yo'l - haydash texnikasini optimallashtirish hisoblanadi. Bu yo'l hech qanday qo'shimcha moliyaviy xarajat talab etmaydi, faqat haydovchining malakasi va xohishiga bog'liq. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, yengil avtomobillar uchun yoqilg'i tejamkorligi nuqtayi nazaridan eng maqbul tezlik diapazoni 70–90 km/soat atrofida shakllanadi. Aynan shu oraliqda dvigatel nisbatan optimal yuklama rejimida ishlaydi, aerodinamik qarshilik keskin ortib ketmaydi va transmissiya tizimining foydali ish koeffitsienti yuqori darajada saqlanadi. Tezlikning ortib borishi bilan, ayniqsa 100–120 km/soatdan yuqorida, aerodinamik qarshilik kuchi keskin oshib, dvigatelga tushadigan yuklama ham

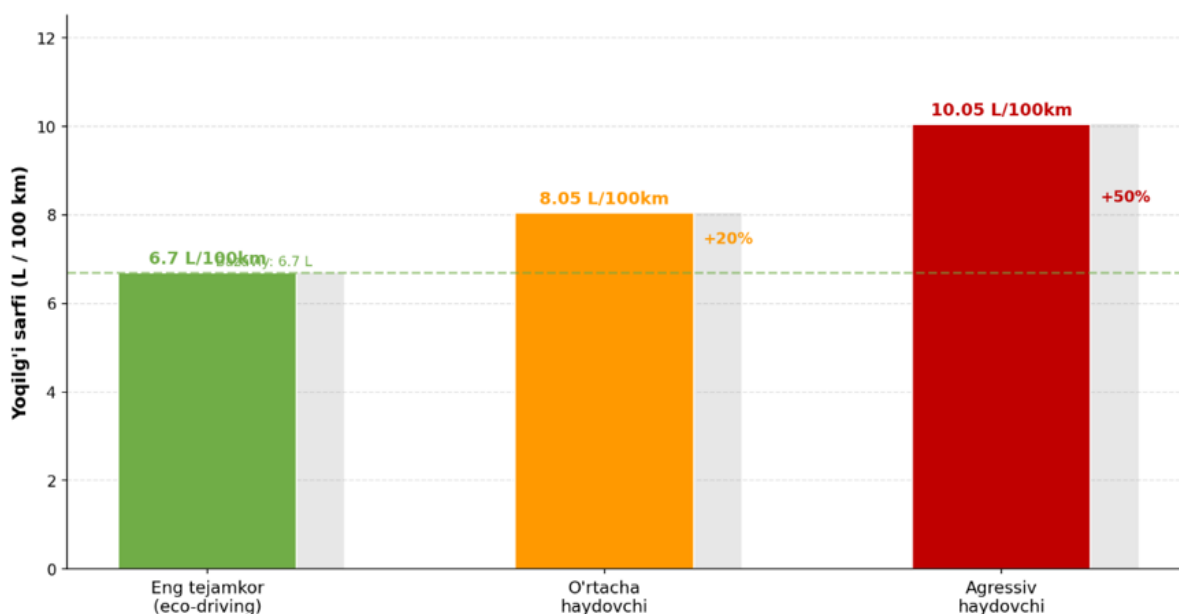
ortadi va natijada yoqilg'i sarfi ko'payadi. Ilmiy tajribalarga ko'ra, tezlikni 120 km/soatdan 90 km/soatgacha kamaytirish yoqilg'i iste'molini o'rtacha 15–20% ga qisqartirishi mumkin, bu esa John B. Heywood tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda ham tasdiqlangan[1]. Shuningdek, magistral yo'llarda kruiz-kontrol tizimidan foydalanish barqaror tezlikni ushlab turish imkonini beradi. Bu esa tezlanish va sekinlanishlar sonini kamaytirib, yoqilg'i sarfini qo'shimcha ravishda 4–7% gacha qisqartirishga yordam beradi.

“Eco-driving” deb ataladigan haydash uslubi Yevropa mamlakatlarida keng joriy etilgan bo'lib, uning samaradorligi ko'plab ilmiy tadqiqotlar orqali isbotlangan. Ushbu yondashuvning asosiy maqsadi avtomobilni imkon qadar silliq, barqaror va tejamkor rejimda boshqarish orqali yoqilg'i sarfini kamaytirishdan iborat. Uning asosiy tamoyillari oldindagi yo'l vaziyatini oldindan tahlil qilish, tezlanish va tormozlanishlarni minimallashtirish, uzatmalar qutisidan imkon qadar yuqori uzatmalarda foydalanish hamda harakat davomida barqaror tezlikni saqlashni o'z ichiga oladi. Keskin tezlanish jarayonlarida dvigatel boshqaruv tizimi yonish jarayonini boy havo-yoqilg'i aralashmasi hisobiga amalga oshiradi, ya'ni me'yordan ko'proq yoqilg'i ta'minlanadi. Bu esa bevosita yoqilg'i sarfining ortishiga olib keladi. Bundan tashqari, keskin tormozlanish holatlarida avtomobilning kinetik energiyasi to'liq issiqlik energiyasiga aylanib, amalda foydasiz yo'qotiladi. Cooper (2013) tadqiqotlariga ko'ra, keskin haydash uslubi tejamkor haydash uslubiga nisbatan 25–50% gacha ko'proq yoqilg'i sarfiga sabab bo'ladi[20]. ECOTRANS (2019) dasturi doirasida o'tkazilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra esa, eco-driving texnikasini amaliyotda qo'llash yoqilg'i sarfini 10–20% gacha kamaytiradi, o'rtacha haydovchilarda esa ushbu ko'rsatkich taxminan 15% atrofida yaxshilanishi kuzatilgan. Shu sababli keskin harakatlardan qochish va silliq boshqaruv uslubini qo'llash yoqilg'i tejamkorligini oshirishda muhim amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Bo'sh yurish holati, ya'ni avtomobil harakatlanmasdan dvigatelning ishlashi, yoqilg'i sarfini sezilarli darajada oshiruvchi nafaol rejimlardan biri hisoblanadi. U.S. Department of Energy (2014) ma'lumotlariga ko'ra, yengil

benzinli avtomobillar bo'sh yurish holatida soatiga o'rtacha 0.6–1.5 litr yoqilg'i sarflaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, agar to'xtash holati 60 soniyadan ortiq davom etsa, dvigatelni o'chirib qayta ishga tushirish jarayonida sarflanadigan yoqilg'i miqdori bo'sh yurishda sarflanadigan yoqilg'idan kam bo'lishi mumkin. Shu sababli uzoq davom etuvchi to'xtashlarda dvigatelni o'chirib qo'yish tejankor yondashuv hisoblanadi. Zamonaviy start-stop tizimlari ushbu tamoyilni avtomatik tarzda amalga oshiradi va ayniqsa shahar sharoitida yoqilg'i sarfini 5–10% gacha kamaytirish imkonini beradi.

**Grafik-3.1. Hayvdovchi avtomobilni boshqarish uslubining yoqilg'i sarfiga ta'siri**



Muntazam texnik xizmat ko'rsatish avtomobilning yoqilg'i tejankorligini ta'minlashda eng muhim amaliy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Bosch Automotive(2018) ma'lumotlariga ko'ra, o'z vaqtida va to'liq bajarilgan texnik xizmat ko'rsatish ishlari yoqilg'i sarfini o'rtacha 8–12% gacha kamaytirishi mumkin.

Dvigatel moyini almashtirish. Dvigatel moyi ekspluatatsiya jarayonida asta-sekin oksidlanadi va uning qovushqoqlik darajasi ortib boradi. Natijada moyning moylash xususiyatlari yomonlashib, dvigatel ichki qismlarida ishqalanish kuchayadi va qo'shimcha energiya sarfi yuzaga keladi. SAE J300 standarti talablariga mos sintetik moylardan foydalanish hamda uni belgilangan

muddatlarda almashtirish yoqilg'i sarfini 1–2% gacha kamaytiradi. Chevrolet Cobalt avtomobili uchun ishlab chiqaruvchi tomonidan moyni har 8000 - 10 000 km oralig'ida almashtirish tavsiya etiladi.

Havo filtri holatini nazorat qilish. Havo filtri dvigatelga kiruvchi havoni tozalash va optimal havo-yoqilg'i nisbatini ta'minlash vazifasini bajaradi. Filtr ifloslanganda havo oqimi cheklanadi, natijada yonish jarayoni to'liq amalga oshmaydi va yoqilg'i samaradorligi pasayadi. U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2023) ma'lumotlariga ko'ra, iflos havo filtri yoqilg'i sarfini 10% gacha oshirishi mumkin. Shu sababli filtrni har 15 000–20 000 km da almashtirish tavsiya etiladi. Iqlim sharoiti quruq hamda tez-tez shamol hamda chang bo'ladigan hududlarda havo filtrini har moy almashtirganda qo'shib almashtirish tavsiya etiladi.

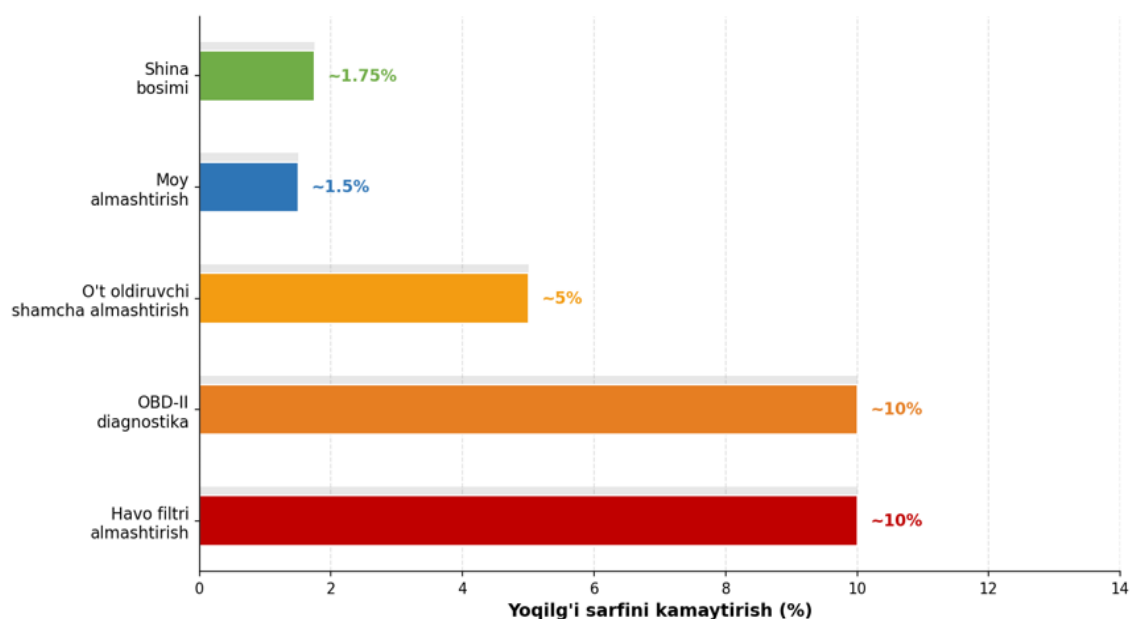
Shina bosimini nazorat qilish. 3.1-bo'limda ta'kidlanganidek, shina bosimi yoqilg'i sarfiga bevosita ta'sir etuvchi muhim omillardan biridir. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) tadqiqotlariga ko'ra, shina bosimi me'yorida saqlansa, yoqilg'i sarfi 0.5–3% gacha kamayishi mumkin. Chevrolet Cobalt uchun tavsiya etilgan bosim 220 kPa bo'lib, uni har oyda bir marta sovuq holatda tekshirish zarur.

