

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI

Qo‘lyozma huquqida

UDK:

ESHPO‘LATOV ADHAM RAVSHAN O‘G‘LI
“Haqiqiy ish sharoitida avtomobil yonilg‘i me‘yorini aniqlash
metodologiyasini ishlab chiqish”

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

DISSERTATSIYA

Ilmiy rahbar:

t.f.n., dotsent 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 Eshpo‘latov Adham Ravshan o‘g‘lining “Haqiqiy ish sharoitida
avtomobil yonilg‘i me‘yorini aniqlash metodologiyasini ishlab chiqish”
mavzusidagi magistrlik dissertatsiyasi

ANNOTATSIYASI

Mazkur magistrlik dissertatsiyasi o‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillarning haqiqiy ish sharoitlarida yonilg‘i me‘yorini aniqlash metodologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirish masalalariga bag‘ishlangan. Tadqiqot ishida avtomobillardan foydalanish jarayonida yonilg‘i sarfiga ta’sir etuvchi asosiy iqlim (ekstremal issiq harorat) va ekspluatatsion (relyef, yuk massasi) omillar, shuningdek, ularni hisoblash va baholashning zamonaviy yondashuvlari tahlil qilingan.

Dissertatsiyaning birinchi bobida avtomobillar yonilg‘i samaradorligini baholashning nazariy va amaliy asoslari yoritilgan. Yonilg‘i samaradorligini baholashdagi xorijiy va mahalliy usullar tahlil qilinib, mavjud me‘yorlarning Surxondaryo viloyati kabi quruq-issiq iqlim sharoitlariga to‘liq mos kelmasligi muammosi o‘rganilgan. Shuningdek, ekspluatatsion sharoitlar hamda tabiiy-iqlim omillarining (ayniqsa, silindrga kirayotgan havo haroratining ortishi hisobiga zichlikning pasayishi) dizel hamda siqilgan tabiiy gaz (STG) dvigatellari ishiga ta’siri nazariy jihatdan asoslab berilgan.

Ikkinchi bobda o‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillarda yonilg‘i sarfini modellashtirish usullari tadqiq etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida HOWO A7 6x4, MAN TGS 33.360 va Isuzu NQR75 avtomobillari tanlanib, ular uchun ekspluatatsion omillarning sinergetik (birgalikdagi) ta’sirini ifodalovchi takomillashtirilgan bo‘lakli-chiziqli analitik model ishlab chiqilgan. Bundan tashqari, havo harorati, yuk massasi va yo‘nalish relyefi koeffitsiyentlari hisobga olingan holda haqiqiy aylanma qatnovlar (Termiz-Muzrabot, Termiz-Sherobod) uchun yonilg‘i sarfi hisob-kitob qilingan.

Uchinchi bobda “Surxon Sanoat Qurilish” MCHJ faoliyati misolida eksperimental tadqiqotlar va ularning natijalari tahlil qilingan. Haqiqiy qatnovlar

davomida o'tkazilgan sinovlar natijasida taklif etilgan modelning o'rtacha nisbiy xatoligi (MAPE) 9,71% ni tashkil etishi aniqlangan. Korxonada hisob-kitoblarni avtomatlashtirish maqsadida maxsus Telegram platformasida avtomatlashtirilgan dasturiy tizim (Telegram bot) loyihasi ishlab chiqilgan va uning texnik hamda iqtisodiy samaradorligi (2–3% yonilg'i tejamkorligi, 5 oylik o'zini oqlash muddati) asoslab berilgan.

Tadqiqot natijalari asosida avtomobil transporti korxonalarida yonilg'i sarfini haqiqiy sharoitlarga mos ravishda aniqroq me'yorlash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan hamda raqamli tizimlarni qo'llash orqali yashirin isrofgarchiliklarning oldini olish imkoniyatlari aniqlangan.

**Master's Dissertation entitled “Development of a Methodology for
Determining Vehicle Fuel Consumption Standards under Real Operating
Conditions” by Eshpo'latov Adham Ravshan o'g'li, Master's Student in
Specialty 70711401 – Vehicle Engineering**

ABSTRACT

This master's dissertation is dedicated to developing and improving the methodology for determining fuel consumption standards for medium and heavy-duty trucks under real operating conditions. The research analyzes the primary climatic (extreme hot temperatures) and operational (terrain relief, cargo mass) factors affecting fuel consumption during vehicle operation, alongside modern approaches to their calculation and evaluation.

The first chapter of the dissertation outlines the theoretical and practical foundations of evaluating vehicle fuel efficiency. Foreign and domestic methods for assessing fuel efficiency are analyzed, and the issue of existing norms being incompatible with dry and hot climatic conditions, such as those in the Surkhandarya region, is investigated. Furthermore, the impact of operational conditions and natural-climatic factors (specifically, the decrease in air density due to the rising

temperature of the air entering the cylinder) on the performance of diesel and compressed natural gas (CNG) engines is theoretically substantiated.

The second chapter investigates methods for modeling fuel consumption in medium and heavy-duty trucks. The HOWO A7 6x4, MAN TGS 33.360, and Isuzu NQR75 trucks were selected as the research objects. For these vehicles, an improved piecewise-linear analytical model was developed to represent the synergistic (combined) effect of operational factors. Additionally, fuel consumption was calculated for actual round trips (Termez-Muzrabot, Termez-Sherobod), taking into account the coefficients for air temperature, cargo mass, and route terrain.

The third chapter analyzes experimental research and its results using the operations of “Surkhon Sanoat Qurilish” LLC as a case study. Based on tests conducted during real trips, the mean absolute percentage error (MAPE) of the proposed model was determined to be 9.71%. To automate calculations at the enterprise, an automated software system (Telegram bot) was designed on the Telegram platform, and its technical and economic efficiency (2–3% fuel savings, 5-month payback period) has been substantiated.

Based on the research results, practical recommendations have been developed for more accurately regulating fuel consumption in road transport enterprises according to real-world conditions. Furthermore, opportunities to prevent hidden fuel losses through the implementation of digital systems have been identified.

MUNDARIJA

KIRISH.....	7
I BOB. AVTOMOBILLAR YONILG‘I SAMARADORLIGINI BAHOLASHNING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI.....	11
1.1. Mavzuning dolzarbligi va o‘rganilganlik darajasi.....	11
1.2. Yonilg‘i samaradorligini baholash usullarining ilmiy tahlili.....	17
1.3. Eksploatatsion sharoitlar va tabiiy-iqlim omillarining dvigatel ishiga ta’siri.....	2
6	
Bob bo‘yicha xulosa.....	35
II BOB. O‘RTA VA OG‘IR VAZNLI YUK KO‘TARUVCHI AVTOMOBILLARDA YONILG‘I SARFINI MODELLASHTIRISH USULLARI.....	37
2.1. Tadqiqot obyektlarini tanlash asosi va ularning texnik ko‘rsatkichlari.....	37
2.2. Yonilg‘i sarfining nazariy va analitik modeli.....	44
2.3. Tadqiqot obyektlari uchun eksploatatsion sharoitlarda yonilg‘i sarfini hisoblash.....	52
Bob bo‘yicha xulosa.....	65
III BOB. EKSPERIMENTAL TADQIQOTLAR VA ULARNING NATIJALARI.....	67
3.1. Tadqiqot metodikasi va o‘tkazish sharoitlari.....	67
3.2. Eksperimental sinovlar asosida model natijalarini baholash.....	71
3.3. Taklif etilgan modelning amaliy ahamiyati va iqtisodiy samaradorligini baholash.....	77
Bob bo‘yicha xulosa.....	84
UMUMIY XULOSA VA TAKLIFLAR.....	85
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....	89
ILOVALAR.....	97

KIRISH

Magistrlik dissertatsiyasi mavzusining asoslanishi va uning dolzarbligi.

Hozirgi kunda avtomobil transporti iqtisodiyotning muhim tarkibiy qismlaridan biri hisoblanib, yuk tashish hajmlarining ortishi transport vositalaridan foydalanish intensivligini sezilarli darajada oshirmoqda. Bu o'z navbatida yonilg'i-energetika resurslariga bo'lgan talabning hamda transport xarajatlarining ko'payishiga sabab bo'lmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrda PQ-436-son qarorida iqtisodiyot tarmoqlarida energiya samaradorligini oshirish bo'yicha muhim vazifalar belgilangan bo'lib, bu jarayonda avtomobil transportida yonilg'i sarfini ilmiy asoslangan holda me'yorlash dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Amaliy kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, amaldagi mavjud bazaviy me'yorlar va tuzatish koeffitsiyentlari transport vositalarining haqiqiy ekspluatatsiya sharoitlarini to'liq aks ettirmaydi. Ayniqsa, O'zbekistonning janubiy hududlari, xususan Surxondaryo viloyati uchun xos bo'lgan ekstremal yuqori haroratli iqlim (+45...+48 °C), murakkab tog'li-adirli relyef hamda tashish jarayonidagi yuk massasi yonilg'i sarfiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Tashqi muhit haroratining ortishi dvigatel silindriga kirayotgan havoning zichligini kamaytiradi, natijada yonilg'i sarfi ortadi. Shu sababli, ekspluatatsion omillarning kompleks ta'sirini baholaydigan takomillashtirilgan metodologiyani ishlab chiqish va uni amaliyotga raqamli tizimlar orqali joriy etish bugungi kunning dolzarb ilmiy masalalaridandir.

Tadqiqot obyekti va predmeti:

- **Tadqiqot obyekti.** Surxondaryo viloyatining issiq iqlimi va tog'li-adirli yo'l sharoitlarida ekspluatatsiya qilinayotgan o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillar (HOWO A7 6x4, MAN TGS 33.360 va Isuzu NQR75).
- **Tadqiqot predmeti.** Tabiiy-iqlim (yuqori harorat) va ekspluatatsion (relyef, yuk massasi) omillarning o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning yonilg'i sarfiga ta'sir etish qonuniyatlari hamda ularni matematik modellashtirish usullari.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari:

- **Tadqiqot maqsadi.** Surxondaryo viloyatining ekstremal tabiiy-iqlim va ekspluatatsion sharoitlarini hisobga olgan holda, o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning yonilg'i sarfini aniqlashning takomillashtirilgan matematik modelini ishlab chiqish hamda ushbu model asosida maxsus avtomatlashtirilgan dasturiy ta'minotni (Telegram bot) yaratish.

Tadqiqot vazifalari:

- Yonilg'i sarfiga ta'sir etuvchi asosiy iqlimiy va ekspluatatsion omillarni tahlil qilish;
- Havo harorati, yo'l relyefi va yuk massasining yonilg'i sarfiga ta'sirini miqdoriy aniqlash;
- V.A. Rogachevning bo'lakli-chiziqli modeli asosida issiq iqlimga moslashtirilgan hisoblash algoritmini ishlab chiqish;
- Omillarning sinergetik (birgalikdagi) ta'sirini qamrab oluvchi, yonilg'i sarfini aniqlashning yagona matematik modelini shakllantirish;
- Taklif etilgan model asosida yonilg'i sarfini hisoblash bo'yicha Telegram bot dasturiy tizimini ishlab chiqish va uning iqtisodiy samaradorligini baholash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

- Surxondaryo viloyatining quruq-issiq iqlimi va tog'li yo'l sharoitlariga moslashtirilgan, harorat va yuklanish o'zgarishini inobatga oluvchi ko'paytmali yonilg'i sarfini baholash modeli takomillashtirildi;
- Yo'nalish parametrlari hamda haqiqiy aylanma qatnovlarning (bo'sh va to'la yukli oraliqlar) xususiyatlarini hisobga olgan holda yonilg'i sarfini aniqlash usuli taklif etildi;
- Dvigatelga, shu jumladan dvigatelning havo sovitkich tizimlariga tashqi muhit ta'sirini baholovchi mavjud metodlar asosida yuk massasi, harorat va yo'l qiyaligini kompleks aniqlaydigan matematik hisoblash algoritmi taklif etildi;
- Taklif etilgan algoritm asosida yonilg'i sarfini tezkor hisoblovchi, dispetcherlar uchun moslashtirilgan raqamli platforma – Telegram bot dasturiy tizimi ishlab chiqildi.

Tadqiqotning asosiy masalalari va farazlari. Tadqiqotning asosiy masalasi – respublikamizning janubiy hududlarida keskin issiq havo harorati, og‘ir yuk va tog‘li relyef omillarining birgalikdagi ta’siri natijasida transport korxonalarida yonilg‘i xarajatlarining yashirin isrofgarchiligini qisqartirishdan iborat. Asosiy ilmiy faraz shundan iboratki, agar o‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillar uchun qo‘llaniladigan yonilg‘i me‘yorlari o‘zgarmas (statik) foiz ustamalariga emas, balki qatnov davomidagi real harorat, marshrutning qiyaliklari va avtomobil yuklanish darajasining ko‘paytmali analitik modeliga asoslansa, hisoblash jarayoni aniqlashadi. Ushbu yondashuvni raqamlashtirish (Telegram bot vositasida) orqali amaliyotga joriy etish o‘rtacha nisbiy xatolikni (MAPE) 9,71% darajasigacha tushirishga va korxonalarda o‘rtacha 2–3% lik barqaror yonilg‘i tejamkorligiga erishishga xizmat qiladi.

Tadqiqot mavzusi bo‘yicha adabiyotlar sharhi (tahlili). Avtomobil transportida yonilg‘i sarfini me‘yorlash va uni modellashtirish masalalari xorijiy va mahalliy olimlar tomonidan keng o‘rganilgan. G‘arb va Osiyo tadqiqotchilari (G. Fontaras, S. Hausberger, J. Wang, R. Wang) tomonidan dvigatelning ishchi xarakteristikalariga asoslangan VECTO kabi raqamli simulyatsiya vositalari va sun‘iy intellektga asoslangan oldindan aniqlash usullari taklif etilgan. MDH mamlakatlari olimlari N.Ya. Govorushchenko, L.G. Reznik hamda V.A. Rogachev tomonidan avtomobillarning ekspluatatsion ishonchliligi va iqlim omillarining ta’siriga doir fundamental nazariyalar, jumladan, bo‘lakli-chiziqli modellashtirish (KLM) usuli ishlab chiqilgan. Respublikamiz miqyosida Q.M. Sidiqnazarov, A. Ibragimov, I. Toshpo‘latov, M. Qobulov, G. Jaloldinov kabi olimlar tomonidan transport vositalaridan foydalanish samaradorligi bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilgan. Biroq yuqori harorat, o‘zgaruvchan relyef hamda yuk massasining sinergetik (birgalikdagi) ta’sirini janubiy hududlar iqlimiga moslashtirgan me‘yorlash metodologiyasi yetarli darajada o‘rganilmagan.

Tadqiqotda qo‘llanilgan metodikaning tavsifi. Tadqiqot jarayonida jarayonlarni umumlashtirish bo‘yicha nazariy tahlil, yonilg‘i sarfini iqlim va ekspluatatsion o‘zgaruvchilarga bog‘lash maqsadida bo‘lakli-chiziqli matematik

modellashtirish usullari qo'llanilgan. Shuningdek, ishlab chiqilgan algoritmlarning haqqoniyligini tekshirish va nisbiy xatoliklarni aniqlash uchun GOST R 54810-2011 standarti asosida yo'l sinovlari (eksperimental kuzatishlar) amalga oshirildi. Modelning natijalarini qayta ishlashda statistik baholash (MAPE), ob-havo API interfeyslari hamda IT-dasturlash integratsiyasidan foydalanildi.

Tadqiqot natijalarining nazariy va amaliy ahamiyati. Tadqiqotning nazariy ahamiyati ekstremal havo harorati (+45...+48 °C) va relyef sharoitida silindrga kirayotgan havo ko'rsatkichlarining o'zgarishi, shuningdek, issiqlik almashinuvchi sirtlar orasidagi harorat farqi qisqarishining dvigatellga ta'siri masalalari miqdoriy jihatdan tasdiqlangani bilan belgilanadi. Amaliy ahamiyati shundaki, tadqiqot natijasida olingan model va Telegram bot dasturiy majmuasi avtomobil transporti korxonalarida har bir qatnov uchun aniq me'yor belgilash, logistika jarayonlarini avtomatlashtirish, ekspluatatsion xarajatlarni sezilarli tushirish hamda yashirin yonilg'i isrofgarchiliklarining oldini olish imkonini beradi.