Shamchalar va injektorlarni tekshirish. Eskirgan shamlar (buji) yonish jarayonining samaradorligini pasaytiradi, natijada yoqilg'i to'liq yonmay qoladi. Bosch Automotive Handbook (2018) ma'lumotlariga ko'ra, shamlar har 30 000 km da, injektorlar esa 40 000–60 000 km oralig'ida tekshirilishi yoki almashtirilishi lozim. Eskirgan shamlar yoqilg'i sarfini 4–6% gacha oshirishi mumkin[1].

OBD-II diagnostikasi. Har 6 oyda bir marta OBD-II diagnostika tizimi orqali dvigatel holatini tekshirish yoqilg'i sarfiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi nosozliklarni erta aniqlash imkonini beradi. Kislorod sensori, havo oqimi sensori MAF (Mass Air Flow sensor) yoki EGR (Exhaust Gas Recirculation-chiqindi gazlarni qayta aylantirish tizimi) tizimidagi muammolar yoqilg'i sarfini 5–15%

gacha oshirishi mumkin. Shu sababli muntazam diagnostika avtomobilning umumiy tejamkorligini saqlashda muhim profilaktik chora hisoblanadi.

**Grafik-3.2. Texnik xizmat choralarining yoqilg'i sarfiga ta'siri**



Yo'l va harakat sharoitini to'g'ri tanlash. Yo'l sharoiti va harakat vaqtini oqilona rejalashtirish avtomobil yoqilg'i tejamkorligiga bevosita ta'sir ko'rsatuvchi muhim ekspluatatsion omillardan biri hisoblanadi. To'g'ri tanlangan yo'nalish va optimal harakat rejimi yoqilg'i sarfini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, asfalt sharoitidagi aralash harakatlanish (tez-tez to'xtash va qayta harakatga tushish rejimi) yoqilg'i sarfini magistral yo'llardagi barqaror harakatga nisbatan 25–40% gacha oshiradi. Shu sababli imkon qadar tirbandlik yuqori bo'lgan vaqt oralig'idan (odatda 07:30–09:00 va 17:00–19:00) tashqarida harakatlanish yoki muqobil yo'llardan foydalanish tavsiya etiladi. GPS navigatsiya tizimlari, jumladan Google Maps va Yandex Navigator, real vaqt rejimida tirbandlikni hisobga olib, eng tejamkor yo'nalishni tanlash imkonini beradi.

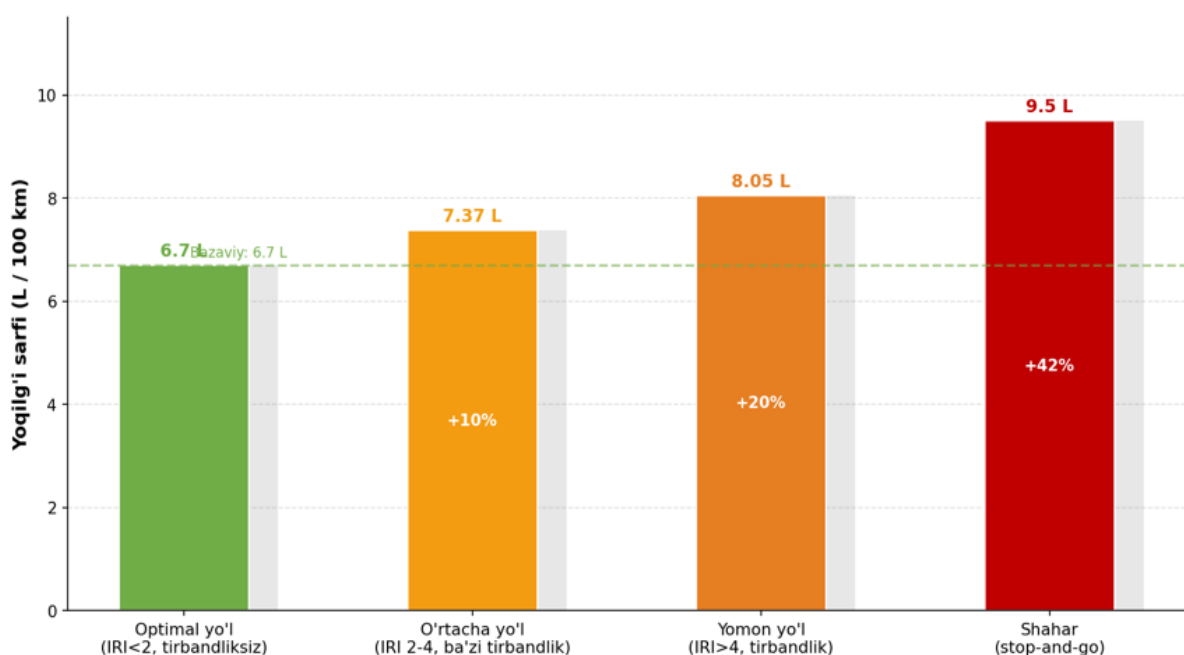
Yo'l sifatini hisobga olish. IRI (International Roughness Index) ko'rsatkichi 4 m/km dan yuqori bo'lgan yo'llarda avtomobilning yoqilg'i sarfi sifatli asfalt yo'llarga nisbatan 5–10% gacha ortishi mumkin. Notekis yo'llarda tez-tez tezlanish va sekinlanishlar yuzaga kelgani sababli qo'shimcha energiya

yo‘qotilishi sodir bo‘ladi. Shu bois imkon qadar tekis va sifatli yo‘llardan foydalanish, chuqurchali yo‘llarda esa barqaror va ehtiyotkor harakatlanish yoqilg‘i tejamkorligini ta‘minlashda muhim ahamiyatga ega.

Avtomobil yuklanishini optimallashtirish. Allstate tadqiqotlariga ko‘ra, avtomobil massasining har 45 kg ga ortishi yoqilg‘i sarfini taxminan 1–2% ga oshiradi. Bundan tashqari, tomga o‘rnatiladigan yuk tashish moslamalari (roof rack) avtomobilning aerodinamik qarshiligini sezilarli darajada oshirib, yoqilg‘i sarfini 5–7% gacha ko‘paytirishi mumkin. Shu sababli ortiqcha yuklardan qochish va aerodinamik jihatdan qulay holatda harakatlanish tavsiya etiladi.

Konditsioner tizimidan oqilona foydalanish. Konditsioner tizimi dvigateldan qo‘shimcha quvvat talab qiladi, bu esa yoqilg‘i sarfining oshishiga olib keladi. +35°C dan yuqori haroratlarda konditsionerdan foydalanish yoqilg‘i sarfini 5–10% gacha ko‘paytirishi mumkin. Amaliy tavsiyalarga ko‘ra, past tezliklarda (60 km/soatdan past) tabiiy shamollatish (derazani ochish) ko‘proq tejamkor bo‘lishi mumkin, yuqori tezliklarda esa aerodinamik qarshilikni kamaytirish maqsadida derazalarni yopiq tutib, konditsionerni minimal rejimda ishlatish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

**Grafik-3.3. Yo‘l va harakat sharoitining yoqilg‘i sarfiga ta‘siri**



Umumlashtiruvchi tavsiyalar jadvali. Mazkur bo'limda yuqorida batafsil tahlil qilingan barcha omillar va ularning yoqilg'i sarfiga ta'siri tizimli ravishda umumlashtiriladi. Tadqiqot davomida aniqlangan samarali ekspluatatsiya usullari, texnik xizmat ko'rsatish choralarining natijalari hamda haydash uslubiga oid tavsiyalar yagona jadval ko'rinishida jamlanadi. Ushbu jadvalning asosiy maqsadi yoqilg'i tejamkorligini oshirishga qaratilgan choralarni aniq, tushunarli va amaliy jihatdan qulay shaklda taqdim etishdan iborat. Unda har bir omilning yoqilg'i sarfiga ta'sir darajasi, foiz ko'rinishidagi samaradorligi hamda ularni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan vaqt yoki davriylik ko'rsatkichlari keltiriladi. Bunday yondashuv avtomobil egalariga va mutaxassislariga yoqilg'i sarfini kamaytirish bo'yicha ustuvor choralarni aniqlash, ularni amaliyotga joriy etish ketma-ketligini belgilash hamda ekspluatatsiya jarayonini yanada samarali tashkil etish imkonini beradi. Natijada, texnik, ekspluatatsion va tashkiliy omillarni kompleks tarzda hisobga olgan holda yoqilg'i tejamkorligiga erishish mumkin bo'ladi.

### 3.2-jadval

#### **Texnik xizmat ko'rsatish choralari natijalarining haydash uslubiga oid tavsiyalar jadval**

| Tavsiya                                  | Sarfni kamaytirish | Xarajat  |
|------------------------------------------|--------------------|----------|
| Optimal tezlik (70–90 km/soat)           | 15–20%             | Bepul    |
| Eco-driving texnikasi                    | 10–20%             | Bepul    |
| Tirbandlikdan qochish                    | 10–15%             | Bepul    |
| Shina bosimini nazorat qilish            | 0.5–3%             | Minimal  |
| Moy almashtirish (o'z vaqtida)           | 1–2%               | O'rtacha |
| Havo filtri almashtirish                 | 5–10%              | Past     |
| O't oldirish shamchasini<br>almashtirish | 4–6%               | Past     |
| OBD-II diagnostika                       | 5–15%              | O'rtacha |
| Yo'l sifatini tanlash                    | 2–5%               | Bepul    |
| Yuk optimallashtirish                    | 1–3%               | Bepul    |

Jadval tahlili shuni ko'rsatadiki, eng yuqori samaradorlikka ega bo'lgan choralar optimal tezlikni saqlash va eco-driving tamoyillariga rioya qilish hech qanday qo'shimcha moliyaviy xarajatlarni talab qilmaydi va asosan haydovchining bilim darajasi hamda haydash ko'nikmalariga bog'liq. Bu holat shuni anglatadiki, yoqilg'i sarfini kamaytirishning eng oddiy, qulay va ayni paytda samarali yo'li bu haydash madaniyatini oshirish va avtomobilni ongli ravishda boshqarishdir.

### **3.3. Sun'iy intellekt dasturi asosida yoqilg'i sarfini hisoblash**

Zamonaviy sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi avtomobil ekspluatatsiyasi bilan bog'liq murakkab hisob-kitoblarni nafaqat mutaxassislar, balki oddiy foydalanuvchilar uchun ham sodda, tushunarli va amaliy jihatdan qulay shaklga keltirish imkonini bermoqda. Ayniqsa, ko'p omilli va dinamik xususiyatga ega bo'lgan yoqilg'i sarfini aniqlash jarayonida sun'iy intellektidan foydalanish hisoblash aniqligini oshirish bilan birga, tezkor va interaktiv natijalarni olishga xizmat qiladi. Ushbu bo'limda tadqiqot davomida ishlab chiqilgan matematik model - yoqilg'i sarfini turli ekspluatatsion omillar orqali aniqlovchi: (ilova 1-rasm)

$Q = Q_0 \times K_v \times K_t \times K_\gamma \times K_g \times K_{ac} \times K_{tex}$  ifodasi asosida - Claude AI yordamida yaratilgan interaktiv hisoblash dasturi ko'rib chiqiladi. Mazkur dastur foydalanuvchiga turli sharoit va parametrlarni kiritish orqali avtomobilning real yoqilg'i sarfini tez va aniq baholash imkonini beradi.