Ish tuzilmasining tavsifi. Magistrlik dissertatsiyasi titul varag'i, kirish qismi, o'zaro mantiqan bog'langan uchta bob, har bir bob bo'yicha oraliq xulosalar, umumiy xulosa va takliflar, shuningdek, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati hamda ilovalardan (Telegram bot algoritmi va jadvallar) tashkil topgan. Ishning umumiy hajmi 99 sahifani tashkil etadi. Uning tarkibiy taqsimoti quyidagicha mutanosiblikda shakllantirilgan: kirish qismi 4 sahifa, asosiy qismni tashkil etuvchi uchta bob jami 78 sahifa, oraliq xulosalar 2 sahifa, umumiy xulosa va takliflar 3 sahifa hamda adabiyotlar ro'yxati va ilovalar qismi 13 sahifadan iborat. Tadqiqot mazmuni va olingan amaliy natijalarni ko'rgazmali ifodalash maqsadida matn davomida jami 17 ta formula, 10 ta rasm va 18 ta jadval, shuningdek, 100 ta manbadan iborat adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

I BOB. AVTOMOBILLAR YONILG'I SAMARADORLIGINI BAHOLASHNING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI

1.1. Mavzuning dolzarbligi va o'rganilganlik darajasi

Hozirgi davrda avtomobil transporti vositalariga bo'lgan talabning ortib borishi dvigatel yonilg'ilariga bo'lgan ehtiyojni keskin oshirmoqda. Bu holat o'z navbatida energiya resurslari taqchilligi va ekologik muammolarning chuqurlashishiga olib kelmoqda. Ushbu muammolarni hal etish maqsadida qabul qilingan O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrda "2030-yilgacha O'zbekiston Respublikasining yashil iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-436-son [1] qarorida iqtisodiyot tarmoqlarida, xususan, transport sohasida zaharli gazlarni keskin qisqartirish hamda resurslarni tejaydigan texnologiyalarni joriy etish ustuvor vazifa qilib belgilangan. Bu esa o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning yonilg'i sarfini me'yorlash tizimini takomillashtirish nafaqat iqtisodiy, balki davlat darajasidagi global ekologik ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Transport sohasida energiya resurslaridan oqilona foydalanish masalasi faqat yonilg'i xarajatlarini kamaytirish bilan cheklanmaydi. U iqtisodiyotning energiya intensivligini pasaytirish, transport xizmatlari tannarxini optimallashtirish, atmosfera havosiga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirish va avtomobil korxonalarida resurs tejamkor boshqaruv tizimini shakllantirish bilan bevosita bog'liqdir. Shu nuqtayi nazardan, avtomobil transportida yonilg'i sarfini aniq me'yorlash "yashil iqtisodiyot" tamoyillarini amaliyotga joriy etishning muhim texnik-iqtisodiy vositasi sifatida qaraladi. Chunki real ekspluatatsion sharoitni hisobga olmagan holda belgilangan statik me'yorlar bir tomondan yonilg'ining ortiqcha sarflanishiga, ikkinchi tomondan esa transport korxonalarida iqtisodiy hisob-kitoblarning aniqligi pasayishiga olib keladi [1, 6, 7, 54].

Respublikamizda transport vositalari uchun yonilg'i sarfi normativlari asosan idoraviy yo'riqnomalar va transport vositalarining tejamkorligini tartibga soluvchi

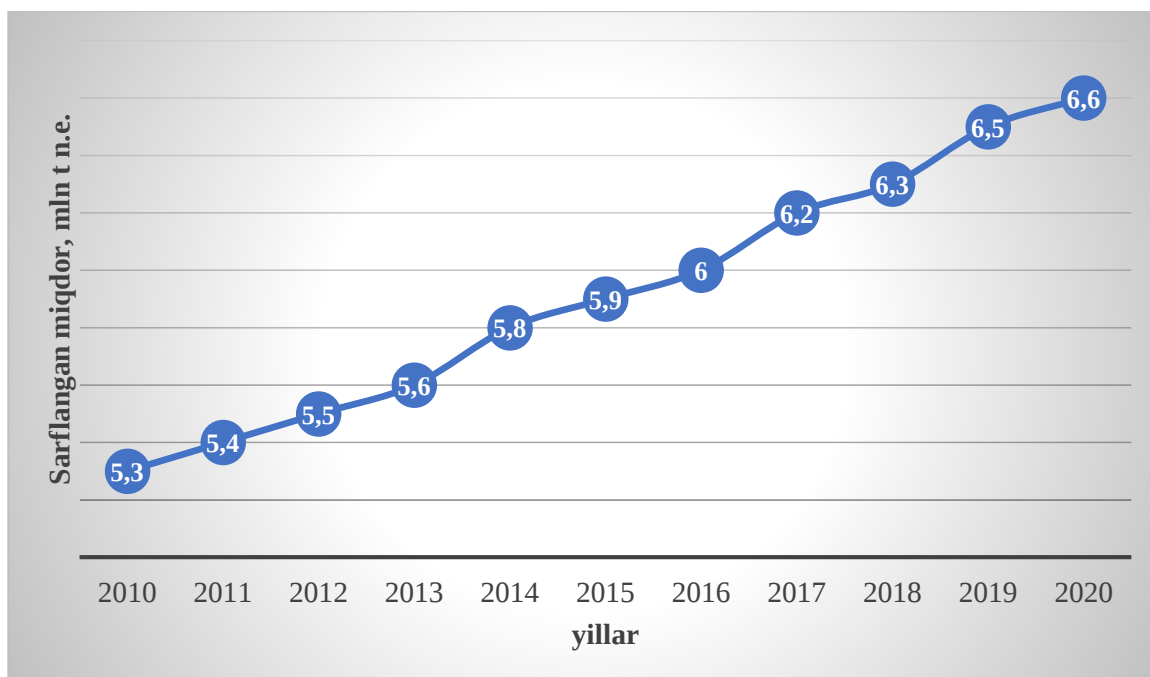
davlat standartlari (O'zDSt 3597:2022 [2], O'zDSt ISO 39001 [3]) asosida belgilanadi. Biroq amaliyot shuni ko'rsatmoqdaki, ushbu normativ hujjatlarda belgilangan baza va ustamalar asosan mo'tadil iqlim sharoitlariga mo'ljallangan bo'lib, turli iqlim hududlaridagi avtomobillarning haqiqiy sarf ko'rsatkichlarini to'liq qamrab olmaydi. Xususan, O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyotining barqaror rivojlanishida o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning samarali ishlashi muhim ahamiyat kasb etadi. Respublikaning janubiy hududlarida, xususan Surxondaryo viloyatida, yozgi mavsumda havo haroratining yuqori darajaga ko'tarilishi (Termiz va atrofdagi hududlarda kunduzgi harorat 46–48 °C ga yetadi [30]) hamda murakkab tog'li-adirli relyef sharoitlari avtomobil dvigatellarining samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Markaziy Osiyo mintaqasining kontinental quruq-issiq iqlim sharoitlari va so'nggi o'n yilliklarda kuzatilgan harorat o'sishi xalqaro iqlim tadqiqotlarida batafsil yoritilgan [4].

Yonilg'i sarfini me'yorlashda "bazaviy me'yor", "ekspluatatsion tuzatish koeffitsiyenti" va "haqiqiy yonilg'i sarfi" tushunchalarini farqlash muhim ahamiyatga ega. Bazaviy me'yor odatda transport vositasining texnik ko'rsatkichlari, avtomobil turi, yuk ko'tarish qobiliyati va standart harakat sharoitlariga asoslanadi. Ekspluatatsion tuzatish koeffitsiyentlari esa yo'l qoplamasi, havo harorati, relyef, yuklama, mavsumiy sharoit va transport oqimi kabi omillarni hisobga olish uchun qo'llanadi. Haqiqiy yonilg'i sarfi esa avtomobilning real ish jarayonida qayd etiladigan amaliy ko'rsatkich bo'lib, u ko'pincha me'yoriy sarfdan farq qiladi. Mazkur tafovutni ilmiy asosda kamaytirish ushbu dissertatsiya ishining asosiy metodologik yo'nalishini tashkil etadi [2, 13, 38].

Yuqori havo haroratida havo zichligi va bosimi pasayishi natijasida ichki yonuv dvigatellarining hajmiy koeffitsiyenti (η_v) kamayadi; bu hol real yonilg'i sarfining me'yoriy ko'rsatkichlardan farq qilishiga sabab bo'ladi [5]. Havo haroratining ortishi natijasida avtomobil dvigatelining ishlash jarayonida bir nechta fizik omillar o'zgaradi. Avvalo, havo haroratining ortishi havo zichligining kamayishiga olib keladi. Natijada silindrga kirayotgan havo massasining kamayishi yonuvchi aralashma tarkibining o'zgarishiga, silindrlarning havo bilan to'lish

darajasining pasayishiga va dvigatelning foydali quvvati kamayishiga sabab bo‘ladi. Dizel dvigatellarida bu holat yonilg‘i purkash, yonish tezligi va issiqlik almashinuvi jarayonlariga ta’sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, yuqori harorat sharoitida sovutish tizimi, ventilyator, konditsioner va boshqa yordamchi agregatlarga tushadigan yuklama ortadi. Bu esa dvigatel ishlab chiqarayotgan quvvatning bir qismini harakatga emas, balki yordamchi tizimlarni ta’minlashga sarflanishiga olib keladi [5, 20, 21, 25, 26, 30]. Amaldagi me’yoriy hujjatlarda issiq mavsum uchun statik foiz ko‘rinishidagi ustamalar qo‘llaniladi, biroq tashqi muhit (harorat, relyef, yuk) ta’sirining o‘zgarishiga moslashmaydigan bunday yondashuv zamonaviy raqamli logistika talablariga to‘liq javob bermaydi.

Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, 2010–2020-yillar oralig‘ida O‘zbekiston transportidagi energiya sarfi sezilarli darajada o‘sgan [6].



1.1-rasm. O‘zbekiston transport tizimida yonilg‘i-energetika resurslari sarfining o‘zgarish dinamikasi (2010–2020 yy.)

Izoh: 1.1-rasmda keltirilgan “mln t n.e.” (million tonna neft ekvivalenti — inglizcha Mtoe) ko‘rsatkichi xalqaro energetika statistikasida qabul qilingan universal o‘lchov birligi hisoblanadi. Transport tizimida turli o‘lchov birligidagi energiya manbalari (masalan, dizel va benzin — tonnada, siqilgan tabiiy gaz — kub

metrda, elektr energiyasi — kilovatt-soatda) qo'llanilishi sababli, ularning umumiy sarfini yagona arifmetik ko'rsatkichda ifodalash zarurati yuzaga keladi. Rasmdagi maksimal 6,6 mln t n.e. qiymati — respublika transport tizimida sarflangan barcha turdagi yonilg'ilarning jami yonish issiqlik quvvati 6,6 million tonna sof neftning yonishidan ajralib chiqadigan energiyaga teng ekanligini anglatadi.

Birlashgan Millatlar Tashkilotining Yevropa iqtisodiy komissiyasi (UNECE) tahliliga muvofiq, O'zbekiston iqtisodiyotining energetik intensivligi global o'rtacha ko'rsatkichdan yuqori bo'lib qolmoqda; bu hol yonilg'i samaradorligini oshirish bo'yicha tadqiqotlarning ilmiy-amaliy ahamiyatini belgilaydi [7]. Shu bois, haqiqiy ekspluatatsion sharoitlarga moslashuvchan, matematik jihatdan asoslangan yonilg'i me'yorlash metodologiyasini ishlab chiqish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Transport tizimi iqtisodiyotning barcha tarmoqlari bilan bevosita bog'liq bo'lib, yuk va yo'lovchi tashish hajmlarining ortishi energiya resurslariga bo'lgan talabning muttasil o'sishiga olib kelmoqda. Ayniqsa, avtomobil transporti logistika tizimining asosiy elementi sifatida mamlakat ichki va tashqi savdo aloqalarining uzluksizligini ta'minlaydi. Shu sababli transport vositalarida yonilg'idan foydalanish samaradorligini oshirish nafaqat alohida korxonalar, balki milliy iqtisodiyot raqobatbardoshligini ta'minlovchi muhim omillardan biri hisoblanadi [55].

O'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarda yonilg'i xarajatlari umumiy ekspluatatsion xarajatlarning eng katta qismlaridan birini tashkil qiladi. Shu sababli yonilg'i sarfining kamayishi transport xizmatlari tannarxini pasaytirish va logistika samaradorligini oshirishning muhim omili hisoblanadi [55].

Bundan tashqari, avtomobil transporti atmosferaga chiqariladigan karbonat anhidrid (CO_2), azot oksidlari (NO_x) va boshqa zararli moddalarning muhim manbalaridan biri bo'lib, yonilg'i samaradorligini oshirish ekologik barqarorlikni ta'minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi [54].

Zamonaviy transport tizimlarida raqamli monitoring va telematik texnologiyalarning joriy etilishi yonilg'i sarfini real ekspluatatsion sharoitlarda

baholash va boshqarish imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Bu esa statik me'yorlash usullaridan dinamik matematik modellashga o'tishni talab qilmoqda [54, 55].

O'rganilganlik darajasi va adabiyotlar tahlili

Tadqiqot mavzusining o'rganilganlik darajasini geografik va metodologik jihatdan uchta yirik ilmiy yo'nalish bo'yicha tahlil qilish maqsadga muvofiqdir.

Xorijiy olimlar va xalqaro institutlar tajribasi

G'arbiy Yevropa va Sharqiy Osiyo davlatlari tadqiqotchilari o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning yonilg'i samaradorligini, asosan, konstruksiyalarni takomillashtirish, intellektual boshqaruv tizimlari va simulatsion modellash orqali baholaydilar. Yevropa Ittifoqi miqyosida ishlab chiqilgan simulatsion modellar dvigatelning ishchi xarakteristikasi, aerodinamik qarshilik va dumalanishga qarshilik koeffitsiyenti parametrlari asosida yonilg'i sarfini sertifikatlash uchun rasmiy hisoblash vositasi sifatida qo'llanilmoqda [8, 9, 10].

Xitoy olimlari sun'iy intellekt usullaridan foydalanib og'ir yuk avtomobillarining yonilg'i sarfini oldindan baholash bo'yicha qator ilmiy tadqiqotlar olib borganlar. 34 ta dizel yuk avtomobilidan to'plangan 1153 ta tabiiy harakat yozuvi asosida 21 ta omilning ta'siri o'rganilgan bo'lib, harorat va yo'l qiyaligi eng kuchli ta'sir etuvchi omillar sifatida aniqlangan [11].

Shu bilan birga, mazkur xalqaro tadqiqotlarning umumiy metodologik kamchiligi shundan iboratki, ulardagi tayanch hisob-kitoblar, asosan, standart laboratoriya haroratida (20–25 °C) olib borilgan bo'lib, Surxondaryo viloyati kabi mintaqalarning quruq-issiq iqlimi (+45...+48 °C) sharoitidagi o'ziga xosliklari yetarli darajada qamrab olinmagan.

MDH davlatlari olimlarining tajribasi

MDH davlatlarida avtomobil yonilg'i sarfini me'yorlash bo'yicha ilmiy maktab N.Ya. Govorushchenko (Xarkiv avtomobil-yo'l instituti, XADI) izlanishlari bilan poydevor qo'yilgan. Mazkur muallif tomonidan avtomobillarning texnik diagnostikasi, ishonchliligi va yonilg'i tejamkorligi nazariyasi ishlab chiqilgan bo'lib, ushbu izlanishlar MDH mamlakatlarining avtomobil ekspluatatsiyasi me'yoriy bazasining fundamental asosini tashkil etadi [12].

MDH mamlakatlarida amaliy me'yorlash sohasida ham izlanishlar olib borilgan. Havo haroratining yonilg'i sarfiga ta'sirini tavsiflashda qo'llaniladigan matematik modellar va tuzatuvchi koeffitsiyentlar tizimi keyinchalik ishlab chiqilgan bo'lib, ularning asosiy metodologik xususiyatlari va qo'llanilish chegaralari 1.2-bo'limda batafsil ko'rib chiqiladi.

Mazkur ilmiy yo'nalishdagi tadqiqotlarning umumiy cheklov sifatida ularning, asosan, qishki ekspluatatsiya sharoitlari va manfiy haroratlar diapazoniga yo'naltirilganligini qayd etish mumkin. Yuqori haroratlar (+40...+48 °C) sharoitida havo zichligining pasayishi, bosimning kamayishi, dvigatel issiqlik yuklamasining ortishi kabi omillarning yonilg'i sarfiga ta'siri yetarli darajada yoritilmagan.

Mahalliy tadqiqotchilarning izlanishlari

O'zbekiston Respublikasi miqyosida transport vositalarining ishonchliligi va mahalliy sharoitlarda ekspluatatsiya jarayonlarini moslashtirish bo'yicha qator ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Toshkent davlat transport universiteti olimlari (Qobulov M., Jaloldinov G., Masodiqov Q.) issiq iqlim sharoitida ichki yonuv dvigatellarining energetik samaradorligini oshirish va avtomobillarni texnik ekspluatatsiya qilish tizimini takomillashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borishgan [16]. Toshkent davlat texnika universiteti mutaxassislari tomonidan avtomobil dvigatellarining moslashuvchi boshqaruv tizimlari va ekspluatatsion ko'rsatkichlarni baholash metodlari bo'yicha ham ilmiy ishlar bajarilgan.