Sun'iy intellekt tizimlari foydalanuvchi bilan tabiiy til orqali muloqot qilish va murakkab texnik hisob-kitoblarni sodda hamda tushunarli shaklda bajarish imkoniyatiga ega bo'lgan ilg'or texnologiyalar sirasiga kiradi. (ilova 2-rasm) Bunday tizimlar nafaqat matematik hisoblashlarni amalga oshiradi, balki foydalanuvchi tomonidan kiritilgan ma'lumotlarni tahlil qilib, ularning mazmunini chuqur anglash va natijalarni izohlash imkonini ham beradi. Ushbu tadqiqot doirasida Anthropic tomonidan ishlab chiqilgan Claude AI modeli yoqilg'i sarfini hisoblash va tahlil qilish vositasi sifatida qo'llanildi. (ilova 3-rasm) Tizimlarning an'anaviy kalkulyatorlardan asosiy ustunligi shundaki, ular

faqatgina sonli natijani chiqarish bilan cheklanmaydi. Bunday tizimlar foydalanuvchi kiritgan parametrlarni kompleks tahlil qilib, hisob-kitob natijalarini izohlab beradi, turli sharoitlar bo'yicha taqqoslashlar o'tkazadi hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqadi. Bu esa foydalanuvchiga nafaqat natijani olish, balki uning sabablarini ham tushunish imkonini yaratadi. Tom B. Brown va hammualliflar (2020) tadqiqotlarida ta'kidlanganidek, katta til modellari nafaqat raqamli hisoblashlarni bajarish, balki kontekstual tahlil olib borish qobiliyatiga ham ega. Aynan shu xususiyat ularni murakkab muhandislik va texnik masalalarni yechishda samarali vosita sifatida qo'llash imkonini beradi.

Mazkur dastur tadqiqot jarayonida ishlab chiqilgan multiplikativ koeffitsientlar modeliga asoslangan bo'lib, yoqilg'i sarfini turli ekspluatatsion omillarni kompleks hisobga olgan holda aniqlash imkonini beradi. Dastur ishlash jarayonida foydalanuvchi tomonidan kiritilgan ma'lumotlarni tahlil qiladi, ularni mos koeffitsientlar bilan bog'laydi va yakuniy natijani avtomatik tarzda hisoblab beradi. Shu bilan birga, hisoblangan qiymatga izoh berish va natijani tushuntirish funksiyasi ham mavjud bo'lib, bu foydalanuvchi uchun qo'shimcha qulaylik yaratadi. Foydalanuvchi dasturga quyidagi asosiy parametrlarni kiritadi: avtomobil turi va ishlab chiqarilgan yili, harakat tezligi (km/soat), tashqi muhit harorati ( $^{\circ}\text{C}$ ), yo'l qoplamasi turi, yo'l nishabligi darajasi, konditsioner tizimining ishlash holati hamda avtomobilning ekspluatatsiya muddati (yillarda). Ushbu kiritilgan ma'lumotlar asosida dastur har bir omilning yoqilg'i sarfiga ta'sirini alohida baholab, ularning umumiy yig'indisi sifatida yakuniy natijani shakllantiradi. (ilova 4-rasm)

### **3.4. Iqtisodiy samaradorlik**

Yoqilg'i sarfini kamaytirish nafaqat ekologik barqarorlikni ta'minlash, balki avtomobil ekspluatatsiyasining umumiy iqtisodiy samaradorligini oshirishda ham muhim ahamiyatga ega. Amaliy jihatdan qaraganda, yoqilg'i tejamkorligini ta'minlash orqali transport xarajatlarini qisqartirish, avtomobilni saqlash bilan bog'liq qo'shimcha sarflarni kamaytirish hamda uzoq muddatli moliyaviy foydaga erishish mumkin. Mazkur bo'limda tadqiqot davomida

olingan natijalarga tayangan holda yoqilg'i sarfini kamaytirishning iqtisodiy samarasi batafsil tahlil qilinadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra aniqlangan real yoqilg'i sarfi (9.5 L/100 km) bilan ishlab chiqaruvchi tomonidan ko'rsatilgan standart qiymat (6.7 L/100 km) o'rtasidagi farq 2.8 L/100 km ni tashkil etadi. Ushbu tafovutning amaliy ahamiyatini to'liq anglash uchun uning yillik moliyaviy ifodasi hisoblab chiqildi va iqtisodiy jihatdan baholandi.

Dastlabki ma'lumotlar:

- Yillik bosib o'tiladigan masofa:  $S = 20\,000$  km
- AI-92 benzin narxi: 1 litr = 12 600 so'm (2025 yil ma'lumotlari)
- Real sarflar:  $Q_{\text{real}} = 9.5$  L/100 km
- Standart sarflar:  $Q_{\text{std}} = 6.7$  L/100 km

Yillik qo'shimcha yoqilg'i sarfi:

$$\Delta V = (Q_{\text{real}} - Q_{\text{std}}) / 100 \times S = (9.5 - 6.7) / 100 \times 20\,000 = 560 \text{ litr/yil}$$

Yillik qo'shimcha moliyaviy xarajat:

$$\Delta C = \Delta V \times P = 560 \times 12\,600 = 7\,056\,000 \text{ so'm/yil} \approx 560 \text{ AQSh dollari/yil}$$

Ushbu hisob-kitob natijalari shuni aniq ko'rsatadiki, avtomobilni ekspluatatsiya qilish jarayonida asosiy omillarni - ya'ni harakat rejimi, tezlikni tanlash, texnik holatni nazorat qilish va yo'l sharoitlarini hisobga olish kabi jihatlarni yetarli darajada optimallashtirmaslik sezilarli darajadagi iqtisodiy yo'qotishlarga olib keladi. Natijada avtomobil egasi yil davomida 7 million so'mdan ortiq qo'shimcha va asosan oldini olish mumkin bo'lgan xarajatlarga duch keladi. Bu esa yoqilg'i tejamkorligini ta'minlash bo'yicha oddiy, ammo samarali choralarni qo'llash naqadar muhim ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Eco-driving texnikasining iqtisodiy samaradorligi. Ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, eco-driving (tejamkor va ongli haydash) texnikasini amaliyotda qo'llash nafaqat yoqilg'i sarfini kamaytiradi, balki sezilarli iqtisodiy foyda ham keltiradi. ECOTRANS (2019) hamda National Renewable Energy Laboratory (2012) tadqiqotlariga ko'ra, ushbu haydash uslubi yoqilg'i sarfini o'rtacha 10–20% gacha kamaytirish imkonini beradi. Mazkur samaradorlikni

yanada aniqroq baholash maqsadida uchta turli bosqichlar asosida iqtisodiy hisob-kitoblar amalga oshiriladi.

Ushbu bosqichlar eco-driving texnikasining minimal, oʻrtacha va maksimal darajadagi taʼsirini ifodalab, yoqilgʻi tejamlorligi natijasida yuzaga keladigan moliyaviy foydani kompleks tarzda tahlil qilish imkonini beradi.

1-bosqich - Konservativ (10% tejash):

$$\Delta V_1 = 9.5 \times 0.10 / 100 \times 20\,000 = 190 \text{ litr/yil}$$

$$\Delta C_1 = 190 \times 12\,600 = 2\,394\,000 \text{ soʻm/yil} \approx 190 \text{ dollar}$$

2-bosqich - Oʻrtacha (15% tejash):

$$\Delta V_2 = 9.5 \times 0.15 / 100 \times 20\,000 = 285 \text{ litr/yil}$$

$$\Delta C_2 = 285 \times 12\,600 = 3\,591\,000 \text{ soʻm/yil} \approx 285 \text{ dollar}$$

3-bosqich - Optimistik (20% tejash):

$$\Delta V_3 = 9.5 \times 0.20 / 100 \times 20\,000 = 380 \text{ litr/yil}$$

$$\Delta C_3 = 380 \times 12\,600 = 4\,788\,000 \text{ soʻm/yil} \approx 380 \text{ dollar}$$

Ushbu hisob-kitob natijalari shuni yaqqol koʻrsatadiki, eco-driving texnikasini amaliyotga joriy etish hech qanday qoʻshimcha moliyaviy investitsiyalarni talab qilmaydi, biroq yil davomida sezilarli darajada iqtisodiy foyda keltiradi. Xususan, haydash uslubini optimallashtirish orqali yiliga taxminan 2.4 million soʻmdan 4.8 million soʻmgacha mablagʻni tejash mumkin. Bu esa oddiy haydash odatlarini oʻzgartirish orqali ham katta moliyaviy samaradorlikka erishish mumkinligini amaliy jihatdan tasdiqlaydi.

Texnik xizmat koʻrsatishning iqtisodiy samaradorligi. Muntazam texnik xizmat koʻrsatish avtomobilni ekspluatatsiya qilish jarayonida yoqilgʻi tejamlorligini taʼminlash bilan bir qatorda, umumiy iqtisodiy samaradorlikni oshiruvchi eng muhim omillardan biri hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga koʻra, oʻz vaqtida va sifatli bajarilgan texnik xizmatlar avtomobilning ish samaradorligini yaxshilab, yoqilgʻi sarfini oʻrtacha 8–12% gacha kamaytirish imkonini beradi.

Mazkur boʻlimda texnik xizmat koʻrsatishga sarflanadigan xarajatlar hamda ushbu xizmatlar natijasida yoqilgʻi tejalishi orqali yuzaga keladigan

iqtisodiy foyda o‘zaro qiyosiy jihatdan tahlil qilinadi. Shuningdek, texnik xizmat uchun yo‘naltirilgan mablag‘larning qoplanish darajasi, ularning qaytarilish samaradorligi hamda uzoq muddatli moliyaviy foydasi alohida baholanadi. Shu asosda avtomobilni muntazam texnik ko‘rik va profilaktik xizmatlardan o‘tkazish nafaqat texnik ishonchlilikni ta‘minlashi, balki iqtisodiy jihatdan ham sezilarli darajada foydali ekanligi ilmiy asosda tasdiqlanadi.

### 3.3-jadval

#### **Texnik xizmat xarajatlari (Chevrolet Cobalt, yillik, 20 000 km):**

| Texnik xizmat turi         | Muddati                                   | Taxminiy narxi (so‘m)                                          |
|----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Moy va filtr almashtirish  | Har 7 000–8 000 km<br>(yiliga ~2-3 marta) | $350\,000 \times 2.5 = 875\,000$                               |
| Havo filtri almashtirish   | Har moy<br>almashtirilganda               | $30\,000 \times 2.5 = 75\,000$                                 |
| Shina bosimini tekshirish  | Har oyda                                  | 5 000–10 000                                                   |
| OBD-II diagnostika         | Har 6 oyda (2 marta)                      | $50\,000\text{--}80\,000 \times 2 = 100\,000\text{--}160\,000$ |
| O‘t oldiruvchi shamchalar  | Har 30 000 km (yiliga bir marta)          | 120 000                                                        |
| <b>Jami yillik xarajat</b> |                                           | ~1 187 000–1 242 000 so‘m                                      |

Texnik xizmat hisobiga yoqilg‘i tejash (10% kamaytirish):

$$\Delta C_{\text{tex}} = 9.5 \times 0.10 / 100 \times 20\,000 \times 12\,600 = 2\,394\,000 \text{ so‘m/yil}$$

Sof iqtisodiy foyda:

$$\text{Foyda} = 2\,394\,000 - 1\,215\,000 = 1\,179\,000 \text{ so‘m/yil}$$

Orasidagi farqi foizda:

$$1\,179\,000 / 1\,215\,000 \times 100\% = 97\%$$

Ya‘ni, texnik xizmat ko‘rsatishga yo‘naltirilgan har bir 1 so‘m xarajat evaziga o‘rtacha 1.97 so‘m miqdorida yoqilg‘i tejallishi hisobiga iqtisodiy foyda olish mumkin. Bu ko‘rsatkich texnik xizmatga sarflangan mablag‘ning to‘liq

qoplanishini va hatto qo‘shimcha daromad keltirishini anglatadi. Demak, muntazam texnik xizmat ko‘rsatish nafaqat avtomobilning texnik holatini barqaror saqlash, balki moliyaviy jihatdan ham to‘liq o‘zini oqlaydigan samarali investitsiya hisoblanadi.

Kompleks choralarning umumiy iqtisodiy samaradorligi. Tadqiqot davomida tavsiya etilgan barcha texnik, ekspluatatsion va haydash uslubiga oid choralar kompleks ravishda qo‘llanilganda, yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada kamaytirish imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Ilmiy tahlillarga ko‘ra, ushbu chora-tadbirlar birgalikda amalga oshirilganda avtomobilning umumiy yoqilg‘i sarfini o‘rtacha 25–35% gacha qisqartirish mumkin. Hisob-kitoblarda o‘rtacha 30% tejamkorlik ko‘rsatkichi asos qilib olindi, bu esa amaliy ekspluatatsiya sharoitida eng real va barqaror natija sifatida qabul qilindi. Bunday yondashuv yoqilg‘i xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirish bilan birga, avtomobil ekspluatatsiyasining umumiy iqtisodiy samaradorligini ham keskin oshirdi.

Kompleks tejash:

$$Q_{\text{tejash}} = 9.5 \times 0.30 = 2.85 \text{ L/100 km}$$

$$Q_{\text{yangi}} = 9.5 - 2.85 = 6.65 \text{ L/100 km (ishlab chiqaruvchi standartiga yaqin!)}$$

Yillik iqtisodiy foyda:

$$\Delta C_{\text{kompleks}} = 2.85 / 100 \times 20\,000 \times 12\,600 = 7\,182\,000 \text{ so‘m/yil}$$

Sof yillik foyda (texnik xizmat xarajatlarini chiqarib):

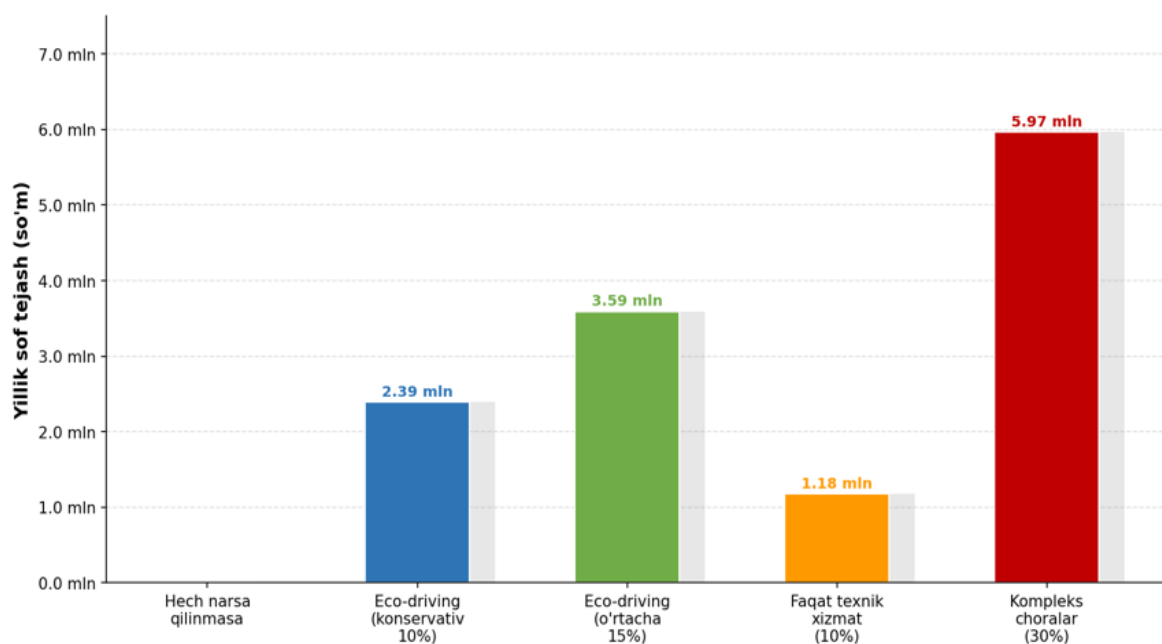
$$7\,182\,000 - 1\,215\,000 = 5\,967\,000 \text{ so‘m/yil}$$

### 3.4-jadval

#### Quyidagi jadvalda barcha bosqichlar umumlashtirilgan

| Bosqich                         | Tejash (%) | Yillik tejash (L) | Moliyaviy foyda (so‘m) |
|---------------------------------|------------|-------------------|------------------------|
| Hech narsa qilinmasa            | 0%         | 0                 | 0                      |
| Faqat eco-driving (konservativ) | 10%        | 190               | 2 394 000              |
| Faqat eco-driving (o‘rtacha)    | 15%        | 285               | 3 591 000              |
| Faqat texnik xizmat             | 10%        | 190               | 1 179 000 (sof)        |
| Kompleks choralar               | 30%        | 570               | 5 967 000 (sof)        |

**Grafik-3.4. Turli yo'llar bilan yillik moliyaviy tejash**



**Milliy miqyosdagi iqtisodiy ta'sir.** 2025 yil ma'lumotlariga ko'ra O'zbekistonda jami 427 097 dona avtomobil sotildi va 2025 yilning dastlabki uch oyida avtomobillar soni 79.8 ming taga oshgan. Ushbu ma'lumotlar asosida O'zbekistondagi umumiy yengil avtomobillar parki 4.5 million dan ortiqni tashkil etadi deb baholash mumkin.

Agar ushbu avtomobillarning 10% - ya'ni 450 000 ta avtomobil - kompleks tejash choralarini qo'llasa:

Milliy miqyosdagi yillik tejash:

$$450\,000 \times 570 \text{ litr} = 256.5 \text{ million litr benzin/yil}$$

Moliyaviy ekvivalenti:

$$256.5 \text{ million} \times 12\,600 \text{ so'm} = 3.232 \text{ trillion so'm}$$

Ushbu ko'rsatkich yoqilg'i tejamkorligini oshirish nafaqat alohida avtomobil egasi darajasida, balki keng ma'noda milliy iqtisodiyot uchun ham strategik ahamiyatga ega ekanligini yaqqol namoyon etadi. Chunki yoqilg'i sarfining kamayishi importga bo'lgan ehtiyojni qisqartiradi, transport xarajatlarini optimallashtiradi hamda energetik resurslardan samarali foydalanishni ta'minlaydi. Natijada bu yondashuv iqtisodiy barqarorlikni mustahkamlash va

resurslardan oqilona foydalanish nuqtayi nazaridan muhim omil sifatida xizmat qiladi.

Yoqilg'i sarfini kamaytirish nafaqat iqtisodiy jihatdan, balki ekologik barqarorlik nuqtayi nazaridan ham katta ahamiyatga ega hisoblanadi. Transport vositalarida yoqilg'i iste'molining qisqarishi atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorining kamayishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Xususan, benzin yoqilganda har bir litr uchun o'rtacha 2.31 kg CO<sub>2</sub> gazi atmosferaga ajralib chiqishi United States Environmental Protection Agency (2023) tomonidan qayd etilgan.

Bu esa shuni anglatadiki, yoqilg'i tejamkorligini oshirish orqali nafaqat resurslardan oqilona foydalanish, balki issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish va global iqlim o'zgarishining salbiy ta'sirlarini yumshatishga ham sezilarli hissa qo'shiladi.

Bitta avtomobil uchun yillik CO<sub>2</sub> kamaytirish (30% tejash):

$570 \text{ litr} \times 2.31 \text{ kg} = 1\,317 \text{ kg CO}_2/\text{yil}$  - ya'ni yiliga 1.3 tonna karbonat angidrid gazini kamaytirish mumkin.

Milliy miqyosda (450 000 avtomobil):

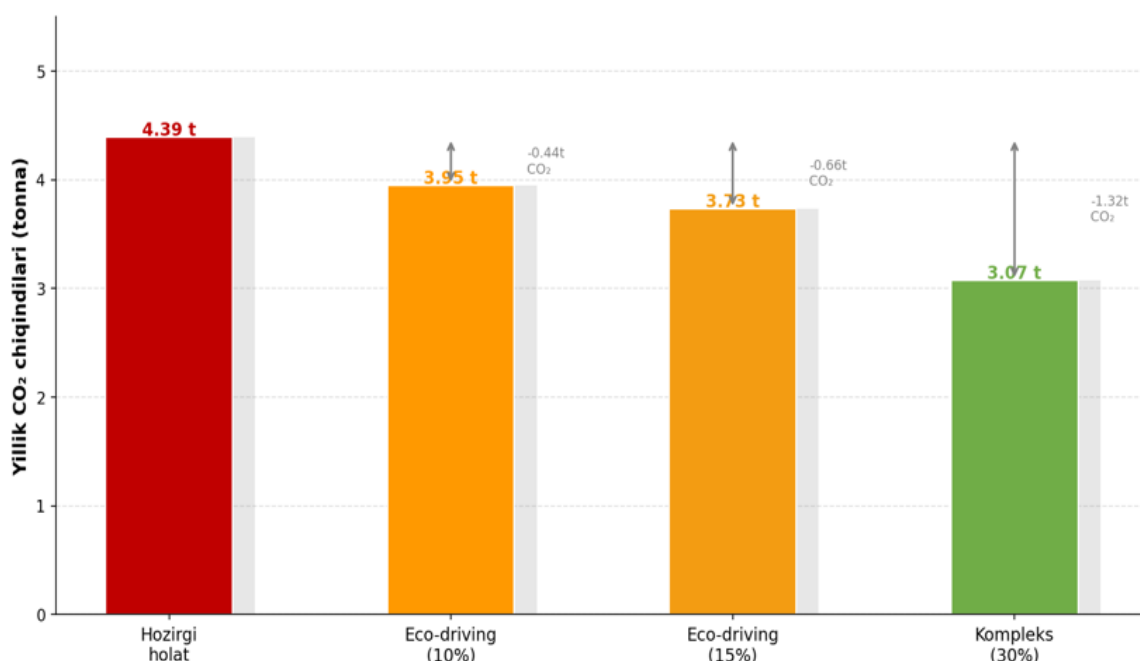
$$450\,000 \times 1\,317 \text{ kg} = 592\,650 \text{ tonna CO}_2/\text{yil}$$