Shu bilan birga, Surxondaryo viloyati sharoitida o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlari va mavsumiy yonilg'i sarfi farqlari masalasi mahalliy tadqiqotlarda yetarli darajada kompleks o'rganilmagan. Mavjud ilmiy ishlarda, asosan, tog'li relyef yoki harorat omiliga alohida-alohida e'tibor qaratilgan; yuqori havo harorati, zichligining pasayishi, o'zgaruvchan yuklamalar va yo'l qiyaligining birgalikdagi (kompleks) ta'sirini modellashtirish, shuningdek, dizel va gaz (STG) yonilg'ilari uchun dvigatelning ishchi xarakteristikasiga asoslangan yagona me'yorlash metodologiyasini ishlab chiqish masalasi ochiq qolmoqda.

Olib borilgan o'rganishlar natijasida shuni aytish mumkinki, xorijiy, MDH va mahalliy olimlarning ilmiy ishlarida yonilg'i sarfini baholash va me'yorlash masalalari keng yoritilgan. Biroq yuqori haroratli iqlim, murakkab relyef va yuk massasining birgalikdagi ta'sirini hisobga oluvchi kompleks metodologiya hozirgi kungacha yetarli darajada ishlab chiqilmagan.

Ilmiy bo'shliq va tadqiqotning asoslanishi

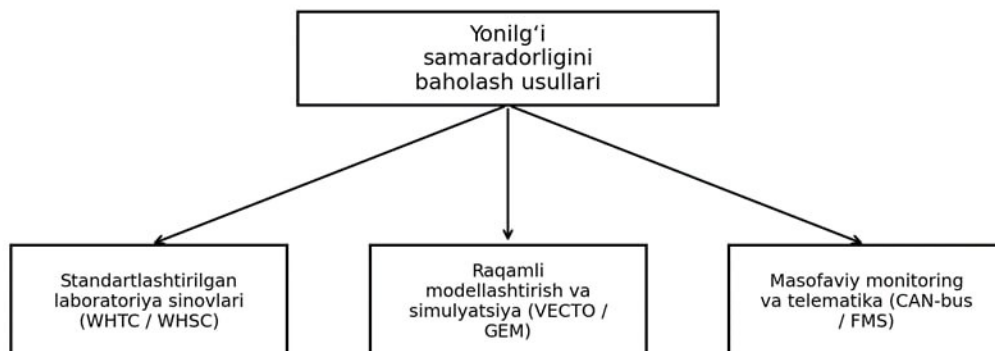
Keltirilgan adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud xorijiy va MDH metodologiyalarining hech biri O'zbekistonning janubiy hududlariga mos yuqori harorat, murakkab tog'li-adirli relyef va yuk massasining birgalikdagi ta'sirini yetarli darajada hisobga olmaydi. Xususan, MDH maktablarida ishlab chiqilgan bo'lakli-chiziqli matematik model (KLM) faqat manfiy haroratlarda ($-30...-45\text{ }^{\circ}\text{C}$) sharoitlari uchun ishlab chiqilgan va sinovdan o'tkazilgan; uning yuqori haroratlarda ($+40...+48\text{ }^{\circ}\text{C}$) oralig'idagi qo'llanilishi tasdiqlanmagan (batafsil qiyosiy tahlil 1.2-bo'limda keltirilgan).

Aniqlangan ushbu metodologik bo'shliq dissertatsiya ishining ilmiy muammosini belgilab beradi. Shunga muvofiq, sovuq iqlim uchun ishlab chiqilgan KLM matematik modelni issiq iqlim sharoitlariga moslashtirish hamda A va B koeffitsiyentlarini yuqori haroratlarda oralig'i ($0...+48\text{ }^{\circ}\text{C}$) uchun qayta hisoblash, relyef hamda tashish jarayonidagi yuk massasining yonilg'i sarfiga ta'sirini hisobga oluvchi matematik bog'lanishlarni ishlab chiqish zarurati yuzaga keladi. Ushbu ilmiy muammoni hal etish maqsadida O'zbekistonning janubiy hududlarida o'rta va og'ir vazinli yuk ko'taruvchi avtomobillari uchun yonilg'i sarfini me'yorlashning takomillashtirilgan metodologiyasini ishlab chiqish mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi etib belgilandi.

1.2. Yonilg'i samaradorligini baholash usullarining ilmiy tahlili

Avtomobillarning yonilg'i samaradorligini baholash va me'yorlash jahon amaliyotida turli ilmiy yondashuvlar asosida amalga oshiriladi. Mavjud usullarni metodologik mohiyatiga ko'ra uchta yirik guruhga ajratish mumkin:

standartlashtirilgan laboratoriya test sikllari, raqamli dinamik simulyatsiyalar va telematik (CAN-bus/FMS) monitoring tizimlari [17].



1.2-rasm. Yonilg'i samaradorligini baholash usullarining tasnifi

Mavjud usullar dastlab uchta asosiy guruhga ajratilgan bo'lsa-da, zamonaviy tadqiqotlarda ularni empirik-statistik va gibril yondashuvlar bilan to'ldirish maqsadga muvofiqdir. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda empirik-statistik va gibril yondashuvlar ham keng qo'llaniladi. Empirik-statistik usullar avtomobilning haqiqiy ish jarayonida to'plangan yo'l varaqalari, GPS ma'lumotlari, yuk massasi, harakat tezligi va real yonilg'i sarfi ko'rsatkichlari asosida yoki oldindan aniqlash modeli tuzishga imkon beradi. Gibril yondashuv esa fizik-analitik modelni real ekspluatatsion ma'lumotlar bilan birlashtiradi. Ushbu dissertatsiya ishida aynan gibril yondashuv asosiy metodologik yo'nalish sifatida qabul qilinadi, chunki u nazariy hisob-kitob, real sinov va tuzatish koeffitsiyentlarini yagona tizimda bog'lash imkonini beradi [17, 29, 32, 35, 43].

Quyida ushbu usullarning ilmiy mazmuni hamda respublikamizning janubiy hududlari kabi keskin issiq iqlim sharoitlariga moslashuvchanlik darajasi tizimli tarzda tahlil qilinadi.

Keltirilgan ilmiy yondashuvlar va jahon miqyosidagi asosiy tadqiqot maktablarining qiyosiy tahlili 1.1-jadvalda umumlashtirilgan.

Yonilg'i sarfini me'yorlash bo'yicha asosiy ilmiy maktablar va ularning qiyosiy tahlili

1.1-jadval

№	Muallif(lar)	Tadqiqot mavzusi va metodologik yondashuv	Eksperimental usul va sinov sharoiti	Asosiy natija	Manba
1. Xorijiy yo'nalish (Yevropa Ittifoqi, Xitoy)					
1	G. Fontaras, S. Hausberger va boshqalar (JRC; Grats Texnika Universiteti)	VECTO — o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning yonilg'i sarfini va CO_2 chiqindilarini hisoblash va sertifikatlash uchun yaratilgan maxsus kompyuter dasturi	Dvigatelning ishchi xarakteristikasi, $C_d \times A$ aerodinamika; dinamometr va yo'l sinovi	2017/2400/EU reglamenti uchun hisoblash	[8, 9, 10]
2	J. Wang, R. Wang va boshqalar (Xitoy)	Mashinali o'qitish algoritmlari asosida yonilg'i sarfini oldindan baholash	34 ta dizel yuk avtomobili, 1153 yozuv, 21 omilli tahlili	Harorat va yo'l qiyaligi eng kuchli ta'sir etuvchi omillar sifatida aniqlangan	[11]
2. MDH davlatlari olimlarining tajribasi					
3	N.Ya. Govorushchenko (XADI, Xarkov)	Avtomobillarning texnik diagnostikasi va yonilg'i tejamkorligi nazariyasi	Avtokorxonalarda uzoq muddatli statistik kuzatuv	MDH avtomobil ekspluatatsiyasi nazariy bazasining fundamental asosi	[12]
4	Rossiya Federatsiyasi Transport vazirligi (№ -23-r, 2008/2021)	Bazaviy yonilg'i sarfi normasi va foizli tuzatuvchi koeffitsiyentlar tizimi	Avtomobil markalari bo'yicha bazaviy norma jadvallari	MDH mamlakatlarida amaldagi me'yoriy bazaning matematik asosi	[13]
5	L.G. Reznik va ilmiy maktab	Iqlim sharoitlari indeksi (R) konsepsiyasi	Sibir va Ural mintaqalarida dala kuzatuvlari	Sovuq iqlim sharoiti uchun moslashuvchanlik koeffitsiyentlari	[14]

№	Muallif(lar)	Tadqiqot mavzusi va metodologik yondashuv	Ekspperimental usul va sinov sharoiti	Asosiy natija	Manba
6	V.A. Rogachev (UrFU, 2019)	Bo‘lakli-chiziqli matematik model (KLM) asosida yonilg‘i sarfi qonuniyatlarini aniqlash	KamAZ-4310, KrAZ-260, Ural-4320, UAZ-2206 (Sverdlovsk viloyati, –30...–45 °C)	Sovuq iqlim uchun KLM koeffitsiyentlari (A va B) aniqlangan	[15]
3. Mahalliy yo‘nalish (O‘zbekiston Respublikasi)					
7	Qobulov M., Jaloldinov G., Masodiqov Q.	Avtotransport vositalari ekspluatatsiyasi tizimlarini takomillashtirish	Mahalliy sharoitda ekspluatatsion ko‘rsatkichlarni o‘rganish	Mahalliy iqlim uchun empirik baholash	[16]

Standartlashtirilgan laboratoriya test sikllari

Jahon avtomobilsozligida o‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillari va dvigatellarining yonilg‘i sarfi hamda ekologik emissiyalarini baholashning tayanch metodikasi sifatida Birlashgan Millatlar Tashkilotining Yevropa Iqtisodiy Komissiyasi qoshidagi GRPE ishchi guruhi tomonidan ishlab chiqilgan global texnik reglament — GTR № 4 va u asosida joriy etilgan WHDC (Worldwide Harmonised Heavy-Duty Certification) qo‘llaniladi [18]. WHTC (World Harmonised Transient Cycle) — 1800 sekund davom etadigan sinov bo‘lib, sovuq va issiq fazalarini o‘z ichiga oladi; WHSC (World Harmonised Stationary Cycle) esa 13 rejimli dvigatel-dinamometr siklidir [18]. Amerika Qo‘shma Shtatlarida shu kabi maqsadda Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) tomonidan HD-FTP (Heavy-Duty Federal Test Procedure) va SET (Supplemental Emission Test) sinov tartiblari qo‘llaniladi [19].

Laboratoriya test sikllarining afzalligi shundaki, ular dvigatel ishini takrorlanuvchan, nazorat qilinadigan va xalqaro darajada solishtirish mumkin bo‘lgan sharoitda baholash imkonini beradi. Biroq bunday sinovlar real ekspluatatsiya jarayonidagi barcha tashqi omillarni to‘liq aks ettira olmaydi. Xususan, avtomobilning yuklangan holati, yo‘lning bo‘ylama qiyaligi, to‘xtab-yurish rejimi, yuqori haroratda konditsioner va sovutish tizimiga tushadigan

qo'shimcha yuklama hamda haydovchining boshqaruv uslubi laboratoriya sharoitida cheklangan darajada hisobga olinadi. Shu sababli laboratoriya sikllari yonilg'i sarfini baholash uchun zarur asos bo'lsa-da, haqiqiy ish sharoitida yonilg'i me'yorini aniqlashda qo'shimcha ekspluatatsion koeffitsiyentlar bilan to'ldirilishi lozim [18, 19, 38, 39, 49].

Mazkur xalqaro standartlarning umumiy metodologik kamchiligi shundan iboratki, barcha laboratoriya sinovlari dvigatel dinamometri stendida nazorat qilinadigan harorat sharoitida (taxminan 20 °C) o'tkaziladi [18].

Mamlakatimizning janubiy mintaqalarida yozgi mavsum sharoitlari bu standartlar amal qiladigan harorat diapazonidan sezilarli darajada tashqarida qoladi. Shu bois, WHTC va WHSC sikllari bo'yicha O'zbekistonning janubiy haqiqiy ekspluatatsiya sharoitida sertifikatlash natijalaridan ma'lum darajada farq qilishi mumkin. Harorat va havo zichligi o'rtasidagi fizik bog'liqlik, shuningdek dvigatel ish jarayoniga ta'sir mexanizmlari keyingi bo'limda batafsil tahlil qilinadi.

Raqamli dinamik simulyatsiya vositalari

Yuqorida ta'kidlanganidek, VECTO dasturi avtomobilning bo'ylama dinamikasi asosida 1 Hz chastotada simulyatsiya o'tkazadi [10, 22]. VECTO dasturining matematik asosi avtomobil g'ildiraklarida dvigateldan talab qilinadigan effektiv quvvat balansini tenglamasiga tayanadi:

$$P_e = P_{dum} + P_{aer} + P_{qiyalik} + P_{inersiya} + P_{tr} + P_{yordamchi}, \quad (1.1)$$

Bu yerda

P_e — dvigatelning effektiv quvvati, kVt;

P_{dum} — g'ildirakning dumalashga qarshilik kuchini yengish quvvati kVt;

P_{aer} — aerodinamik qarshilikni yengish quvvati kVt;

$P_{qiyalik}$ — yo'l qiyaligi (nishabligi) qarshiligini yengish quvvati kVt;

$P_{inersiya}$ — inersiya (tezlanish) qarshiligini yengish quvvati kVt;

P_{tr} — transmissiya yo'qotishlarini qoplash quvvati kVt;

$P_{yordamchi}$ — yordamchi uskunalar (konditsioner kompressori, generator, ventilyator, suv nasosi va boshqalar) sarflaydigan quvvat [10].

VECTO algoritmi har bir komponent uchun mustaqil sinov natijalaridan foydalanadi: dvigatelning ishchi xarakteristikasi dvigatel dinamometrida o'lchanadi, transmissiya yo'qotishlari komponent darajasidagi alohida sinovda aniqlanadi, aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti ($C_d \cdot A$) maxsus doimiy tezlikdagi sinov orqali olinadi, dumalashga qarshilik koeffitsiyenti esa shina ishlab chiqaruvchi tomonidan taqdim etiladi [10, 22]. AQShda shu kabi maqsadda EPA tomonidan GEM (Greenhouse gas Emissions Model) dasturi qo'llanilmoqda [23].

VECTO va GEM dasturlarining matematik modellari mukammal bo'lsa-da, ular asosan Yevropa Ittifoqi va AQShning mo'tadil iqlimi sharoitiga sertifikatlash maqsadida moslashtirilgan. ICCT (Transport bo'yicha xalqaro kengash) tahliliga ko'ra, VECTO da mexanik yordamchi yuklamalar standart holatda 1 kVt doimiy yuklama sifatida modellashtirilgan, generator esa dvigatel aylanma tezligiga qarab 0,07–5,13 kVt oralig'ida o'zgaradi [24]. Real ekspluatatsiya sharoitlarida og'ir yuk avtomobilining konditsioner kompressori mexanik quvvat sifatida 2–5 kVt sarflashi mumkin [25, 26], bu esa standart VECTO holatidan sezilarli darajada yuqori. Bundan tashqari, VECTO dasturi dvigatelning ishchi xarakteristikasini olish jarayonida yuqori haroratli iqlim mintaqalarida yuzaga keladigan yoqilg'i purkash jarayoni o'zgarishlarini hisobga olmaydi; bu hol yuqori haroratli iqlim sharoitlarida model natijalarining aniqligiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Shunga qaramay, VECTO va GEM dasturlari asosan sertifikatlash va normativ baholash vazifalariga yo'naltirilganligi sababli, ular har doim ham muayyan hududning real iqlim va yo'l sharoitlariga to'liq mos kelavermaydi. Masalan, Surxondaryo viloyatidagi yuqori harorat, tog'li-adirli yo'llar, mavsumiy yuklama va uzoq masofali tashish jarayonlari standart sertifikatlash modeliga qo'shimcha koeffitsiyentlar kiritishni talab qiladi [8, 9, 10, 22, 23, 24].

Telematik (CAN-bus / FMS) monitoring tizimlari

Zamonaviy raqamli logistikada o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning elektron boshqaruv blokiga (EBB) ulangan CAN-bus magistral interfeysi yordamida yonilg'i sarfini real vaqt rejimida qayd etish texnologiyalari keng qo'llanilmoqda. Bunday tizimlar SAE J1939 standartiga asoslangan bo'lib,

Yevropada FMS (Fleet Management System — avtopark boshqaruv tizimi) orqali yonilg‘i sarfi, dvigatel aylanma tezligi, sovutuvchi suyuqlik harorati va boshqa parametrlarni standartlashtirilgan ko‘rinishda uzatadi [27, 28].