Ushbu ko'rsatkich O'zbekiston sharoitida ayniqsa dolzarb ahamiyat kasb etadi, chunki mamlakat atmosferadagi CO<sub>2</sub> miqdorini kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta'minlash bo'yicha xalqaro majburiyatlarni o'z zimmasiga olgan. Shu nuqtai nazardan, yoqilg'i sarfini qisqartirish nafaqat iqtisodiy, balki keng ko'lamli ekologik va ijtimoiy samaradorlikka ega strategik yo'nalishlardan biri sifatida qaraladi. Xususan:

- Toshkent va yirik shaharlardagi havo sifati yaxshilanadi - avtotransport shahar havoini ifloslantiruvchi asosiy manbalardan biri hisoblanadi
- Parij kelishuviga muvofiqlik - O'zbekiston 2030 yilgacha CO<sub>2</sub> chiqindilarini 35% ga kamaytirish majburiyatini olgan (O'zbekiston NDC, 2021)
- Sog'liqqa foyda - WHO ma'lumotlariga ko'ra, havo ifloslanishi bilan bog'liq kasalliklar mamlakatda yiliga millionlab dollar tibbiy xarajat keltirib chiqaradi

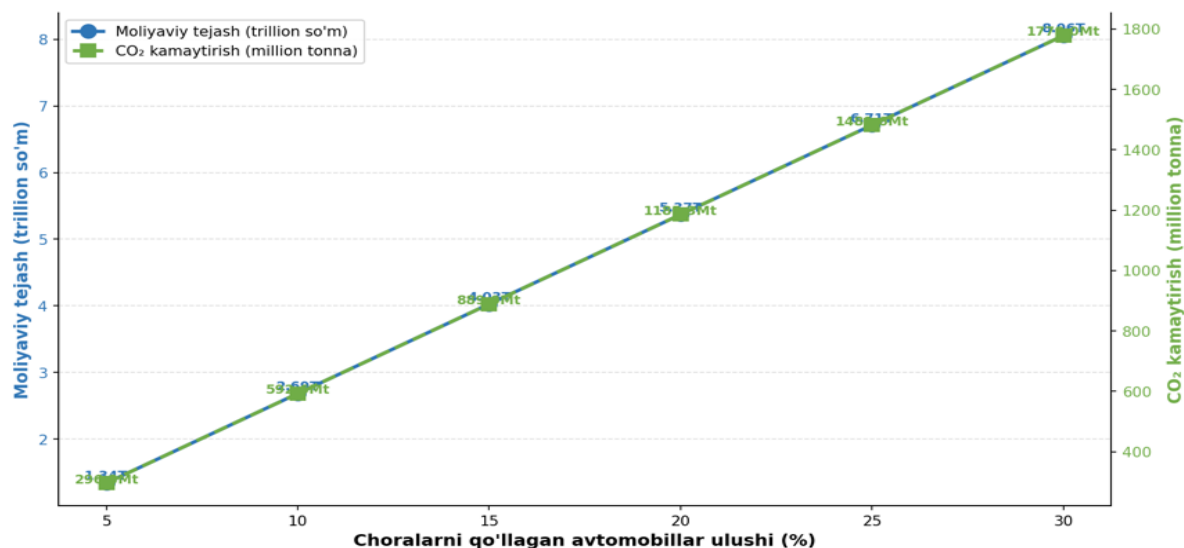
- Iqlim o'zgarishiga qarshi kurash - transport sektori O'zbekistonda CO<sub>2</sub> chiqindilarining 20–25% ini tashkil etadi.

**Grafik-3.5. Turli yo'llar bilan CO<sub>2</sub> chiqindilarini kamaytirish**



Shunday qilib, yoqilg'i sarfini kamaytirishga qaratilgan har qanday chora-tadbirlar nafaqat avtomobil egasining shaxsiy moliyaviy manfaatiga xizmat qiladi, balki jamiyatning ekologik xavfsizligi va umumiy farovonligini ta'minlashga ham katta hissa qo'shadi. Aynan shu ikki omil - iqtisodiy tejash va ekologik foyda uyg'unligi - aholining tejamkor va mas'uliyatli haydash madaniyatini shakllantirishda eng kuchli rag'batlantiruvchi omil hisoblanadi.

**Grafik-3.6. Milliy miqyosdagi iqtisodiy va ekologik ta'siri**



### 3.5. Taklif va tavsiyalar

Mazkur bo'limda olib borilgan tadqiqot ishlarining barcha bosqichlari — nazariy tahlillar, real ekspluatatsiya sharoitida o'tkazilgan eksperimental o'lchovlar hamda statistik va matematik hisob-kitoblar natijalari kompleks tarzda umumlashtirilib, ularning amaliy ahamiyatini oshirishga qaratilgan taklif va tavsiyalar tizimi ishlab chiqildi. Ushbu tavsiyalar yengil avtomobillardan foydalanish samaradorligini oshirish, yoqilg'i sarfini optimallashtirish hamda transport tizimining ekologik va iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilashga xizmat qiladi. Ishlab chiqilgan tavsiyalar tizimli yondashuv asosida shakllantirilib, u transport tizimining turli darajadagi ishtirokchilarini qamrab oladi. Xususan, tavsiyalar uch asosiy darajaga ajratildi: birinchisi — avtomobil egalari va haydovchilar uchun mo'ljallangan amaliy ko'rsatmalar bo'lib, ular kundalik ekspluatatsiya jarayonida yoqilg'i tejamkorligini oshirishga qaratilgan; ikkinchisi — texnik xizmat ko'rsatish tizimi uchun tavsiyalar bo'lib, avtomobillarning texnik holatini optimal darajada saqlash orqali ortiqcha yoqilg'i sarfini kamaytirishga xizmat qiladi; uchinchisi esa — davlat sektori darajasidagi takliflar bo'lib, transport infratuzilmasini rivojlantirish, energiya samaradorligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga yo'naltirilgan strategik choralarni o'z ichiga oladi.

Mazkur yondashuv yoqilg'i sarfini kamaytirish masalasini faqat texnik muammo sifatida emas, balki iqtisodiy, ekologik va boshqaruv jihatlarini o'zida mujassam etgan kompleks tizim sifatida ko'rib chiqish imkonini beradi.

Avtomobil egalari va haydovchilarga qaratilgan tavsiyalar: Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarning katta qismi haydovchining o'z qo'lida — ya'ni hech qanday qo'shimcha xarajatsiz hal qilinishi mumkin.

Birinchi tavsiya — Optimal tezlik oralig'ini saqlash. Ilmiy jihatdan isbotlangan eng tejamkor tezlik oralig'i 70–90 km/soat hisoblanadi. Tadqiqotda qo'llangan  $K_v$  koeffitsienti tahlili shuni ko'rsatdiki, 60 km/soat tezlikda harakatlanish sarfni 4.4% ga, 130 km/soat tezlikda esa 7.9% ga oshiradi.

Surxondaryo viloyati sharoitida, ayniqsa Sherobod–Termiz magistral yo‘lida, haydovchilar ko‘pincha keragidan yuqori tezlikda harakat qiladi — bu holat yoqilg‘i sarfini ortiqcha oshiradi. Magistral yo‘llarda kruiz-kontrol tizimidan foydalanish mavjud bo‘lsa, undan foydalanish tavsiya etiladi.

Ikkinchi tavsiya — Eco-driving texnikasini qo‘llash. Cooper (2013) va ECOTRANS (2019) tadqiqotlari asosida eco-driving texnikasi yoqilg‘i sarfini 10–20% ga kamaytirishi aniqlangan. Amaliy jihatdan bu quyidagilarni anglatadi: oldindagi svetofor yoki to‘siqni oldindan ko‘rib, dvigatalni gazlamasdan sekin yaqinlashish; shahar sharoitida uzatmani imkon qadar erta yuqoriga o‘tkazish; tez-tez tormozlanish o‘rniga "suzib" borish texnikasini qo‘llash. Ushbu texnikani o‘zlashtirish uchun maxsus kurs o‘tish shart emas — asosiy tamoyillarni bilish va amaliyotda qo‘llash kifoya.

Uchinchi tavsiya — Shina bosimini muntazam nazorat qilish. Tadqiqotda qo‘llangan  $K_\gamma$  koeffitsienti tahlili shuni ko‘rsatdiki, yo‘l qoplamasi va g‘ildirak holati sarfga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Chevrolet Cobalt uchun tavsiya etilgan bosim 220 kPa bo‘lib, uni har oyda bir marta, ayniqsa harorat keskin o‘zgarganda (yoz va qish mavsumlarida) tekshirish zarur. Shina bosimini tekshirish xarajati atigi 5 000–10 000 so‘m bo‘lib, yillik tejash esa yuz minglab so‘mni tashkil etadi.

To‘rtinchi tavsiya — Salt yurish vaqtini kamaytirish. U.S. Department of Energy (2014) ma’lumotlariga ko‘ra, bo‘sh yurish holatida soatiga 0.6–1.5 litr yoqilg‘i sarflanadi. O‘zbekiston sharoitida, ayniqsa yozgi issiq kunlarda, haydovchilar konditsioner yoqgan holda uzoq vaqt to‘xtab turishadi. Agar to‘xtash 60 sekunddan oshsa, dvigatalni o‘chirish maqsadga muvofiq — bu ham yoqilg‘i tejaydi, ham dvigatel resursini saqlaydi.

Beshinchi tavsiya — Avtomobil yukini optimallashtirish. Keraksiz og‘ir yuklar (asbob-uskuna, zapas qismlar, shaxsiy narsalar) olib tashlanishi lozim. Har 45 kg qo‘shimcha yuk yoqilg‘i sarfini 1–2% ga oshiradi. Shuningdek, yozda yo‘l bo‘yi qo‘yiladigan to‘p (roof rack) ishlatilmayotgan vaqtda olib qo‘yish aerodinamik qarshilikni kamaytiradi.

Texnik xizmat ko‘rsatish tarmoqiga qaratilgan tavsiyalar:

Birinchi tavsiya — Moy almashtirish muddatiga qat'iy rioya qilish. Tadqiqotda qo'llangan  $K_{\text{tex}}$  koeffitsienti tahlili shuni ko'rsatdiki, avtomobilning texnik holati yoqilg'i sarfiga yiliga 1.2% ta'sir ko'rsatadi. Chevrolet Cobalt uchun moy har 7 000–8 000 km da almashtirilishi lozim. Yiliga o'rtacha 20 000 km bosib o'tilganda bu yiliga 2–3 marta moy almashtirish demakdir. Sintetik moydan foydalanish mineral moyga nisbatan sarfni 1–2% kamaytiradi.

Ikkinchi tavsiya — Kompleks diagnostika xizmatini joriy etish. Texnik xizmat markazlari har moy almashtirishda OBD-II diagnostikasini ham o'tkazishni standart xizmat sifatida taklif etishi maqsadga muvofiq. Bu yoqilg'i sarfini oshiradigan yashirin nosozliklarni — kislorod sensori, MAF sensori, EGR tizimi muammolarini — erta aniqlash imkonini beradi. Diagnostika narxi 50 000–80 000 so'm bo'lib, bu kichik xarajat nosozliklarni erta aniqlash orqali katta tejashni ta'minlaydi.

Uchinchi tavsiya — Mijozlarni yoqilg'i tejamkorligi bo'yicha xabardor qilish. Texnik xizmat markazlari har xizmatdan so'ng mijozga avtomobilning joriy yoqilg'i sarfi holati, aniqlangan muammolar va ularning sarfga ta'siri haqida qisqacha hisobot berishlari tavsiya etiladi. Bu oddiy, lekin samarali chora haydovchilar orasida texnik xizmat madaniyatini oshirishga yordam beradi.

Davlat va sanoat sektoriga qaratilgan tavsiyalar:

Birinchi tavsiya — Yo'l qoplamasi sifatini oshirish. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, yo'l sifati (IRI indeksi) yoqilg'i sarfiga 3–8% ta'sir ko'rsatadi. Milliy miqyosda yo'l qoplamasi sifatini oshirish nafaqat yoqilg'i tejashni, balki transport xarajatlarini kamaytirish va yo'l xavfsizligini oshirishni ham ta'minlaydi. IRI indeksini muntazam o'lchab borish va past sifatli yo'llarni ta'mirlash dasturini ishlab chiqish tavsiya etiladi. Ayniqsa Surxondaryo viloyati kabi issiq iqlimli hududlarda yo'l qoplamasi tezroq yeyilishi hisobga olinishi lozim.

Ikkinchi tavsiya — Haydovchilik maktablarida eco-driving kursini joriy etish. Yevropa tajribasiga ko'ra, eco-driving bo'yicha majburiy kurs milliy yoqilg'i iste'molini 5–8% ga kamaytirgan (ECOTRANS, 2019)[21].

O‘zbekistonda haydovchilik maktablariga eco-driving asoslarini kiritish katta milliy iqtisodiy samara beradi. Ushbu kurs nafaqat yangi haydovchilar, balki mavjud haydovchilar uchun ham ixtiyoriy ravishda taklif etilishi mumkin.

Uchinchi tavsiya — Yoqilg‘i sarfi monitoringi tizimini joriy etish. Davlat miqyosida OBD-II ma’lumotlariga asoslangan yoqilg‘i sarfi monitoring tizimini ishlab chiqish va avtomobil egalariga arzon narxda taqdim etish tavsiya etiladi. Bunday tizim haydovchiga real vaqtda sarfni ko‘rsatib, tejamkorroq haydashga undaydi. McKinsey (2020) tadqiqotiga ko‘ra, bunday ulangan avtomobil tizimlari sarfni o‘rtacha 8–12% ga kamaytiradi.

To‘rtinchi tavsiya — Ekologik standartlarni kuchaytirish. O‘zbekiston Paris kelishuviga muvofiq 2030 yilgacha CO<sub>2</sub> chiqindilarini 35% ga kamaytirish majburiyatini olgan. Transport sektori mamlakat umumiy CO<sub>2</sub> chiqindilarining 20–25% ini tashkil etadi. Shu sababli yoqilg‘i sarfini kamaytiruvchi choralarni rag‘batlantiruvchi soliq imtiyozlari, subsidiyalar yoki boshqa iqtisodiy mexanizmlarni joriy etish tavsiya etiladi. Jumladan, muntazam texnik xizmat o‘tkazgan avtomobil egalariga soliq imtiyozlari berish yoki tejamkor haydovchilarga yoqilg‘i chegirmalari taklif etish kabi choralar ko‘rib chiqilishi mumkin.

Beshinchi tavsiya — Tadqiqotni kengaytirish. Mazkur tadqiqot bitta avtomobil (Chevrolet Cobalt) va bitta hudud (Surxondaryo viloyati) asosida o‘tkazilgan. Kelajakda tadqiqotni O‘zbekistonda keng tarqalgan boshqa avtomobil modellari (Gentra, Tracker, Spark, Lacetti) va turli iqlim mintaqalari (Toshkent, Farg‘ona vodiysi, Qoraqalpog‘iston) bo‘yicha kengaytirish maqsadga muvofiq. Bu umumlashtirilgan milliy yoqilg‘i sarfi modelini yaratish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari va tavsiyalar tizimini umumlashtirib, quyidagilarni ta’kidlash mumkin:

Birinchidan, yoqilg‘i sarfini kamaytirish uchun eng samarali va xarajatsiz yo‘l — haydovchi uslubini o‘zgartirish hisoblanadi. Eco-driving texnikasini

qo‘llash yiliga 2.4–4.8 million so‘m tejash imkonini beradi va buning uchun hech qanday sarmoya talab etilmaydi.

Ikkinchidan, muntazam texnik xizmat ko‘rsatish nafaqat yoqilg‘i tejaydi, balki avtomobilning umr ko‘rish muddatini ham uzaytiradi. Har yillik ~1.2 million so‘m xarajat evaziga 2.4 million so‘m tejash mumkin — FIK 97%.

Uchinchidan, barcha choralarni kompleks qo‘llash orqali real sarfni (9.5 L) ishlab chiqaruvchi standartiga (6.7 L) yaqinlashtirib, yiliga 5.97 million so‘m sof foyda ko‘rish mumkin.

To‘rtinchidan, milliy miqyosda ushbu choralar amalga oshirilsa, yiliga 256 million litr benzin tejash va 592 650 tonna CO<sub>2</sub> kamaytirilishi mumkin — bu O‘zbekistonning ekologik majburiyatlarini bajarishga sezilarli hissa qo‘shadi.

## XULOSA

Mazkur magistrlik dissertatsiyasi doirasida yengil avtomobillarda yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi ekspluatatsion omillar kompleks ilmiy tadqiqot ob'ekti sifatida har tomonlama o'rganildi. Tadqiqotda Chevrolet Cobalt avtomobili misolida nazariy modellash, real ekspluatatsiya sharoitida eksperimental o'lchovlar hamda statistik tahlil usullarining o'zaro integratsiyalashgan yondashuvi qo'llanildi. Natijada yoqilg'i sarfining shakllanish mexanizmlari, unga ta'sir etuvchi omillarning o'zaro bog'liqligi va ularni boshqarish imkoniyatlari chuqur ilmiy asosda ochib berildi. Tadqiqot jarayonida xalqaro ilmiy manbalar va standartlar asosida yoqilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarning yaxlit tizimi shakllantirilib, ular ekspluatatsion, texnik, iqlimiy va yo'l omillariga ajratildi. Ushbu omillarning miqdoriy ta'sirini baholash maqsadida multiplikativ koeffitsientlar modeli ishlab chiqilib, u O'zbekistonning real ekspluatatsion sharoitlariga moslashtirildi. Modelning xalqaro ECE R83, ISO va UNECE talablari bilan mosligi ilmiy jihatdan asoslandi hamda uning amaliy qo'llash imkoniyatlari isbotlandi.

Uch bosqichli metodologik yondashuv — nazariy hisob-kitob, eksperimental o'lchov va statistik tahlil — asosida yoqilg'i sarfining turli qiymatlari aniqlanib, ular o'rtasidagi tafovutlar chuqur tahlil qilindi. Ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan standart ko'rsatkich (6.7 L/100 km), nazariy model asosidagi hisob-kitob natijasi (7.247 L/100 km) va real ekspluatatsiya sharoitida olingan natija (9.5 L/100 km) o'rtasidagi sezilarli farqlar transport vositalarining haqiqiy ishlash sharoitlari bilan bog'liq omillar ta'sirining yuqoriligini yaqqol namoyon etdi.

Real yoqilg'i sarfining normativ qiymatlardan yuqori bo'lishi kompleks omillar ta'siri bilan izohlandi. Xususan, aralash harakat rejimi va "stop-and-go" sharoitlari, yo'l qoplamasi sifatining pastligi (IRI indeksi 3.5–5.0 m/km), shuningdek haydovchining boshqaruv uslubi asosiy determinantlar sifatida aniqlandi. Olingan natijalar European Environment Agency tomonidan qayd

etilgan 20–40% diapazon bilan mos kelib, O‘zbekiston sharoitida iqlim va infratuzilma omillarining kuchli ta’sirini yana bir bor tasdiqladi.

Tadqiqot davomida yengil avtomobillarning energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy asoslangan chora-tadbirlar tizimi ishlab chiqildi. Hisob-kitoblar natijasi shuni ko‘rsatdiki, eco-driving texnikalarini qo‘llash, muntazam texnik xizmat ko‘rsatish, optimal tezlik rejimini saqlash va yo‘l sharoitlarini inobatga olish orqali yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Ushbu choralarni kompleks tarzda qo‘llash natijasida real yoqilg‘i sarfini ishlab chiqaruvchi standartiga yaqin darajaga tushirish imkoniyati nazariy va amaliy jihatdan asoslab berildi.

Zamonaviy raqamli texnologiyalarni qo‘llash doirasida sun’iy intellekt asosida ishlovchi interaktiv hisoblash tizimi ishlab chiqildi. Xususan, Claude AI yordamida multiplikativ model asosida real vaqt rejimida yoqilg‘i sarfini hisoblash, tahlil qilish va foydalanuvchiga individual tavsiyalar berish imkoniyati yaratildi. Bu yondashuv an’anaviy hisoblash usullaridan farqli ravishda, dinamik va moslashuvchan tahlilni amalga oshirish imkonini beradi.

Iqtisodiy tahlil natijalari yoqilg‘i sarfining ortishi nafaqat texnik, balki moliyaviy jihatdan ham sezilarli yo‘qotishlarga olib kelishini ko‘rsatdi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, ortiqcha yoqilg‘i sarfi yiliga yuzlab litr benzin isrof bo‘lishiga va sezilarli miqdorda qo‘shimcha xarajatlarga sabab bo‘ladi. Shu bilan birga, ishlab chiqilgan tejash choralari qo‘llash orqali yuqori iqtisodiy samaradorlikka erishish, shuningdek, atmosfera chiqindilarini kamaytirish orqali ekologik foyda olish mumkinligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari asosida uch darajali — avtomobil egalari, texnik xizmat ko‘rsatish tizimi va davlat sektori — uchun kompleks tavsiyalar ishlab chiqildi. Ushbu tavsiyalar transport vositalaridan foydalanish samaradorligini oshirish, texnik xizmat ko‘rsatish sifatini yaxshilash hamda transport infratuzilmasini modernizatsiya qilish orqali umumiy energiya tejamkorlik darajasini oshirishga qaratilgan.

Shu bilan birga, tadqiqotning ayrim cheklovlari ham mavjud. Eksperimental qism faqat bitta avtomobil modeli va ma'lum geografik hudud doirasida amalga oshirilganligi natijalarni umumlashtirish imkoniyatini ma'lum darajada cheklaydi.