Telematik tizimlarning asosiy metodologik cheklovi shundan iboratki, ular faqat haqiqiy yonilg‘i sarfini qayd etish yondashuviga asoslanadi. Bunday faktga asoslangan yondashuv jarayon oqibatlarini keyinchalik tahlil qilish imkonini bersada, haroratning o‘zgarishiga mos ravishda yonilg‘i me‘yorini oldindan belgilab beruvchi algoritmgaga ega emas.

CAN-bus va FMS tizimlari yordamida avtomobilning real ish jarayoniga oid ko‘plab parametrlarni qayd etish mumkin. Jumladan, umumiy yonilg‘i sarfi, lahzalik yonilg‘i sarfi, dvigatel aylanish chastotasi, transport vositasi tezligi, sovutuvchi suyuqlik harorati, tormozlanish rejimi va ayrim hollarda yuklanish darajasi haqidagi ma‘lumotlar olinadi. Ushbu ko‘rsatkichlar haqiqiy ish sharoitida yonilg‘i me‘yorini aniqlash uchun muhim axborot bazasini shakllantiradi. Biroq telematik tizimlar ko‘proq faktni qayd etadi; ular o‘z-o‘zidan ilmiy asoslangan me‘yorni ishlab bermaydi. Shu sababli telematik ma‘lumotlar fizik-analitik model va statistik qayta ishlash usullari bilan birgalikda qo‘llangandagina metodologik qiymatga ega bo‘ladi [27, 28, 42, 43, 51, 53].

Mahalliy amaliyotning xalqaro standartlar bilan munosabati

Yonilg‘i sarfini me‘yorlashda asosan Rossiya Federatsiyasining № 23-r/2008 metodikasi yoki korxonaning ichki me‘yori asosida qo‘llaniladi. Mazkur metodika yilning ikki davri — sovuq va issiq mavsumlar uchun ma‘lum foizli tuzatish koeffitsiyentlarini nazarda tutadi. Biroq tuzatmalar haroratning joriy absolyut qiymatiga emas, balki shartli mavsumga bog‘liq holda belgilanadi. Shu sababli Surxondaryo, Qashqadaryo yoki Navoiy viloyatlarida 45–48 °C ga yetuvchi yozgi harorat sharoitida ushbu metodika yuqori harorat farqlarini yetarlicha hisobga olmaydi. Bundan tashqari, muallif tomonidan o‘rganilgan adabiyotlar va amaldagi me‘yoriy hujjatlar tahliliga ko‘ra, bu holat tadqiqotimizning dolzarbligini yanada oshiradi.

Mazkur metodikaning issiq iqlim sharoitiga moslashuvchanlik darajasini xalqaro standartlar bilan qiyoslash uchun yagona jadvalda umumlashtirish maqsadga muvofiqdir (1.2-jadval).

Yonilg‘i samaradorligini baholash standartlari va ularning yuqori haroratli iqlimga moslashuvchanligi qiyosiy tahlili

1.2-jadval

Standart metodika nomi	Asosiy o‘lchash usuli va xususiyati	Qamrab olingan harorat oralig‘i	Yuqori haroratli iqlim uchun aniqlangan kamchiliklar	Moslashuvchanlik darajasi
WHTC / WHSC (BMT GTR № 4)	Dvigatel dinamometri stendida o‘tkaziladigan (1800 s) va statsionar 13 rejimli sinov	Laboratoriya sharoiti: 20 °C	Iqlimning yuqori harorati va uzoq muddatli ekspluatatsion ta’sir hisobga olinmaydi	Past — faqat 20 °C sharoiti uchun
EPA HD-FTP / SET (AQSh)	O‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillari uchun sinov tartibi	20 °C standart oraliq	AQSh harakatlanish tartibiga moslashtirilgan; yuqori haroratlar uchun moslashuvchanligi cheklangan	Past — iqlim o‘zgaruvchanligi hisobga olinmagan
VECTO (Yevropa Ittifoqi, 2017/2400 reglamenti)	Alohida qismlar bo‘yicha olingan ma’lumotlar asosida kompyuter simulyatsiyasi (1 Hz, bo‘ylama dinamika)	Sertifikatlash sharoitida 25 °C atrofida	Mexanik yordamchi yuklamalar 1 kVt doimiy qiymatda; konditsioner ta’siri to‘liq hisobga olinmaydi	O‘rta — iqlim parametrlari qisman hisobga olinadi
GEM (AQSh EPA, Phase 2)	Soddalashtirilgan sertifikatlash modeli; cheklangan omillar to‘plami.	Laboratoriya sharoiti	AQSh shtatlari iqlimiga moslashtirilgan; yuqori harorat va relyef o‘zgarishlari to‘liq qamrab olinmagan	Past — iqlim adaptatsiyasi yo‘q

Standart metodika nomi	Asosiy o'lchash usuli va xususiyati	Qamrab olingan harorat oralig'i	Yuqori haroratli iqlim uchun aniqlangan kamchiliklar	Moslashuvchanlik darajasi
Idoraviy me'yorlar (MDH amaliyoti, № -23-r)	Bazaviy me'yorga statik foizli tuzatmalar: qishki ustama 5–20 %, konditsioner ustamasi 7 %	Haroratning joriy qiymati alohida hisobga olinmagan	O'zgarmas (statik) yondashuv: tuzatma haroratning joriy qiymatidan emas, balki shartli mavsumdan kelib chiqib belgilanadi.	Past — issiq iqlim sharoiti uchun maxsus adaptatsiya yo'q

Izoh: Moslashuvchanlik darajasi metodikaning harorat, relyef va yuk omillarini hisobga olish imkoniyatlari asosida muallif tomonidan baholangan.

Yuqoridagi tizimli ilmiy tahlil shuni ko'rsatadiki, yonilg'i samaradorligini baholashning hozirgi amaldagi metodologik vositalarining hech biri mamlakatimiz janubiy mintaqalarining kompleks (harorat, relyef, yuk) ekspluatatsion sharoitlarini to'liq qamrab olmaydi. Standartlashtirilgan laboratoriya sikllari haroratning real ta'sirini hisobga olmaydi; raqamli modellashtirish dasturlari yordamchi uskunalar yuklamasini va yuqori harorat sharoitidagi yoqilg'i purkashni tuzatish koeffitsiyentlari soddalashtirilgan tarzda modellashtiradi; telematik tizimlar esa faqat haqiqiy ma'lumotni qayd etuvchi faktga asoslangan xususiyat bo'lib, yonilg'i me'yorini oldindan belgilashga imkonini bermaydi; mahalliy amaliyotda qo'llaniladigan № -23-r metodikasi esa harorat ko'rsatkichlarini farqlash mavsumiy darajada tartibga solish bilan cheklanib qoladi. Mazkur metodologik bo'shliq O'zbekiston Respublikasining janubiy hududlari uchun maxsus moslashtirilgan, dvigatelning ishchi xarakteristikasiga asoslangan yonilg'i me'yorlash metodikasini ishlab chiqish zaruratini taqozo etadi.

Taklif etilayotgan modelning aniqligini baholash uchun keyingi boblarda absolyut xatolik, nisbiy xatolik, o'rtacha absolyut foiz xatolik, kabi statistik mezonlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bu ko'rsatkichlar hisoblangan yonilg'i sarfi bilan tajriba asosida aniqlangan haqiqiy sarf o'rtasidagi farqni miqdoriy baholash imkonini beradi. Shuningdek, mazkur mezonlar ishlab chiqilgan

metodologiyaning amaliy qo'llashga yaroqlilik darajasini aniqlash uchun zarur hisoblanadi [42, 43, 44, 45].

Shu sababli keyingi bo'limda ekspluatatsion sharoitlar va tabiiy-iqlim omillarining dvigatel ishiga ta'sir mexanizmlari nazariy jihatdan batafsil tahlil qilinadi va aniqlangan fizik bog'liqliklar miqdoriy baholanadi.

1.3. Ekspluatatsion sharoitlar va tabiiy-iqlim omillarining dvigatel ishiga ta'siri

Avvalgi bo'limlarda ko'rib chiqilgan baholash usullarining tahlili shuni ko'rsatadiki, standartlashtirilgan laboratoriya sikllari va mavjud me'yorlash usullari respublikamizning janubiy hududlariga xos bo'lgan keskin quruq-issiq iqlim hamda murakkab relyef sharoitlarini to'liq qamrab ololmaydi. Avtomobilning ichki yonuv dvigateli (IYOD) atrof-muhit bilan uzluksiz massa-energetik almashinuvni amalga oshiruvchi termodinamik tizim hisoblanadi [30, 31]. Uning tortish-dinamik ko'rsatkichlari, dvigatelning ishchi xarakteristikasi va solishtirma yonilg'i sarfi bevosita silindrga kirayotgan havoning ko'rsatkichlariga — harorat, bosim, zichlik va namlik — hamda amaliy ekspluatatsion omillarga bog'liqdir.

Ichki yonuv dvigatellarining quvvat va yonilg'i tejamkorlik ko'rsatkichlari ishlab chiqaruvchi tomonidan odatda standartlashtirilgan atmosfera sharoitlarida aniqlanadi. Real ekspluatatsiyada esa dvigatel havo harorati, atmosfera bosimi, namlik va changlanish darajasi o'zgarib turadigan muhitda ishlaydi. Shu sababli dvigatelning haqiqiy tortish-dinamik xususiyatlarini baholashda tashqi muhit parametrlarini hisobga oluvchi tuzatish yondashuvi zarur bo'ladi. SAE J1349 standarti dvigatelning o'rnatilgan holatdagi foydali quvvati va aylantiruvchi momentini takrorlanuvchan usulda aniqlashga qaratilgan bo'lsa, ISO 1585:2020 standarti avtomobil dvigatellarining foydali quvvati, maksimal yuklama sharoitidagi quvvat o'zgarish xarakteristikalarini va solishtirma yonilg'i sarfini baholash tartibini belgilaydi [57, 58]. Bu holat ekspluatatsion muhit omillarini yonilg'i sarfini aniqlash modeliga alohida omil sifatida kiritish zaruratini ilmiy jihatdan asoslaydi. SAE J1349 standarti dvigatelning o'rnatilgan holatdagi foydali quvvati va aylantiruvchi

momentini takrorlanuvchan usulda aniqlashga qaratilgan bo'lsa, ISO 1585:2020 standarti avtomobil dvigatellarining foydali quvvati, maksimal yuklama sharoitidagi quvvat o'zgarish xarakteristikalarini va solishtirma yonilg'i sarfini baholash tartibini belgilaydi [57, 58]. Bu holat ekspluatatsion muhit omillarini yonilg'i sarfini aniqlash modeliga alohida omil sifatida kiritish zaruratini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Respublikamiz janubiy mintaqalarining yozgi mavsumida havo haroratining +45...+48 °C ga yetishi, quruq issiq shamollarning davomiyligi va asfalt qoplamalari sirti haroratining +75...+80 °C gacha ko'tarilishi o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillar dvigatellarining ishlashiga kompleks ta'sir ko'rsatadi [30, 31]. Ushbu bo'limda mazkur omillar nazariy jihatdan ketma-ket tahlil qilinib, ularning sinergetik (birgalikdagi) ta'siri matematik model ko'rinishida umumlashtiriladi.

Atrof-muhit haroratining ko'tarilishi silindrga kiruvchi havo zichligining kamayishiga olib keladi. Ideal gazning holat tenglamasi (Mendele'ev–Klapeyron) asosida havo zichligi quyidagicha aniqlanadi [5, 20]:

$$\rho = \frac{P}{R_{\text{havo}} \cdot T} \quad (1.2)$$

Bu yerda

R_{havo} — havoning solishtirma gaz doimiysi, 287 J/(kg·K);

P — havoning mutlaq bosimi, Pa;

T — havoning mutlaq harorati, K ($T = t \text{ °C} + 273,15$).

Tenglamadan ko'rinadiki, atmosfera bosimi deyarli o'zgarmas deb qabul qilinganda ($P = \text{const}$), havo zichligi haroratga teskari proporsional ravishda o'zgaradi: $\rho \sim 1/T$. Shu sababli tashqi haroratning ortishi dvigatel silindrlariga kirayotgan havo massasining kamayishiga olib keladi [5, 11].

Standart sharoitdan ($T_0 = +20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$) janubiy hududlarning yozgi issiq iqlim sharoitiga ($T = +48 \text{ °C} = 321 \text{ K}$) o'tilganda havo zichligining o'zgarishi quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta\rho = (1 - T_0/T) \cdot 100\% = (1 - 293/321) \cdot 100\% \approx 8,7\% \quad (1.3)$$

Dvigatelga kirayotgan havo massasining 8,7% ga kamayishi yonilg'i-havo aralashmasining boyishiga — stexiometrik nisbatning (yonilg'i va havoning optimal aralashuv nisbati, $\lambda = 1,0$) buzilishiga — olib keladi va natijada yonish sifati yomonlashadi [5].

Havo zichligining kamayishi dvigatelga kirayotgan kislorod massasining pasayishini anglatadi. Ayniqsa, turbokompressorsiz yoki yuqori issiqlik yuklamasida ishlaydigan dvigatellarda bu holat yonish jarayonining to'liqligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Natijada dvigatel bir xil tortish kuchini hosil qilish uchun yuqoriroq yuklama rejimida ishlaydi, bu esa solishtirma yonilg'i sarfining ortishiga olib keladi. Shu sababli yuqori haroratning ta'siri faqat havo zichligi kamayishi bilan emas, balki dvigatelning ish rejimi, yonilg'i purkash jarayoni va haydovchining harakatni boshqarish uslubi bilan birgalikda baholanishi kerak [57, 58].

Nam va quruq havoning birgalikdagi ta'sirini baholashda Dalton qonuni qo'llaniladi: aralashmaning umumiy bosimi tarkibiy qismlar yig'indisiga teng [30, 31]. Muallif tomonidan Dalton qonuni asosida amalga oshirilgan hisob-kitoblarga ko'ra, +48 °C harorat va 30–40% nisbiy namlik sharoitida nam havoning umumiy zichligi standart sharoitga nisbatan 11,2% ga pasayadi.

Nam havoning zichligini baholashda faqat quruq havo uchun qo'llaniladigan ideal gaz tenglamasi yetarli emas. Chunki suv bug'i quruq havoga nisbatan boshqa molyar massaga ega bo'lib, nisbiy namlikning ortishi havo aralashmasining umumiy zichligiga ta'sir ko'rsatadi. Metrologik hisob-kitoblarda nam havo zichligini aniqlashda harorat, bosim, nisbiy namlik hamda karbonat angidrid ulushi hisobga olinadi. Davis tomonidan ishlab chiqilgan nam havo zichligini aniqlash tenglamasi ushbu parametrlarni kompleks hisobga olgani sababli, yuqori haroratli hududlarda dvigatelga kirayotgan havo massasini aniqlashtirish uchun muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi [56]. Davis ishida nam havo zichligini aniqlash uchun harorat, bosim, nisbiy namlik va CO_2 ulushi kiritilishi ko'rsatilgan.

Hududga xos changli va quruq issiq shamollar davrida havo filtridagi aerodinamik qarshilikning ortishi silindrni to'ldirish koeffitsiyentini (η_v — silindrning nazariy hajmiga nisbatan haqiqatda kirayotgan havo massasining nisbati)

qo'shimcha kamaytiradi. Filtrdagi bosim yo'qotilishi quyidagi munosabat bilan baholanadi [5]:

$$\Delta P_{\text{filtr}} = \xi(C) \cdot \rho \cdot v^2 / 2 \quad (1.4)$$

Bu yerda

ΔP_{filtr} — havo filtridagi bosim yo'qotilishi, Pa;

$\xi(C)$ — chang konsentratsiyasi C ga bog'liq qarshilik koeffitsiyenti;

ρ — havoning zichligi, kg/m³;

v — havo oqimining o'rtacha tezligi, m/s.

Namlilik va filtrdagi qarshilikning qo'shma ta'siri ostida silindrni to'ldirish koeffitsiyenti (η_v) 4–7% ga kamayadi [11]. Natijada, harorat, namlilik va changlanishning umumiy ta'siri ostida silindrga kiruvchi havo massasi jami 14–18% oralig'ida qisqaradi.

Yonilg'i turlarining iqlim omillariga bog'liqlik darajasi

Iqlim omillari dizel va siqilgan tabiiy gaz (STG) dvigatellariga turli darajada ta'sir ko'rsatadi. Dizel yonilg'isi silindrga suyuq holda juda kichik hajmni (taxminan 0,01%) band qilib, qolgan hajmni havo uchun ochiq qoldiradi. Shu sababli iqlim ta'siri faqat havo massasining kamayishiga bog'liq bo'lib, quvvat yo'qotishi 11–12% ni tashkil etadi [5, 20].