Kelgusidagi ilmiy izlanishlarda turli avtomobil modellari va iqlim mintaqalarini qamrab olish, shuningdek, GPS va diagnostik ma'lumotlarni integratsiyalash orqali keng qamrovli monitoring tizimlarini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

Umuman olganda, mazkur dissertatsiya yengil avtomobillarda yoqilg'i sarfini kompleks o'rganish, miqdoriy baholash va optimallashtirishga qaratilgan muhim ilmiy-amaliy ish hisoblanadi. Olingan natijalar transport sektorida energiya samaradorligini oshirish, yoqilg'i xarajatlarini kamaytirish hamda Parij kelishuvi doirasidagi ekologik majburiyatlarni bajarishga xizmat qiluvchi muhim ilmiy asos sifatida baholanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Heywood, J. B. (2018). Internal Combustion Engine Fundamentals, 2nd Edition. New York: McGraw-Hill Education.
2. Barnard, R. H. (2009). Road Vehicle Aerodynamic Design: An Introduction, 3rd Edition. Farnham, UK: MechAero Publishing.
3. Oripov T.O. Avtomobil transporti vositalarining texnik ekspluatatsiyasi. Toshkent: O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi, 2018.
4. Abdullayev.B. Ichki yonuv dvigatellari nazariyasi. – Toshkent: O'zbekiston, 2017.
5. Guzzella, L., & Sciarretta, A. (2013). Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization, 3rd Edition. Berlin: Springer.
6. National Research Council (2011). Assessment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles. Washington, D.C.: National Academies Press.
7. Bosch, R. (2018). Automotive Handbook, 10th Edition. Stuttgart: Robert Bosch.
8. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/16/4245>
9. Tarulescu, S., & Tarulescu, R. (2016). Fuel consumption equation depending on the vehicle speed. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,
10. Allstate & Cars.com (2013). Fuel efficiency and passenger weight study. Allstate Insurance Company.
11. Lohse-Busch, H., Duoba, M., Rask, E., Stutenberg, K., Gowri, V., Slezak, L., & Anderson, D. (2013)
12. National Center for Asphalt Technology (2014). Effects of Pavement Properties on Vehicular Rolling Resistance (NCAT Report 14-07). Auburn University
13. Thomas, J. F., West, B., & Huff, S. (2014). Fuel Economy and Emissions Effects of Low Tire Pressure, Open Windows, Roof Top and Hitch-Mounted Cargo, and Trailer. SAE International Journal.

- 14.Duran, A., Earleywine, M., Walkowicz, K., Kelly, K., & Burton, E. (2014). Contribution of Road Grade to the Energy Use of Modern Automobiles. National Renewable Energy Laboratory
- 15.UNECE. Regulation No. 83 (ECE R83): Emission of pollutants and fuel consumption test procedures. Geneva, United Nations, 2015.
- 16.Neubauer, J. (2013). Accounting for the Variation of Driver Aggression in the Simulation of Conventional and Advanced Vehicles. National Renewable Energy Laboratory (NREL). SAE World Congress 2013, Detroit, Michigan.
- 17.European Commission – WLTP Factsheet and Regulations  
Havola: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/wltp\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/wltp_en)
- 18.Argonne National Laboratory Effects of Air Temperature on Fuel Economy of Light-Duty Vehicles (ANL/ESD-12/1)  
<https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fact-861-february-23-2015-cold-weather-can-cut-electric-vehicle-range-more-40>
- 19.ISO 28580:2009 Passenger car, truck and bus tyres — Methods of measuring rolling resistance — Single point test and measurement  
<https://www.iso.org/standard/44661.html>
- 20.Cooper, P. (2013). "The Influence of Driver Behaviour on Fuel Consumption: A Review." Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal
- 21.ECOTRANS — Eco-driving Programme Results, 2019  
<https://www.ecotransit.org>
- 21.National Center for Asphalt Technology (2014). Effects of Pavement Properties on Vehicular Rolling Resistance (NCAT Report 14-07). Auburn University.
- 22.Thomas, J. F., West, B., & Huff, S. (2014). Fuel Economy and Emissions Effects of Low Tire Pressure, Open Windows, Roof Top and Hitch-Mounted Cargo, and Trailer. SAE International Journal of Passenger Cars – Mechanical Systems, 7(2).

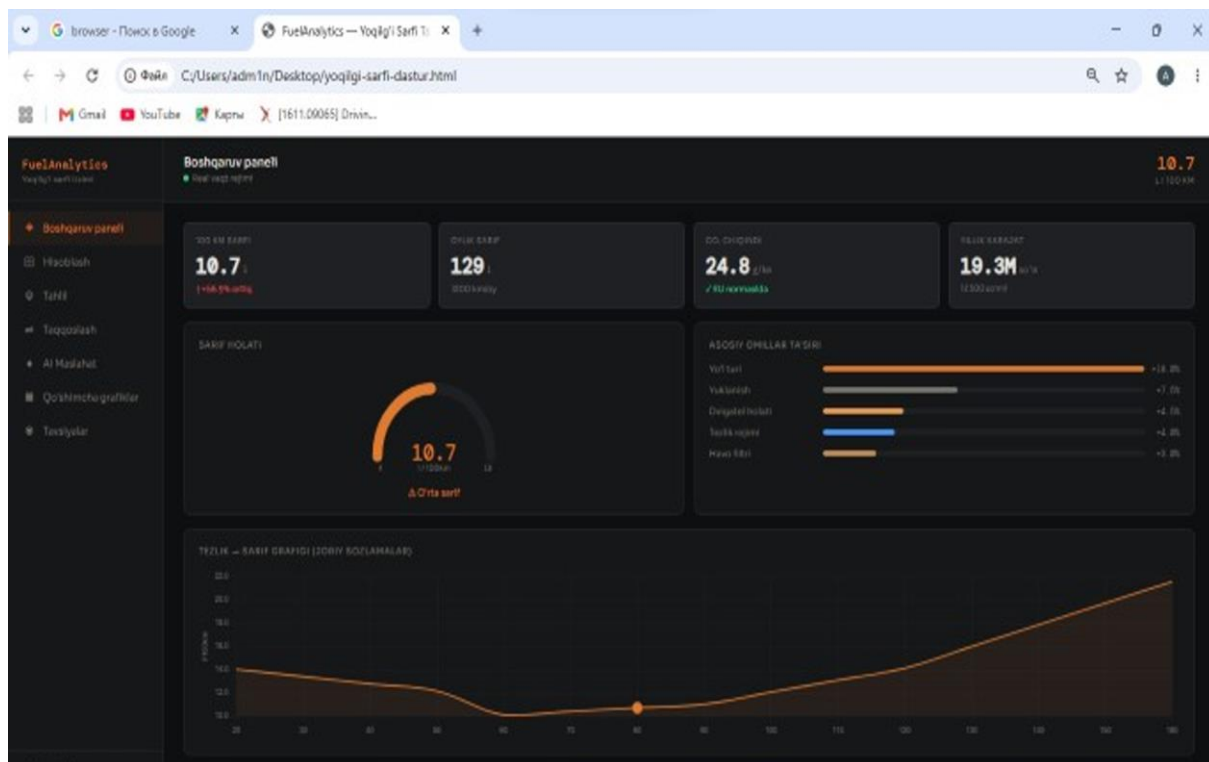
23. Duran, A., Earleywine, M., Walkowicz, K., Kelly, K., & Burton, E. (2014). Contribution of Road Grade to the Energy Use of Modern Automobiles. National Renewable Energy Laboratory (NREL/CP-5400-61757).
24. Lohse-Busch, H., Duoba, M., Rask, E., Stutenberg, K., Gowri, V., Slezak, L., & Anderson, D. (2013). Ambient Temperature (20°F, 72°F and 95°F) Impact on Fuel and Energy Consumption for Several Conventional Vehicles, Hybrid and Plug-In Hybrid Electric Vehicles and Battery Electric Vehicle. SAE Technical Paper 2013
25. Neubauer, J. (2013). Accounting for the Variation of Driver Aggression in the Simulation of Conventional and Advanced Vehicles. National Renewable Energy Laboratory (NREL). SAE Technical Paper 2013
26. Allstate & Cars.com (2013). Fuel efficiency and passenger weight study. Allstate Insurance Company, Chicago.
27. Argonne National Laboratory (2015). Effects of Air Temperature on Fuel Economy of Light-Duty Vehicles (ANL/ESD-12/1). <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fact-861-february-23-2015-cold-weather-can-cut-electric-vehicle-range-more-40>
28. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. O‘zbekistonda avtomobil ishlab chiqarish bo‘yicha statistik to‘plam. – Toshkent, 2025.
29. O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi. Transport sohasini rivojlantirish bo‘yicha yillik hisobot. – Toshkent, 2025.
30. O‘zbekneftgaz AJ. Avtomobil yoqilg‘isi narxlari va iste‘moli bo‘yicha ma‘lumotlar. – Toshkent, 2025.
31. Chevrolet Cobalt texnik tavsiflari va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari. – General Motors Uzbekistan texnik hujjatlari, 2024.
32. Zamonaviy avtomobil aerodinamikasi va CFD modellashtirishiga oid ilmiy maqolalar to‘plami // Applied Sciences, Vehicles, Fluids, SAE Technical Papers, 2021–2025.
33. Helali A., Bouzaabia H., Mami S., Ben Guedria N. CFD Simulation of a Sedan Car Using Spoiler for Aerodynamic Drag and Lift Optimization // Design and

- Modeling of Mechanical Systems - VI. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Springer, Cham, 2024.
- 34.Marei A. A Comprehensive Review: Rear Spoilers for Sedan Vehicle Applications // International Review of Mechanical Engineering (IREME). – 2024.
- 35.B P M., Mahendramani G. To Study the Aerodynamic Effects of Spoiler of a Car (Sedan Segment) Using Computational Fluid Dynamics // Journal of Mines, Metals and Fuels. – 2023.
- 36.Didane D.H., Manshoor B., Kabrein H.A. Effect of a Spoiler on the Aerodynamic Performance of a Sedan Car: A CFD Study // Journal of Design for Sustainable Environment. – 2023.
- 37.Didane D.H., Bajuri M.N.A., Boukhari M.I., Manshoor B. Performance Analysis of Rear Spoilers on a Sedan Car Using Computational Fluid Dynamics // CFD Letters. – 2022.
- 38.UNECE. Regulation No. 83 (ECE R83): Emission of pollutants and fuel consumption test procedures for vehicles using petrol or diesel fuel. Geneva: United Nations, 2015.
- 39.ISO 28580:2009. Passenger car, truck and bus tyres — Methods of measuring rolling resistance — Single point test and measurement. Geneva: ISO. <https://www.iso.org/standard/44661.html>
- 40.ISO 23274-1:2013. Hybrid electric vehicles — Exhaust emissions and fuel consumption measurements — Part 1: Non-externally chargeable vehicles. Geneva: ISO.
- 41.SAE International. SAE J1082: Fuel Economy Measurement Road Test Procedure. Warrendale, PA: SAE International, 2012.
- 42.European Commission. WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure) Factsheet and Regulations. Brussels: EC, 2017. [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en)
- 43.GOST R 54310-2011. Avtomobil transportnikh sredstv. Metody opredeleniya raskhoda topliva. Moskva: Standartinform, 2011.