Yonilg'i turining fizik holati dvigatelga kirayotgan havo massasiga va aralashma hosil bo'lish jarayoniga turlicha ta'sir ko'rsatadi. Suyuq yonilg'ili dizel dvigatellarida yonilg'i silindrga purkalgandan so'ng havo bilan aralashadi va silindr hajmini egallash nuqtayi nazaridan siqilgan tabiiy gazga nisbatan kamroq hajmiy cheklov hosil qiladi. STG, ya'ni siqilgan tabiiy gaz bilan ishlaydigan dvigatellarda esa siqilgan tabiiy gaz yonilg'i aralashma hosil bo'lish jarayonida havo oqimi bilan birga kiradi va ma'lum hajmni egallaydi. Shu sababli bunday dvigatellarda yuqori harorat sharoitida havo zichligining pasayishi bilan bir qatorda siqilgan tabiiy gaz yonilg'ining hajmiy joy egallashi ham to'ldirish koeffitsiyentiga ta'sir ko'rsatadi [61].

Bundan tashqari, STG dvigatellarida yuqori bosimli gaz reduktorining yuqori haroratda ishlash rejim o'zgarishi quvvatga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli issiq iqlim sharoitida STG dvigatellarida havo massasining umumiy kamayishi 18–20% gacha yetishi mumkin [11].

Xususan, janubiy hududlarda yozgi haroratning $+45...+48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga yetishi hamda yo'l sathi haroratining $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan oshishi gaz ballonlari va reduktor kamerasi korpusining qo'shimcha isishiga olib keladi. Termodinamika qonuniyatlariga ko'ra, ekstremal yuqori haroratda STG (metan) ning zichligi pasayib, silindrga uzatilayotgan gazning massasi hamda uning bir xil hajmda silindrga uzatiladigan gaz massasi va aralashmaning hajmiy energiya zichligi kamayadi. Buning natijasida yonilg'i-havo aralashmasining yonish unumdorligi yomonlashadi va haydovchi kerakli tortish quvvatini ta'minlash uchun dvigatelga ko'proq yuklama berishga majbur bo'ladi. Bu omil o'rta va og'ir vaznli yuk avtomobillarida nafaqat havo massasining qisqarishi, balki bevosita gaz holatidagi yonilg'ining fizik (kengayish) xususiyatlari o'zgarishi hisobiga ham yonilg'i sarfi me'yordan ortib ketishini ilmiy jihatdan tasdiqlaydi.

Yuk massasining yonilg'i sarfiga ta'siri

O'rta va og'ir vaznli yuk avtomobillarida yonilg'i samaradorligini baholashda faqat 1/100 km ko'rsatkichi yetarli emas. Chunki bunday transport vositalarining asosiy vazifasi ma'lum yukni ma'lum masofaga tashishdan iborat bo'lib, ularning samaradorligi transport ishi, ya'ni tonna-kilometr ko'rsatkichi bilan ham baholanishi lozim. Shu sababli xalqaro yondashuvlarda yuk avtomobillari uchun yukga nisbatan yonilg'i sarfi — load-specific fuel consumption tushunchasi qo'llanadi. Mazkur ko'rsatkich avtomobilning faqat qancha yonilg'i sarflaganini emas, balki shu yonilg'i evaziga qancha transport ishini bajarganini ham ifodalaydi [60]. National Academies hisobotida o'rta va og'ir yuk avtomobillari uchun oddiy “miles-per-gallon” ko'rsatkichi yetarli emasligi, buning o'rniga yuk yoki yo'lovchi tashish samaradorligini aks ettiruvchi gallons per ton-mile kabi mezonlardan foydalanish maqsadga muvofiqligi ko'rsatilgan.

O'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillar to'la yuklanganda umumiy massa 3–4 barobarga oshadi (masalan, 10 tonnadan 40 tonnagacha). Bu o'z navbatida dvigatel bajaradigan transport ishining keskin o'sishiga va yonilg'i sarfining mutanosib ko'payishiga sabab bo'ladi [12, 20].

$$P_j = m_a \cdot \delta_{vr} \cdot j \quad (1.5)$$

Bu yerda

m_a — avtomobilning to'la massasi (o'z vazni + foydali yuk massasi), kg;

δ_{vr} — aylanuvchi massalar inersiyasi koeffitsiyenti (g'ildirak, kardanli val massalari inersiyasini hisobga oluvchi o'lchovsiz kattalik, odatda 1,04 – 1,12);

j — avtomobilning harakatlanishdagi ilgarilama tezlanishi, m/s².

Yo'l relyefining yonilg'i samaradorligiga ta'siri

Yo'lning balandlik ko'rsatkichlari avtomobilning yonilg'i samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatuvchi asosiy ekspluatatsion omillardan biri hisoblanadi. Avtomobilning qiyalik bo'ylab harakatlanishida umumiy yo'l qarshiligi (R_Σ) og'irlik kuchining qiyalik hisobiga keskin oshadi va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi [13, 20]:

$$R_\Sigma = G_a \cdot (f \cdot \cos \alpha + G_a \sin \alpha) \quad (1.6)$$

Bu yerda

G_a – avtomobilning to'la og'irligi, N;

f – shinalarning dumalashga qarshilik koeffitsiyenti (asfalt qoplamada 0,015–0,020);

α – yo'lning qiyalik burchagi gradus.

Yo'l qiyaligi ta'sirida ortadigan qarshilik kuchi avtomobilning to'la massasiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'ladi. Shu sababli bir xil qiyalikda yuksiz va to'la yuklangan avtomobilning yonilg'i sarfi bir xil bo'lmaydi. Tekis yo'lda dvigatel energiyasining asosiy qismi dumalashga qarshilik va aerodinamik qarshilikni yengishga sarflansa, qiyalikda qo'shimcha ravishda og'irlik kuchining yo'l bo'ylab yo'nalgan tashkil etuvchisini yengish talab etiladi. Bu holat ayniqsa past uzatmalarda, katta yuklama va past tezlikda harakatlanayotgan yuk avtomobillarida solishtirma yonilg'i sarfining ortishiga olib keladi [59]. Gillespie asarida avtomobil

harakatidagi road loads, ya'ni yo'l yuklamalari alohida bob sifatida ko'riladi va ular transport vositasi dinamikasining asosiy tarkibiy qismi sifatida izohlanadi.

Qiyalik burchagi ortishi bilan sinα qiymati ortishi hisobiga dvigateldan yuqori quvvat talab etiladi. Ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, qiyaligi 5–7° bo'lgan tog'li yo'lda yonilg'i sarfi tekis yo'ldagi me'yoriy qiymatdan 15–20% ga oshadi [11, 13]. Mazkur ko'rsatkich relyef notekislik darajasi oshgan sari yonilg'i sarfi keskin ko'payishi mumkin, ayniqsa to'la yuklangan holda.

Omllarning sinergetik ta'siri va matematik ifodasi

Harorat, yuk va yo'l relyefi omillari yonilg'i sarfiga mustaqil ravishda emas, balki o'zaro bog'liq holda ta'sir ko'rsatadi. Masalan, yuqori harorat sharoitida dvigatel quvvatining pasayishi og'ir yuk va murakkab relyef ta'sirida yanada kuchli namoyon bo'ladi: dvigatel bir vaqtning o'zida kamaygan havo massasi, tashish jarayonidagi yuk massasi va katta yo'l qarshiligini yengib o'tishga majbur bo'ladi [12]. Bunday holatlarda omllarning umumiy ta'siri ularning har birining alohida ta'siri yig'indisidan sezilarli darajada yuqori bo'lgani uchun ularni yig'indi emas, balki ko'paytma model yordamida ifodalash maqsadga muvofiq hisoblanadi [12, 13].



1.3-rasm. Eksploatatsion va iqlim omillarining yonilg'i sarfiga sinergetik ta'siri diagrammasi

Izoh: Diagrammada ko'rsatilganidek, respublikamizning janubiy hududlariga xos yuqori harorat, murakkab tog'li relyef va avtomobilning maksimal yuk massasi kabi omillar alohida emas, balki o'zaro birgalikda (sinergetik) ta'sir ko'rsataganda haqiqiy yonilg'i sarfining tayanch me'yorlarga nisbatan keskin oshishiga olib keladi.

Sinergetik ta'sirni hisobga olgan holda haqiqiy yonilg'i sarfini aniqlashning umumlashtirilgan ko'rinishi quyidagicha yoziladi [12, 20]:

$$Q_{\text{haq}} = Q_{\text{baz}} \cdot (1 + K_t) \cdot (1 + K_m) \cdot (1 + K_\alpha) \quad (1.7)$$

Q_{haq} — avtomobilning o'zgaruvchan sharoitdagi haqiqiy yonilg'i sarfi, l/100 km;

Q_{baz} — bazaviy yonilg'i sarfi me'yor (mo'tadil sharoitda), l/100 km;

K_t — harorat tuzatish koeffitsienti (Surxondaryo yozida 0,12–0,18) [11, 22, 23];

K_m — yuk massasi tuzatish koeffitsienti bo'yicha (β qiymatiga bog'liq, 0,30–0,40) [12, 13];

K_α — relyef tuzatish koeffitsiyenti. (5–7° qiyalikda 0,15–0,20) [34, 23].

Koeffitsiyentlarning aniq qiymatlari va ularni aniqlash metodologiyasi II bobda batafsil bayon etiladi. Ushbu yondashuv me'yoriy hujjatlardagi o'zgarmas (statik) ustamalarga nisbatan yuqori aniqlikni ta'minlaydi, chunki real ekspluatatsion sharoitlarning kompleks (harorat, yuk, relyef) ta'sirini aks ettira oladi [13].

Ko'paytma ko'rinishidagi modelning afzalligi shundaki, u omillarning bir-birini kuchaytiruvchi ta'sirini hisobga olish imkonini beradi. Masalan, yuqori harorat havo zichligini kamaytirib dvigatelning foydali quvvatini pasaytirs, yuk massasining ortishi va yo'l qiyaligi dvigateldan talab qilinadigan tortish quvvatini oshiradi. Natijada dvigatel bir vaqtning o'zida pastroq havo zichligi, yuqoriroq massa va ortgan yo'l qarshiligi sharoitida ishlaydi. Shu sababli real yonilg'i sarfini aniqlashda faqat alohida foizli ustamalar yig'indisiga tayanish yetarli emas; kompleks omillar ta'sirini aks ettiruvchi koeffitsiyentlar tizimidan foydalanish maqsadga muvofiqdir [59, 60].

Yuqorida tahlil qilingan tabiiy-iqlim va ekspluatatsion omillarning o'zaro ta'siri yonilg'i sarfiga statik me'yorlash usullari bilan to'liq baholab bo'lmaydigan

o'zgaruvchan qonuniyatlar asosida shakllanadi. Bu holat keyingi boblarda o'zgaruvchan holatlarni modellashtirish metodologiyasini qo'llash va tajribalar o'tkazish zaruratini nazariy jihatdan asoslab beradi [13].

I bob bo'yicha xulosa

1. Birinchi bobda avtomobillar yonilg'i samaradorligini baholash bo'yicha mavjud nazariy va amaliy yondashuvlar tahlil qilindi. Xususan, WHTC, WHSC, VECTO, GEM, CAN-bus/FMS telematik monitoring tizimlari hamda empirik-statistik baholash usullarining metodologik asoslari ko'rib chiqildi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, mazkur yondashuvlarning aksariyati standart laboratoriya yoki mo'tadil iqlim sharoitlariga moslashtirilgan bo'lib, O'zbekistonning janubiy hududlariga xos yuqori harorat, murakkab tog'li-adirli relyef va o'zgaruvchan yuklanish darajasining yonilg'i sarfiga kompleks ta'sirini to'liq qamrab olmaydi.

2. Tabiiy-iqlim va ekspluatatsion omillarning ichki yonuv dvigateli ishiga ta'siri nazariy jihatdan asoslab berildi. Tashqi havo haroratining ortishi natijasida havo zichligi va silindrlarga kiruvchi havo massasining kamayishi, namlik va changlanishning silindrni to'ldirish koeffitsiyentiga salbiy ta'siri, shuningdek, yuqori harorat sharoitida yordamchi agregatlarga tushadigan qo'shimcha yuklamalar yonilg'i sarfining ortishiga sabab bo'lishi ko'rsatildi.

3. Dizel va siqilgan tabiiy gazda ishlaydigan dvigatellarning iqlim omillarining ta'siri qiyosiy tahlil qilindi. Dizel dvigatellarida asosiy ta'sir havo massasining kamayishi orqali namoyon bo'lsa, STG dvigatellarida bundan tashqari gaz holatidagi yonilg'ining hajm egallashi, reduktor ish rejimi va yonilg'i-havo aralashmasining hajmiy energiya zichligi kabi omillar ham muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

4. Yuk massasi va yo'l relyefining yonilg'i sarfiga ta'siri avtomobil harakatiga qarshilik kuchlari nuqtayi nazaridan tahlil qilindi. To'la yuklangan avtomobillarda umumiy massa ortishi, yo'l nishabligi va past uzatmalarda harakatlanish dvigateldan talab qilinadigan tortish quvvatini oshiradi. Bu esa real ekspluatatsion sharoitlarda yonilg'i sarfining bazaviy me'yorlardan sezilarli farq qilishiga olib keladi.

5. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, harorat, yuk massasi va relyef omillari yonilg'i sarfiga alohida-alohida emas, balki o'zaro bog'liq holda ta'sir ko'rsatadi.

Shu sababli haqiqiy ish sharoitida yonilg'i me'yorini aniqlashda faqat statik foizli ustamalarga tayanish yetarli emas. Mazkur omillarni kompleks hisobga oluvchi moslashuvchan matematik model va takomillashtirilgan metodologiyani ishlab chiqish zarurati asoslandi.

6. I bobda shakllantirilgan nazariy xulosalar keyingi boblarda tadqiqot obyektlarini tanlash, ularning texnik ko'rsatkichlarini tahlil qilish, ekspluatatsion sharoitlarda yonilg'i sarfini hisoblash modeli va amaliy metodologiyani ishlab chiqish uchun ilmiy-uslubiy asos bo'lib xizmat qiladi. Shuningdek, olingan natijalarni amaliyotga joriy etishda raqamli axborot tizimlari, jumladan Telegram bot kabi vositalardan foydalanish imkoniyati keyingi boblarda asoslanadi.

II BOB O‘RTA VA OG‘IR VAZNLI YUK KO‘TARUVCHI AVTOMOBILLARDA YONILG‘I SARFINI MODELLASHTIRISH USULLARI

2.1. Tadqiqot obyektlarini tanlash asosi va ularning texnik ko‘rsatkichlari

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi Surxondaryo viloyatining ekstremal issiq iqlimi ($+45...+48^{\circ}\text{C}$) va tog‘li murakkab relyef sharoitlarida foydalanilayotgan o‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillarining yonilg‘i sarfi ko‘rsatkichlarini aniqlash hamda ularni ekspluatatsion omillar ta‘sirida modellashtirishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun tadqiqot obyektlarini tanlashda quyidagi asosiy mezonlar qabul qilindi: yuk ko‘tarish qobiliyati, dvigatel turi, ekologik standart va respublika transport tizimidagi amaliy qo‘llanish ulushi [2; 16].

Tadqiqot obyektlarini tanlashda representativlik tamoyiliga alohida e‘tibor qaratildi. Representativlik deganda tanlangan avtomobil modellari o‘rganilayotgan hududdagi real ekspluatatsion sharoitlarni yetarli darajada ifodalashi tushuniladi. Ya‘ni tadqiqot uchun tanlanadigan avtomobillar faqat texnik jihatdan mavjud bo‘lgani uchun emas, balki yuk tashish amaliyotida keng qo‘llanilishi, turli yuk massalarini qamrab olishi, turli yonilg‘i turlarida ishlashi hamda Surxondaryo viloyatining issiq iqlim va murakkab relyef sharoitida muntazam foydalanilishi asosida tanlandi. Bu yondashuv keyingi bosqichlarda olinadigan hisob-kitob natijalarining amaliy ahamiyatini oshiradi.

O‘rta va og‘ir vaznli yuk ko‘taruvchi avtomobillar yonilg‘i sarfiga ta‘sir qiluvchi omillar yengil avtomobillarnikiga nisbatan murakkabroq hisoblanadi. Chunki bunday transport vositalarida dvigatel quvvati, to‘la massa, yuk ko‘tarish qobiliyati, harakat tezligi, yo‘lning bo‘ylama qiyaligi, transmissiya yo‘qotishlari, shina qarshiligi va yordamchi agregatlar yuklamasi birgalikda ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, yuqori havo harorati sharoitida dvigatelga kiruvchi havo zichligining kamayishi, sovutish tizimiga tushadigan yuklamaning ortishi va yuklangan

avtomobilning tog'li-adirli yo'llarda harakatlanishi yonilg'i sarfining bazaviy me'yorlardan sezilarli farq qilishiga olib keladi [5; 11; 32].

Shu sababli mazkur tadqiqotda obyektlarni tanlashda faqat avtomobil markasi yoki zavod ko'rsatkichlari emas, balki ularning real ish sharoitida modellashtirish uchun zarur bo'lgan parametrlarni bera olishi ham hisobga olindi. Xususan, tanlangan avtomobillar orqali yonilg'i turi, yuklanish darajasi, dvigatel hajmi, nominal quvvat, to'la massa va bazaviy yonilg'i sarfi kabi omillarning matematik modeldagi o'rni aniqlanadi. Bu esa 2.2-bo'limda ishlab chiqiladigan nazariy va analitik model uchun zarur boshlang'ich ma'lumotlar bazasini shakllantiradi [2; 38; 39].

Avtomobil transportida yonilg'i samaradorligini baholashda odatda ikki asosiy ko'rsatkichdan foydalaniladi. Birinchisi — dvigatelning samarali solishtirma yonilg'i sarfi (g_e), u dvigatelning 1 kVt·soat foydali ish bajarishi uchun sarflaydigan yonilg'i massasini ifodalaydi, g/(kVt·soat) birlikda aniqlanadi va stend sinovlari orqali ishlab chiqaruvchi tomonidan tasdiqlangan me'yoriy hujjatlarda ko'rsatiladi [5]. Ikkinchisi — ekspluatatsion yonilg'i sarfi me'yori (Q_{100}), avtomobilning real harakat sharoitida 100 km masofaga sarflaydigan yonilg'i miqdorini ifodalaydi. Ushbu ko'rsatkich dizel avtomobillari uchun l/100 km, siqilgan tabiiy gaz (STG) bilan ishlovchi avtomobillar uchun esa $m^3/100$ km birliklarida aniqlanadi [2; 11].

Ushbu ikki ko'rsatkich o'rtasidagi farq metodologik jihatdan muhimdir. Dvigatelning samarali solishtirma yonilg'i sarfi g_e asosan dvigatelning konstruktiv va termodinamik samaradorligini tavsiflaydi. Ekspluatatsion yonilg'i sarfi (Q_{100}) esa avtomobilning real yo'l sharoitida harakatlanishi, yuklanish darajasi, tashqi havo harorati, yo'l qiyaligi, harakat tezligi va haydovchining boshqaruv uslubi kabi omillar ta'sirida shakllanadi [11; 32].

Dvigatelning samarali solishtirma yonilg'i sarfi laboratoriya yoki stend sharoitida aniqlangani sababli unda yo'l sharoiti, avtomobilning haqiqiy yuklanishi, haydovchining boshqaruv uslubi va tashqi muhit ta'siri to'liq aks etmaydi. Ekspluatatsion yonilg'i sarfi esa transport vositasining real ish jarayonidagi umumiy

energiya talabi bilan bog'liq bo'lib, avtomobil massasining ortishi, yo'l qiyaligi, tezlanish-tormozlanish rejimlari, harorat va yordamchi agregatlar ishiga ta'sir qiladi.

Mazkur farq dissertatsiya ishida obyektlarni to'g'ri tanlash zaruratini belgilaydi. Agar tadqiqot faqat bir xil yuk toifasidagi yoki bir xil yonilg'i turidagi avtomobillar bilan cheklansa, olingan natijalarni umumlashtirish imkoniyati kamayadi. Shu bois tanlangan obyektlar o'rta vaznli STG avtomobili, og'ir dizel avtomobili va yuqori yuk ko'tarish qobiliyatiga ega og'ir dizel avtomobilini qamrab oladi. Bunday tanlov yonilg'i turi va yuk ko'tarish qobiliyatining yonilg'i sarfiga ta'sirini qiyosiy tahlil qilish imkonini beradi [11; 32; 50].

Bundan tashqari, real ekspluatatsion sharoitda yonilg'i sarfini baholashda avtomobilning zavod pasportidagi bazaviy me'yorini yakuniy ko'rsatkich sifatida qabul qilish yetarli emas. Bazaviy me'yor faqat boshlang'ich hisoblash nuqtasi vazifasini bajaradi. Haqiqiy sharoitda esa ushbu me'yor harorat, yuklanish, relyef va harakat rejimi bo'yicha tuzatish koeffitsiyentlari bilan aniqlashtirilishi lozim. Shu jihatdan 2.1-bo'limda tanlangan avtomobillarning texnik ko'rsatkichlari keyingi bo'limlarda ishlab chiqiladigan matematik modelning asosiy kirish parametrlari sifatida xizmat qiladi.

Mazkur dissertatsiyaning ilmiy yangiligi aynan ushbu ikki ko'rsatkich hamda ekspluatatsion tuzatish koeffitsiyentlari o'rtasidagi bog'lanishni Surxondaryo viloyatining yuqori haroratli va murakkab relyefli sharoiti uchun moslashtirishdan iborat.

Tadqiqot obyektlari sifatida O'zbekiston Respublikasining yuk tashish tizimida keng foydalanilayotgan va turli yuk toifalarini qamrab oluvchi uchta avtomobil modeli tanlab olindi: Isuzu NQR75 (STG), MAN TGS 33.360 (dizel) va HOWO A7 6×4 (dizel). Ushbu modellarni tanlash quyidagi to'rt mezonning to'liq qondirilishiga asoslanadi:

❖ yuk toifasi: o'rta vaznli (Isuzu NQR75, to'la massa 8 000 kg) va og'ir vaznli (MAN TGS 33.360 — 33 000 kg; HOWO A7 — 41 000 kg) yuk ko'taruvchi avtomobillarni qamrab olish;

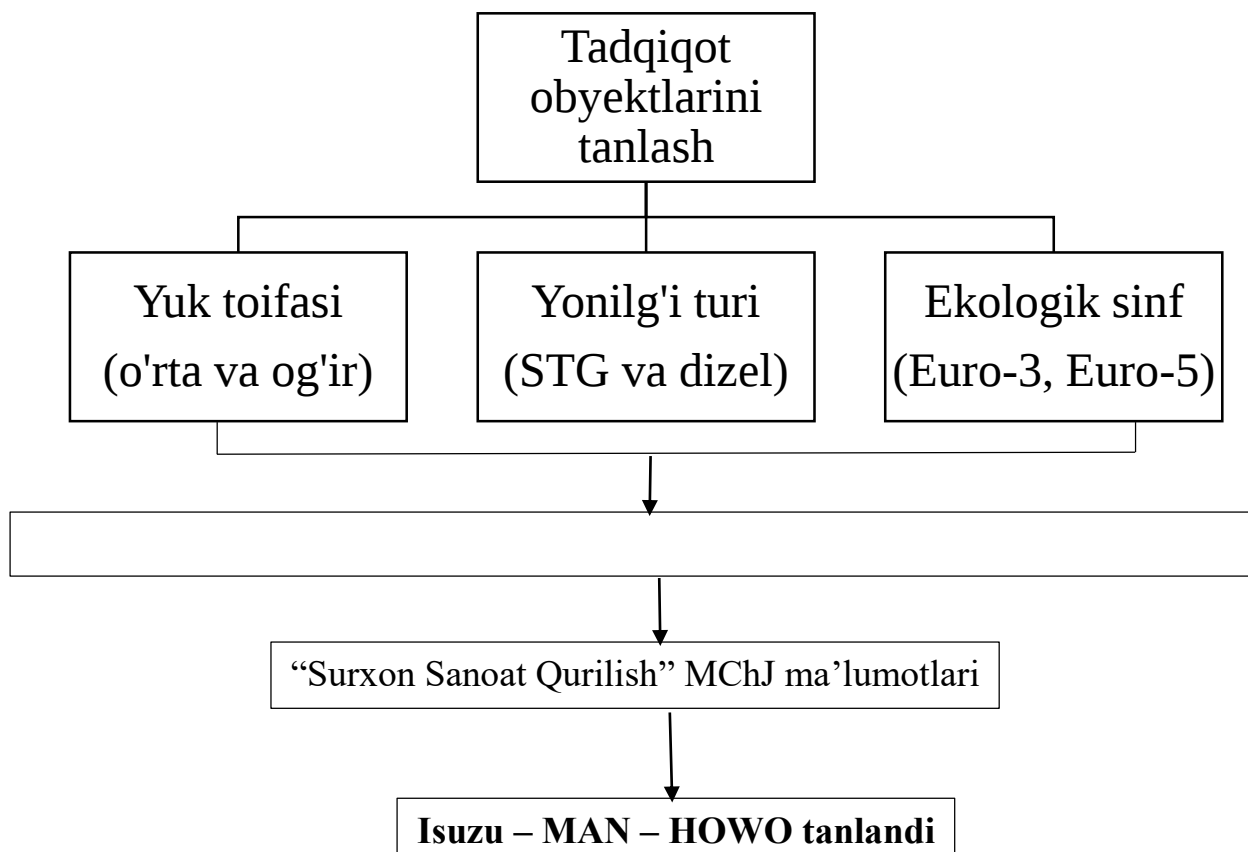
- ❖ yonilg'i turi: dizel va STG yonilg'ilari bo'yicha qiyosiy tahlil imkoniyati;
- ❖ ekologik standart: Euro-3/4 dan Euro-5 gacha bo'lgan modellarni qamrab olish;
- ❖ ishlab chiqarish bo'yicha: mahalliyashtirilgan (Isuzu va MAN — «SamAuto QK» va «Uz Truck and Bus Motors» korxonalari, Samarqand) va import (HOWO A7 — Sinotruk, Xitoy) modellarini birga o'rganish [40].

Tanlangan uchta avtomobil modeli o'zaro texnik va ekspluatatsion jihatdan farqlangani sababli ular asosida yonilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarni keng miqyosda baholash mumkin. Isuzu NQR75 modeli o'rta vaznli yuk avtomobili sifatida shahar atrofi va viloyat ichki yo'nalishlarida yuk tashishda qo'llaniladi. Uning STG, ya'ni siqilgan tabiiy gazda ishlashi tadqiqotda alternativ yonilg'i turining ekspluatatsion sarfiga ta'sirini baholash imkonini beradi. Tabiiy gaz yonilg'isida ishlovchi dvigatellarda yonilg'i-havo aralashmasining shakllanishi, yonish tezligi va issiqlik ajralish jarayoni dizel dvigatellariga nisbatan farq qiladi. Shu sababli Isuzu NQR75 modelining tadqiqotga kiritilishi yonilg'i turiga bog'liq qiyosiy tahlil uchun muhimdir [50].

MAN TGS 33.360 modeli og'ir yuk tashishga mo'ljallangan dizel avtomobili sifatida tanlandi. Ushbu modelning to'la massasi va dvigatel quvvati yuqori bo'lgani sababli u relyef, yuklanish va harakat tezligi o'zgarishlariga sezgir hisoblanadi. Ayniqsa, tog'li-adirli yo'llarda bunday avtomobillarda yo'l qiyaligini yengish uchun talab etiladigan quvvat ortadi. Bu holat yonilg'i sarfini modellashtirishda avtomobil massasini va dvigatel quvvatini alohida parametr sifatida hisobga olish zarurligini ko'rsatadi [32; 59].

HOWO A7 6×4 modeli esa yuqori yuk ko'tarish qobiliyatiga ega import og'ir yuk avtomobili sifatida tadqiqotga kiritildi. Uning MAN TGS 33.360 modeliga nisbatan to'la massasi va yuk ko'tarish qobiliyati yuqoriroq bo'lgani sababli og'ir yuk tashish jarayonida yonilg'i sarfining yuk massasiga bog'liq o'zgarishini baholash uchun qulay obyekt hisoblanadi. Shu bilan birga, mahalliyashtirilgan va import avtomobillarni birgalikda o'rganish O'zbekiston sharoitida turli ishlab

chiqaruvchilarga mansub texnik vositalarning ekspluatatsion moslashuvchanligini solishtirish imkonini beradi [40; 60].



2.1-rasm. Tadqiqot obyektlarini tanlash algoritmi

Izoh: Diagrammada tadqiqot obyektlarini tanlashda qabul qilingan asosiy texnik mezonlar va ularning mahalliy ekspluatatsiya sharoitidagi mantiqiy ketma-ketligi ifodalangan.

Bundan tashqari, ushbu avtomobillar bo'yicha Surxondaryo viloyatining Surxon Sanoat Qurilish MChJ dan olingan arxiv ma'lumotlari mavjudligi tadqiqotning ishonchliligini ta'minlaydi [40]. Isuzu va MAN brendlarining O'zbekistonda mahalliyashtirilganligi esa tadqiqot natijalarining mahalliy avtomobilsozlik sanoati uchun bevosita amaliy ahamiyat kasb etishini ta'minlaydi.

Tadqiqot obyektlarining to'liq texnik ko'rsatkichlari

2.1-jadval

Ko'rsatkich	Isuzu NQR75	MAN TGS 33.360	HOWO A7 6×4
Ishlab chiqaruvchi	“SamAuto” QK (O'zbekiston)	“Uz Truck and Bus Motors” (O'zbekiston)	Sinotruk Group (Xitoy)
Dvigatel modeli	4HV1	D2066 LF	D10.38-50
Yonilg'i turi	STG (siqilgan metan)	Dizel	Dizel
Dvigatel hajmi, litr	4,570	10,518	9,726
Nominal quvvat, o.k. (kVt)	130 (96)	360 (265)	380 (279)
To'la ruxsat etilgan massa, kg	8 000	33 000	41 000
Avtomobilning o'z vazni, kg	3 000	13 000	15 000
Yuk ko'tarish qobiliyati, kg	5 000	20 000	26 000
Ekologik sinf	Euro-5	Euro-3/Euro-4	Euro-5
Bazaviy yonilg'i sarfi (zavod me'yori)	22,0 m ³ /100 km	40,0 l/100 km	38,0 l/100 km
Yonilg'i baki/ballonlari hajmi	2×150 l (gaz ballon)	300 l	400 l
Ishlab chiqarilgan joy	SamAuto QK, Samarqand	Uz Truck and Bus Motors, Samarqand	Sinotruk, Xitoy (import)

Manba: ishlab chiqaruvchi zavodlarning texnik pasportlari va «Surxon Sanoat Qurilish» MChJ arxiv hujjatlari [40].

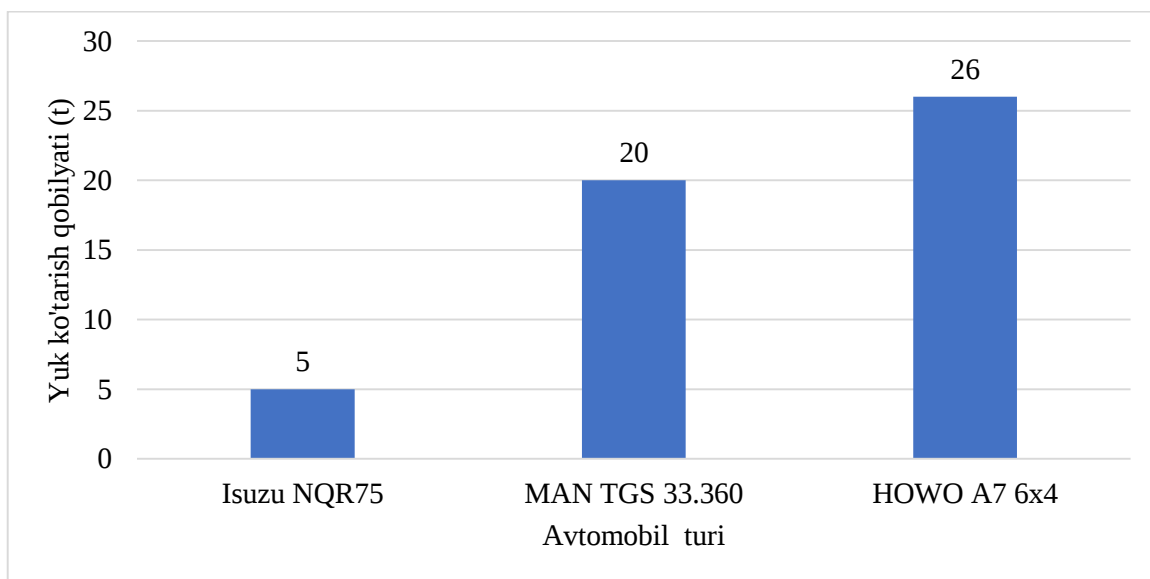
2.1-jadvalda keltirilgan texnik parametrlar keyingi hisoblash bosqichlari uchun bevosita amaliy ahamiyatga ega. Jumladan, dvigatel hajmi va nominal quvvat avtomobilning tortish imkoniyatini, to'la ruxsat etilgan massa va avtomobilning o'z vazni esa yuklanish koeffitsiyentini aniqlashda asosiy ko'rsatkich bo'lib xizmat qiladi. Bazaviy yonilg'i sarfi esa real ekspluatatsion sharoitda aniqlangan haqiqiy sarf bilan taqqoslash uchun boshlang'ich me'yor sifatida qabul qilinadi.