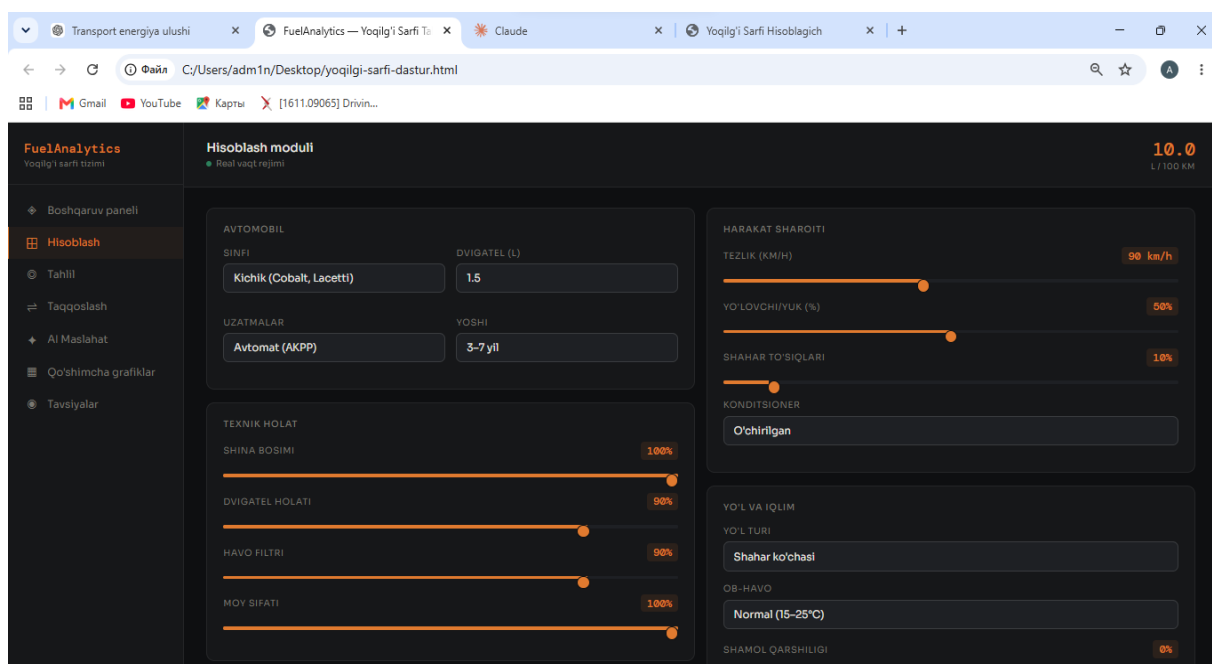
44. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2024. Paris: IEA Publications, 2024.
45. IPCC (2023). Climate Change 2023: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
46. United Nations Environment Programme (UNEP). Fuel Economy State of the World 2021: Tracking Progress in Low-Carbon Road Mobility. Nairobi: UNEP, 2021.
47. European Environment Agency (EEA). Monitoring CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars and vans in 2022. EEA Report No 6/2023. Copenhagen: EEA, 2023.
48. World Bank (2022). Road Quality and Vehicle Operating Costs in Developing Countries. Washington D.C.: World Bank Transport Division, Transport Paper TP-47.
49. ECOTRANS — Eco-driving Programme Results and Fleet Management Tools, 2019. <https://www.ecotransit.org>
50. Вахламов В.К. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя. – Москва: Издательский центр «Академия», 2012. – 528 с.
51. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. – 5-е изд. – Москва: Наука, 2016.
52. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – Москва: Машиностроение, 1989.
53. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей. – Харьков: Вища школа, 1984.
54. Крамаренко Г.В., Барашков И.В. Техническое обслуживание автомобилей: учебник. – Москва: Транспорт, 1982.
55. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. – Москва: ИД «ФОРУМ» – ИНФРА-М, 2011.
56. Sedlak V. Improving Speed-Ski Aerodynamics in CFD with SubD Character Rigging // Blender Conference 2024 Proceedings. – Amsterdam, 2024.

- 57.Šarić S., Jakirlić S., Breuer M. Computational Modelling of Flow and Heat Transfer in Engineering Applications Using Open-Source CFD // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. – 2022.
- 58.Katz J. Aerodynamics in Motorsports // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology. – 2021.
- 59.Chaligné S., Turner R., Gaylard A. The Aerodynamics Development of the New Land Rover Discovery // Progress in Vehicle Aerodynamics and Thermal Management. – 2017.
- 60.Hucho W.H., Sovran G. Aerodynamics of Road Vehicles // Annual Review of Fluid Mechanics. – 1993
- 61.[www.lex.uz](http://www.lex.uz) – O‘zbekiston Respublikasi qonunlari va huquqiy hujjatlari ma’lumotlar bazasi.
- 62.[www.stat.uz](http://www.stat.uz) - O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi.
- 63.[www.uzedu.uz](http://www.uzedu.uz) – O‘zbekiston Xalq ta’limi vazirligining rasmiy sayti.
- 64.[www.edu.uz](http://www.edu.uz) - O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi.
- 65.[www.eduportal.uz](http://www.eduportal.uz) – ta’lim sohasidagi yangiliklar va materiallar portali.
- 66.[www.imv.uz](http://www.imv.uz) - Iqtisodiyot va moliya vazirligi rasmiy sayti.
- 67.[www.natlib.uz](http://www.natlib.uz) – Milliy kutubxona resurslari.

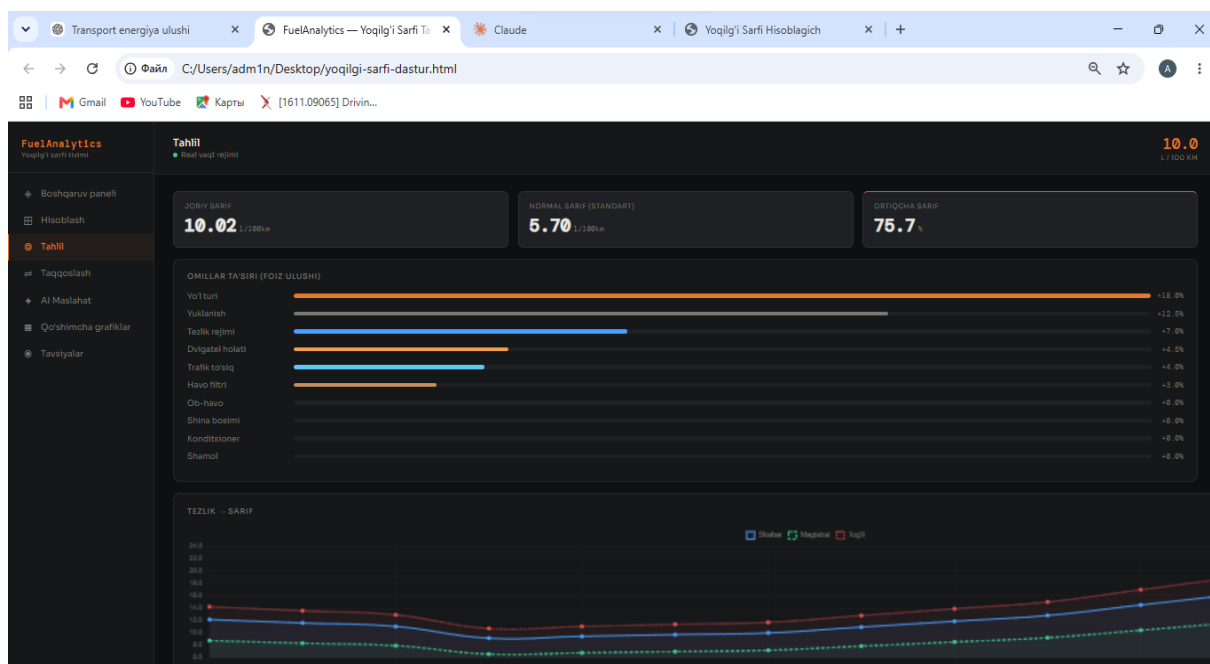
# ILOVALAR



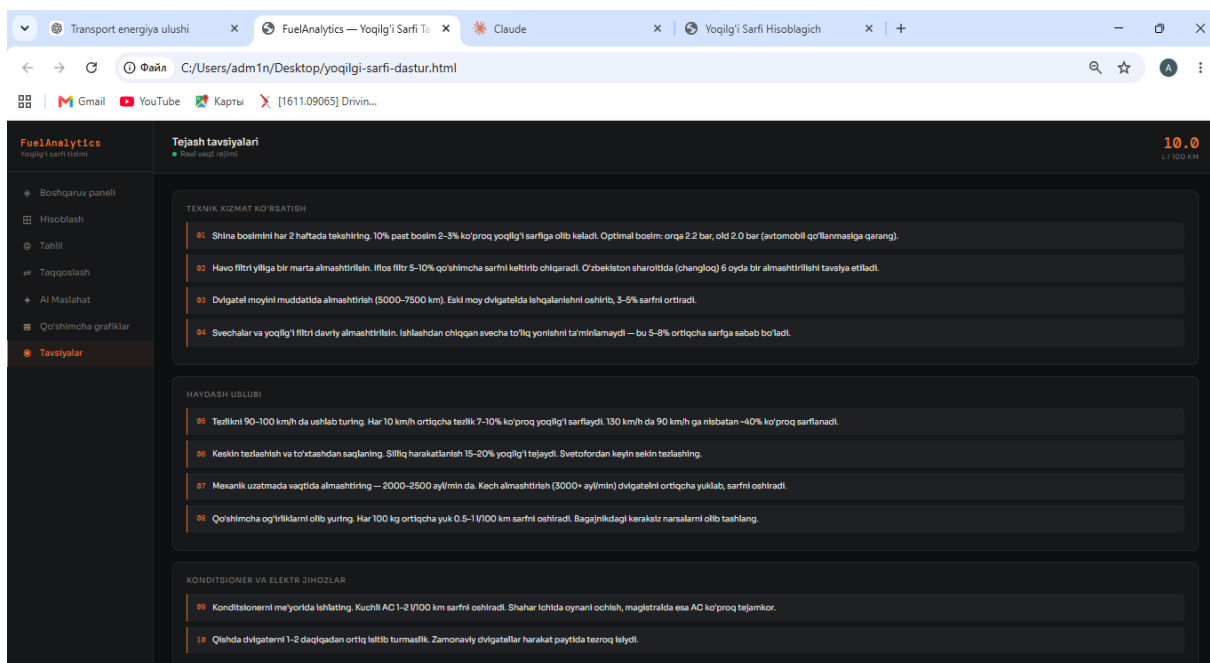
1-rasm.Sun'iy intellekt yordamida yaratilgan dastur(boshqaruv paneli)



2-rasm.Sun'iy intellekt yordamida yaratilgan dastur(hisoblash paneli)



**3-rasm.**Sun'iy intellekt yordamida yaratilgan dastur(tahlil qilish paneli)



**4-rasm.**Sun'iy intellekt yordamida yaratilgan dastur(tavsiyalar berish paneli)



**5-rasm.** Eksperiment o'tkazish jarayoni (to'ldirish-full tank)



**6-rasm.** Eksperiment o'tkazish jarayoni (ko'p funktsiyali display)



**7-rasm.** Eksperiment o'tkazish jarayoni (natijalarni olish)



**8-rasm.** Eksperiment o'tkazish jarayoni (natijalarni olish)