Ushbu jadvaldagi ma'lumotlar asosida har bir avtomobil uchun yuklanish darajasini quyidagi mantiqiy bog'lanish orqali baholash mumkin: avtomobilning haqiqiy yuk massasi uning ruxsat etilgan yuk ko'tarish qobiliyatiga nisbatan

aniqlanadi. Bu ko'rsatkich 2.2-bo'limda yonilg'i sarfiga ta'sir etuvchi asosiy ekspluatatsion omillardan biri sifatida modelga kiritiladi. Chunki yuk massasi ortgani sari avtomobilning dumalashga qarshilik kuchi, tezlanish uchun talab etiladigan energiya va yo'l qiyaligini yengish uchun zarur tortish kuchi ortadi [32; 59].

Shuningdek, jadvalda keltirilgan yonilg'i turi ko'rsatkichi dizel va STG yonilg'ilarining qiyosiy tahlilini amalga oshirish imkonini beradi. Dizel dvigatellari odatda yuqori siqish darajasi va katta aylantiruvchi momenti bilan og'ir yuk tashish sharoitida samarali ishlaydi. STG bilan ishlovchi avtomobillarda esa ekologik ko'rsatkichlar nisbatan yaxshiroq bo'lishi mumkin, biroq issiq iqlim, gaz ballonlari massasi va yonilg'i-havo aralashmasining shakllanish xususiyatlari ekspluatatsion sarfga alohida ta'sir ko'rsatadi [5; 50; 60].

2.1-jadval va 2.2-rasmdan ko'rinadiki, tanlangan obyektlar yuk ko'tarish qobiliyati bo'yicha 5 000 kg (o'rta vaznli) dan 26 000 kg (og'ir vaznli) gacha bo'lgan keng oraliqni qamrab oladi.



2.2-rasm. Tadqiqot obyektlarining yuk ko'tarish qobiliyatlari

Dvigatel hajmining 4,57 litrdan (Isuzu NQR75) 10,52 litrgacha (MAN TGS 33.360) o'zgarishi termodinamik tahlil uchun keng ko'lamli solishtirma imkoniyat yaratadi. STG bilan ishlovchi Isuzu NQR75 va dizel dvigatelli MAN TGS 33.360

hamda HOWO A7 6×4 modellarining bir tadqiqot doirasida o'rganilishi yonilg'i turlari bo'yicha qiyosiy metodologiyani ishlab chiqish imkonini beradi.

Tanlangan tadqiqot obyektlari orqali o'rta va og'ir vaznli yuk avtomobillarining yonilg'i sarfiga ta'sir etuvchi omillarni bosqichma-bosqich modellashtirish imkoniyati yuzaga keladi. Birinchi bosqichda har bir avtomobil uchun bazaviy texnik ko'rsatkichlar aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda ushbu ko'rsatkichlar ekspluatatsion omillar — tashqi havo harorati, yo'l qiyaligi, yuklanish darajasi va harakat tezligi bilan bog'lanadi. Uchinchi bosqichda esa hisoblangan nazariy natijalar real ekspluatatsion ma'lumotlar bilan solishtiriladi.

Mazkur yondashuv tadqiqot obyektlarini oddiy texnik tavsif darajasida emas, balki matematik modelning empirik bazasi sifatida qarash imkonini beradi. Bunda Isuzu NQR75 modeli o'rta vaznli STG avtomobillar uchun, MAN TGS 33.360 modeli og'ir dizel avtomobillar uchun, HOWO A7 6×4 modeli esa katta yuk ko'tarish qobiliyatiga ega import dizel avtomobillar uchun solishtirma obyekt vazifasini bajaradi. Natijada taklif etilayotgan model faqat bitta avtomobil markasiga bog'lanib qolmaydi, balki turli massali va turli yonilg'i turidagi yuk avtomobillari uchun umumlashtirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

2.1-bo'limda tanlangan obyektlar keyingi 2.2 va 2.3-bo'limlarda bajariladigan nazariy hisoblash, analitik modellashtirish va real ekspluatatsion sarfni baholash jarayonlari uchun asosiy ma'lumotlar bazasini tashkil etadi. Aynan shu sababli mazkur bo'lim dissertatsiyaning metodik poydevori hisoblanadi.

Tadqiqotning keyingi bosqichlarida ushbu avtomobillarning yonilg'i sarfiga havo harorati, yo'l qiyaligi, yuklanish darajasi va harakat tezligi kabi omillarning ta'siri matematik modellar asosida tahlil qilinadi (2.2-bo'lim), Surxondaryo viloyatining janubiy hududlari sharoitiga moslashtirilgan yonilg'i sarfi normativlarini shakllantirish metodikasi ishlab chiqiladi (2.2–2.3-bo'limlarda).

2.2. Yonilg'i sarfining nazariy va analitik modeli

Mazkur bo'limning maqsadi Surxondaryo viloyatining ekstremal issiq iqlimi va murakkab relyef sharoitlarida o'rta va og'ir vaznli yuk avtomobillarining

ekspluatatsion yonilg'i sarfini baholash uchun analitik matematik model shakllantirishdan iborat. Birinchi bobda o'tkazilgan adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, real yonilg'i sarfi faqat dvigatelning konstruktiv xususiyatlariga emas, balki harorat, tashish jarayonidagi yuk massasi va relyef omillarining birgalikdagi ta'siriga bog'liqdir [11; 16]. Mazkur tadqiqotda V.A. Rogachev tomonidan sovuq iqlim uchun ishlab chiqilgan bo'lakli-chiziqli model (KLM) Surxondaryo viloyatining issiq iqlim sharoitlariga moslashtirilgan. [15].

Mazkur modelni shakllantirishda yonilg'i sarfi avtomobilning faqat zavod ma'lumotlarida ko'rsatilgan bazaviy me'yoriga bog'liq bo'lgan ko'rsatkich sifatida emas, balki real ekspluatatsion sharoitlarda o'zgaruvchi dinamik ko'rsatkich sifatida qaraldi. Bunday yondashuv o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarda yonilg'i sarfini baholash bo'yicha zamonaviy tadqiqotlarda keng qo'llaniladi. Chunki real harakat sharoitida yonilg'i sarfiga havo harorati, avtomobilning yuklanganlik darajasi, yo'l qiyaligi, harakat tezligi, aerodinamik qarshilik va yordamchi agregatlar yuklamasi birgalikda ta'sir ko'rsatadi [11; 32; 59; 60].

Ushbu dissertatsiyada bazaviy yonilg'i sarfi ($Q_{bazaviy}$) mo'tadil sharoit uchun boshlang'ich qiymat sifatida qabul qilinadi. Keyingi bosqichda esa ushbu qiymat harorat koeffitsiyenti (K_t), yuk koeffitsiyenti (K_m) va relyef koeffitsiyenti (K_α) orqali aniqlashtiriladi. Bunda har bir koeffitsiyent alohida fizik mazmunga ega: harorat koeffitsiyenti dvigatelga kiruvchi havo zichligi va sovutish tizimi yuklamasini, yuk koeffitsiyenti avtomobil massasining ortishini, relyef koeffitsiyenti esa yo'l qiyaligi va balandlik omillarini hisobga oladi.

Harorat koeffitsiyentining shakllanishi

Surxondaryo viloyatining yozgi sharoitida ($T_{max} = +48\text{ }^\circ\text{C}$) dvigatel yonilg'i sarfiga ta'sir qiluvchi termodinamik yo'qotishlar uchta mustaqil omildan tashkil topadi [5; 11; 20].

$\Delta K_1 = 0,087$ — havo zichligi kamayishining ta'siri: dengiz sathidan 345 m balandlikda (+48 °C da) havo zichligi standart sharoitga nisbatan 8,7% ga kamayadi, bu esa dvigatel silindrlariga kiradigan havo miqdorining kamayishiga olib keladi;

$\Delta K_2 = 0,025$ — yuqori haroratning dvigatel ish jarayoniga ta'siri: harorat ortishi natijasida yonish va issiqlik almashinuvi sharoitlari o'zgarib, yonilg'idan foydalanish samaradorligi 2,5% ga kamayadi;

$\Delta K_3 = 0,020$ — yordamchi agregatlar yuklamasining ta'siri: +45 °C dan yuqori haroratlarda konditsioner kompressori va dvigatel sovutish tizimining intensiv ishlashi natijasida dvigatel quvvatining qo'shimcha 2,0% qismi sarflanadi [25; 26].

Mazkur uchta komponentning ta'siri ko'paytma yondashuv asosida quyidagicha hisoblanadi [5]:

$$K_t = (1 + \Delta K_1) \cdot (1 + \Delta K_2) \cdot (1 + \Delta K_3) - 1 \quad (2.1)$$

$$K_t = 1,087 \cdot 1,025 \cdot 1,020 - 1 \approx 0,137$$

Demak, dizel dvigatellari uchun Surxondaryo viloyatining ekstremal yozgi sharoitida harorat koeffitsiyenti $K_t = 0,137$ (13,7%) ni tashkil etadi. Bu ko'rsatkich amaldagi me'yoriy hujjatlaridagi statik 10% issiq iqlim ustamasi [13] dan sezilarli darajada yuqori bo'lib, real ekspluatatsion sharoitni aniqroq aks ettiradi.

Siqilgan tabiiy gaz (STG) bilan ishlaydigan dvigatellarda dizel uchun mavjud uchta omildan tashqari ikki qo'shimcha ta'siri ham kuzatiladi: gaz-havo aralashmasining silindr ishchi hajmida $\approx 9,5\%$ ulushni egallashi ($\Delta K_{\text{gaz}} = 0,095$) va gaz aralashmasining yuqori qovushqoqligi sababli hajmiy to'ldirish koeffitsiyentining qisman qisqarishi ($\Delta \eta_v \approx 0,04$) [5; 20]:

$$K_t(\text{STG}) = (1 + \Delta K_1) \cdot (1 + \Delta K_2) \cdot (1 + \Delta K_3) \cdot (1 + \Delta K_{\text{gaz}}) \cdot (1 - \Delta \eta) - 1 \quad (2.2)$$

$$K_t(\text{STG}) = 1,087 \cdot 1,025 \cdot 1,020 \cdot 1,095 \cdot 0,960 - 1 \approx 0,195 \approx 0,200.$$

STG bilan ishlaydigan dvigatellarda haroratning ta'siri dizel dvigatellariga nisbatan murakkabroq namoyon bo'ladi. Buning asosiy sababi shundaki, gaz holatidagi yonilg'i silindrga kiruvchi havoning ma'lum bir hajmini egallaydi. Natijada silindrga kiradigan sof havo massasi kamayadi va dvigatelning hajmiy to'ldirish koeffitsiyenti pasayadi.

Tabiiy gazda ishlaydigan dvigatellarda yonilg'i-havo aralashmasining shakllanishi, aralashmaning yonish tezligi va issiqlik ajralish jarayoni dizel

dvigatellaridan farq qiladi. Shu sababli STG dvigatellari uchun harorat koeffitsiyentini aniqlashda faqat tashqi havo zichligining kamayishini emas, balki gaz-havo aralashmasining silindr hajmidagi ulushi va to'ldirish koeffitsiyentining o'zgarishini ham hisobga olish zarur [50; 61].

Empirik kuzatuvlar va ekspluatatsion ma'lumotlari bilan izchillikni ta'minlash maqsadida [40] keyingi hisob-kitoblarda STG uchun ishchi qiymat sifatida $K_t(STG) = 0,200$ qabul qilinadi.

Bo'lakli-chiziqli modelning issiq iqlimga moslashtirilishi

V.A. Rogachev [15] tomonidan ishlab chiqilgan bo'lakli-chiziqli matematik modelning mohiyati shundan iboratki, yonilg'i sarfining haroratga bog'liqligi yagona chiziqli funksiya bilan emas, balki ma'lum bir kritik haroratdan keyin o'zgarish sur'ati boshqacha bo'ladigan bo'lakli-chiziqli bog'lanish orqali ifodalanadi [32]. V.A. Rogachev tomonidan taklif etilgan bo'lakli-chiziqli modellashtirish yondashuvi asosida Surxondaryo viloyatining issiq iqlim sharoitlariga moslashtirilgan matematik model ishlab chiqildi. Uning ko'rinishi quyidagicha:

$$Q_{\text{ter}} = \begin{cases} Q_0, & \text{agar } T \leq T_{kr} \\ Q_0 \times \left(1 + K_t \cdot \left(\frac{T - T_{kr}}{T_{\text{max}} - T_{kr}}\right)\right) & \text{agar } T > T_{kr} \end{cases} \quad (2.3)$$

Bu yerda

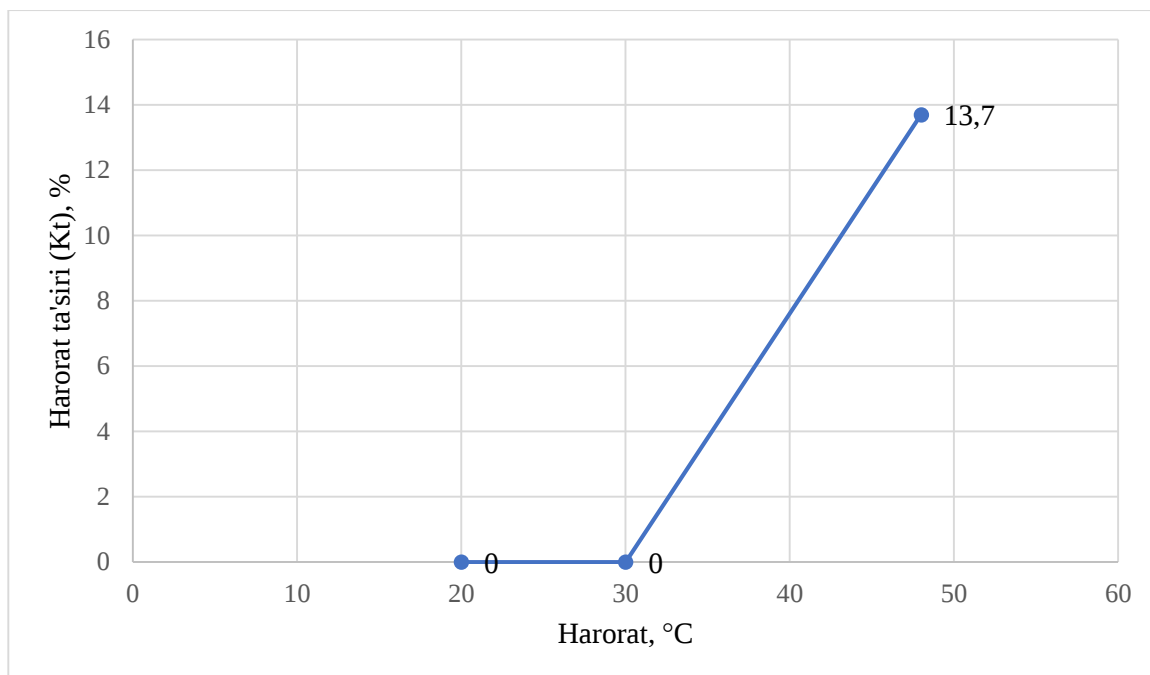
Q_0 — bazaviy yonilg'i sarfi mo'tadil iqlimda (+20° C), l/100 km;

T_{kr} — kritik harorat = +30 °C (1.3-paragrafda asoslangan; undan past haroratlarda termodinamik yo'qotishlar e'tiborga olinmas darajada kichik) [11, 14];

T_{max} — Surxondaryo viloyatining maksimal yozgi harorati = +48 °C [30];

K_t — harorat koeffitsiyentining yakuniy qiymati (dizel uchun 0,137; STG uchun 0,200).

Ushbu moslashtirilgan modelda +30 °C gacha zavod normasi to'liq saqlanadi, undan yuqori haroratlarda esa termik yo'qotishlar o'sib boradi va +48 °C da K_t ning to'liq qiymati yonilg'i sarfiga qo'shiladi.



2.3-rasm. Dizel dvigatellari uchun yonilg'i sarfining haroratga bog'liqlik grafigi (KLM modeli)

2.3-rasmdan ko'rinadiki, avtomobil ekspluatatsiyasida havo harorati T_{kr} — kritik harorat = +30 °C gacha ko'tarilganda yonilg'i sarfiga qo'shimcha ta'sir ko'rsatmaydi (0%). Biroq, harorat kritik nuqtadan o'tib, janubiy hududlarning maksimal yozgi harorati (+48 °C) ga yetganda, termodinamik yo'qotishlar chiziqli ravishda o'sib, yonilg'i sarfining 13,7% gacha ortishiga olib keladi.

Yuk koeffitsiyenti

Avtomobilning tashish jarayonidagi yuk massasi yonilg'i sarfiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Yuk omili yuk ko'tarish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti (β) bilan chiziqli bog'liqlikda ifodalanadi [12; 13; 33]:

$$K_m = k_m \cdot \beta, \quad \beta = \frac{q_{haq}}{q_y} \quad (2.4)$$

Bu yerda

k_m — 0,40 — yuk omili uchun empirik mutanosiblik koeffitsiyenti (1.7-jadvaldagi yuqori chegara, to'la yuk holatiga mos);

β — yuk ko'tarish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti (0...1);

q_{haq} , q_y — haqiqiy yuk va yuk ko'tarish qobiliyati, tonna.

Yuk koefitsiyentining modelga kiritilishi avtomobil massasining ortishi bilan harakatga qarshilik kuchlari ham ortishi bilan izohlanadi. Yuk massasi ko‘payganda dumalashga qarshilik kuchi, tezlanish uchun talab etiladigan inersion energiya va yo‘l qiyaligini yengish uchun zarur bo‘lgan tortish kuchi oshadi. Shu sababli yuk ko‘tarish qobiliyatidan foydalanish koefitsiyenti (β) ekspluatatsion yonilg‘i sarfini baholashda asosiy omillardan biri hisoblanadi [12; 59].

Modelda $K_m = 0,40$ qiymatining qabul qilinishi to‘la yuklangan avtomobilda yonilg‘i sarfining bo‘sh yoki qisman yuklangan holatga nisbatan sezilarli ortishini hisobga olishga qaratilgan. Ushbu qiymat amaldagi me‘yorlash yondashuvlari va o‘rta hamda og‘ir yuk avtomobillarining energiya sarfi bo‘yicha umumlashtirilgan tadqiqot natijalari bilan mos keladi [13; 60]. Biroq amaliy qo‘llashda mazkur koefitsiyent korxonaning real yo‘l varaqalari va ekspluatatsion jurnallari asosida aniqlashtirilishi mumkin [40].

Avtomobil bo‘sh yurishidan to‘la yukli yurishgacha bo‘lgan barcha oraliq holatlarni qamrab oladi va ekspluatatsion hisob-kitoblar uchun yetarli aniqlikni ta‘minlaydi [13].

Relyef koefitsiyenti

Yo‘l qiyaligi va mutlaq balandlikning birgalikdagi ta‘siri quyidagicha ifodalanadi [11; 13; 34; 35]:

$$K_{\alpha} = k_{\alpha 1} \cdot i + k_{\alpha 2} \cdot \left(\frac{h}{1000} \right) \quad (2.5)$$

Bu yerda

i — yo‘lning o‘rtacha qiyaligi, %;

h — yo‘nalishning o‘rtacha mutlaq balandligi, m;

$k_{\alpha 1}$ — 0,025 qiyalik komponentining empirik koefitsiyenti;

$k_{\alpha 2}$ — 0,050 balandlik komponentining empirik koefitsiyenti (atmosfera bosimi pasayishi hisobiga).

Mazkur koefitsiyentlar Rogachev, Rakha hamda og‘ir yuk avtomobillari energiya sarfi modellari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalarini umumlashtirish asosida qabul qilindi.

Relyef koeffitsiyentini modelga kiritishning zarurati shundan iboratki, yoʻlning boʻylama qiyaligi oshganda avtomobilning tortish kuchiga boʻlgan talabi ortadi. Ogʻir yuk avtomobillarida bu taʼsir yengil avtomobillarga nisbatan sezilarliroq boʻladi, chunki toʻla massa va yuk massasi ortgani sari qiyalikni yengish uchun talab etiladigan quvvat ham ortadi. Shu sababli togʻli-adirli hududlarda yonilgʻi sarfini faqat bazaviy meʼyor orqali baholash yetarli emas [32; 34; 59].

Mutlaq balandlikning hisobga olinishi esa atmosfera bosimining pasayishi va dvigatelga kiruvchi havo massasining kamayishi bilan bogʻliq. Balandlik oshgani sari havo zichligi kamayadi, bu esa dvigatelning tortish-dinamik imkoniyatiga va yonilgʻi sarfiga bevosita taʼsir koʻrsatadi. Shu sababli relyef koeffitsiyenti tarkibida yoʻl qiyaligi va mutlaq balandlik birgalikda hisobga olindi [5; 30; 56].

“Surxon Sanoat Qurilish” MChJ avtomobillari Termiz–Muzrabot–Sherobod yoʻnalishida harakatlangani. Mazkur yoʻnalishning ikki qismiga oid topografik koʻrsatkichlar va (2.6)-formula asosida hisoblangan K_{α} qiymatlari 2.2-jadvalda keltirilgan.

Asosiy yoʻnalishning relyef koeffitsiyenti

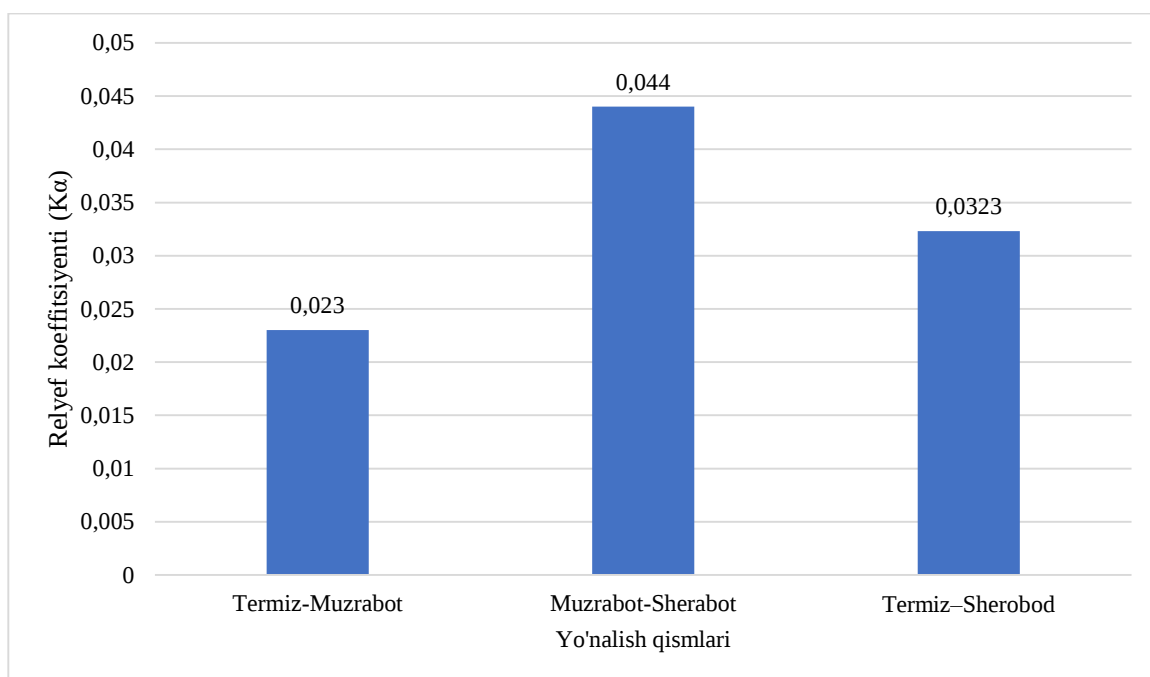
2.2-jadval

Yoʻnalish qismi	Uzunligi, km	Oʻrtacha qiyalik i, %	Oʻrtacha balandlik h, m	K_{α} qiymati
Termiz – Muzrabot (borish)	~55	0,21	360	0,0232
Termiz–Sherobod (borish)	~65	0,65	277	0,0309

Izoh: yoʻnalish K_{α} qiymati ikkala qism uchun oʻrtacha sifatida hisoblangan: $K_{\alpha} = (55 \cdot 0,0230 + 45 \cdot 0,0440) / 100 = 0,0323$. Topografik maʼlumotlar: Oʻzgidrometrya [30] va google xarita maʼlumotlari asosida.

2.2-jadval maʼlumotlari shuni koʻrsatadiki, korxonaning asosiy yoʻnalishida (Termiz–Muzrabot–Sherobod) relyef taʼsiri barqaror boʻlib, integral $K_{\alpha} = 0,0323$ ni

tashkil etadi. Bu ko'rsatkich dengiz sathidan 300–400 m balandlikda joylashgan va o'rtacha qiyaligi 0,6% bo'lgan hududlar uchun belgilangan empirik chegaralarga to'liq mos keladi [13; 34].



2.4-rasm. Relyef koeffitsiyentining (K_α) o'zgarish dinamikasi

Yakuniy analitik model

Yakuniy analitik modelni shakllantirishda uchta asosiy ekspluatatsion omil — harorat, yuklanish va relyef ta'siri mustaqil, biroq o'zaro kuchaytiruvchi omillar sifatida qaraldi. Bunda har bir koeffitsiyent bazaviy yonilg'i sarfiga alohida ta'sir qiladi, ularning ko'paytma shaklida birlashtirilishi esa real ekspluatatsion sharoitda omillarning birgalikdagi ta'sirini aks ettirish imkonini beradi. Masalan, yuqori harorat sharoitida to'la yuklangan avtomobil tog'li-adirli yo'lda harakatlenganda yonilg'i sarfi oddiy yig'indi ko'rinishida emas, balki omillar bir-birini kuchaytiradigan holatda ortadi.

Mazkur modelning afzalligi shundaki, u zavod bazaviy me'yorini inkor etmaydi, balki uni real iqlim, yuklanish va yo'l sharoitlari orqali aniqlashtiradi. Shu bilan birga, model amaliyotda qo'llanilishi uchun har bir koeffitsiyent korxona yo'l varaqalari, GPS ma'lumotlari, yonilg'i quyish hisobotlari yoki ekspluatatsion jurnal ma'lumotlari orqali tekshirilishi lozim. Bunday yondashuv avtomobil transportida

yonilg'i sarfini o'lchash va baholash bo'yicha yo'l sinovi metodikalari bilan mos keladi [38; 39; 40].

Yuqorida tahlil qilingan uchta koeffitsiyentni integratsiya qilish orqali ekspluatatsion yonilg'i sarfini baholashning umumlashtirilgan analitik modeli quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Q_{yakuniy} = Q_0 \cdot (1 + K_t) \cdot (1 + K_m) \cdot (1 + K_\alpha) \quad (2.6)$$

Mazkur (2.6)-ifoda dissertatsiya tadqiqotining asosiy nazariy natijasi hisoblanadi. Ko'paytma shaklida ifodalangan uchta komponent omillarning o'zaro (sinergetik) ta'sirini matematik jihatdan to'g'ri aks ettiradi: har bir keyingi omil avvalgilarining ta'sirini proporsional ravishda kuchaytiradi.

2.3. Tadqiqot obyektlari uchun ekspluatatsion sharoitlarda yonilg'i sarfini hisoblash

Oldingi bo'limlarda ishlab chiqilgan ko'paytmali hisoblash formulasi yonilg'i sarfini bitta umumlashtirilgan harorat, yuk koeffitsiyenti va yo'nalishning o'rtacha qiyaligi asosida aniqlashga xizmat qiladi [12]. Biroq, avtomobil transporti korxonalarining amaliy faoliyatida, ayniqsa issiq iqlim va turli relyef sharoitga ega bo'lgan Janubiy mintaqalarda, ekspluatatsion sharoitlar doimiy o'zgaruvchan xususiyatga ega. Avtomobillar har doim ham to'la yuk bilan harakatlanmaydi aksariyat hollarda qisman yuklanish (yarim yuk) yoki bo'sh qatnovlar kuzatiladi [13]. Qolaversa, mintaqaning issiq harorati kun davomida o'zgarib turadi va bu omil dvigatelning issiqlik balansi hamda havo-yonilg'i aralashmasi sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [14]. Bunday o'zgarishlarni an'anaviy statik formulalar orqali baholash yonilg'i talabining noaniq hisoblanishiga, bu esa o'z navbatida korxonaning iqtisodiy yo'qotishlariga olib keladi.

Mazkur bo'limda tayanch formula haqiqiy qatnov sharoitlariga, kunlik haroratning o'zgarishi va turli yuklanish darajalariga (to'la va yarim yuk) moslashtirilib, har bir tadqiqot obyekti uchun alohida amaliy hisob-kitoblar amalga oshiriladi.

Yo‘nalish bo‘yicha relyef koeffitsiyentini hisoblash

Haqiqiy yo‘l relyefda qiyalik va balandlik ko‘rsatkichlari butun yo‘nalish bo‘yicha bir xil bo‘lmaydi. Shu sababli, yo‘nalishni turli xil balandlikka ega bo‘lgan n ta qismga ajratish va ularning yonilg‘i sarfiga ko‘rsatadigan umumiy qarshiligini masofa bo‘yicha proporsional o‘rtacha sifatida birlashtirish ilmiy jihatdan asoslangan va aniqroq natija beradi [15]. Har bir j -qismning relyef koeffitsiyenti va umumiy yo‘nalishning oraliq koeffitsiyentlari 2.5 – formula asosida aniqlanadi.

$$K_{\alpha(yorn)} = \frac{\sum K_{\alpha,j} \cdot s_j}{S} \quad (2.7)$$

Bu yerda

$K_{\alpha,j}$ — j -qismning (2.8)-formula bo‘yicha hisoblangan relyef koeffitsiyenti;

s_j — j -qismning uzunligi, km;

S — yo‘nalishning umumiy uzunligi ($S = \sum s_j$), km;

n — qismlar soni.

Termiz–Sherobod yo‘nalishi uchun hisob-kitob

Joylashuviga ko‘ra [16], Termiz–Sherobod yo‘nalishining bir tomonlama masofasi $S = 65$ km bo‘lib, relyef jihatdan ikkita asosiy qismdan iborat. Haqiqiy relyef ma’lumotlar asosida (Termiz: ~302 m, Sherobod tumani: ~400–600 m) har bir hududning o‘rtacha mutloq balandligi qayta aniqlandi va formulaga asosan relyef koeffitsiyentlari hisoblab chiqildi:

$$K_{\alpha(yorn)} = \frac{0,01825 \cdot 35 + 0,04575 \cdot 30}{65} \sim 0,0309$$

1-qism (tekislik):

$s_1 = 35$ km,

o‘rtacha qiyalik $i_1 = 0,33\%$,

mutlaq balandlik $h_1 = 200$ m:

$$K_{\alpha 1} = 0,025 \cdot 0,33 + 0,050 \cdot \left(\frac{200}{1000} \right) = 0,01825$$

2-qism (qiyalik):

$s_2 = 30$ km,

o'rtacha qiyalik $i_2 = 1,03\%$,

mutlaq balandlik $h_2 = 400$ m:

$$K_{\alpha 2} = 0,025 \cdot 1,03 + 0,050 \cdot \left(\frac{400}{1000} \right) = 0,04575$$

Olingan koeffitsiyentlar asosida yo'nalish relyef koeffitsiyenti:

$$K_{\alpha(yorn)} = \frac{0,01825 \cdot 35 + 0,04575 \cdot 30}{65} \sim 0,0309$$

Termiz–Muzrabot yo'nalishi uchun hisob-kitob:

Termiz–Muzrabot yo'nalishi ($S = 55$ km) uchun haqiqiy ma'lumotlar asosida: Termiz balandligi 302 m, Muzrabot (Xalqobod) tumani ~ 420 m; o'rtacha balandlik ~ 360 m, qiyalik $\sim 0,21\%$:

$$K_{\alpha} = 0,025 \cdot 0,21 + 0,050 \cdot \left(\frac{360}{1000} \right) \sim 0,0233$$

Aynan shu metodika asosida olingan yakuniy ko'rsatkichlar 2.5-jadvalda umumlashtirildi.

Yo'nalish relyefini bitta umumiy qiymat bilan emas, balki alohida qismlar bo'yicha baholash hisob-kitob aniqligini oshiradi. Chunki yo'lning ayrim qismlarida qiyalik kichik bo'lsa, boshqa qismlarida avtomobilning tortish kuchiga bo'lgan talabi ortadi. Ayniqsa og'ir yuk avtomobillari uchun qiyalikning kichik o'zgarishi ham dvigatel yuklamasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli Termiz–Sherobod yo'nalishi tekislik va qiyalik qismlariga ajratildi, Termiz–Muzrabot yo'nalishi esa nisbatan tekis relyef sifatida alohida baholandi [34; 59].

Bunda yo'nalishning umumiy relyef koeffitsiyenti masofa bo'yicha proporsional o'rtacha qiymat sifatida qabul qilindi. Ushbu usul real marshrutning alohida qismlaridagi qiyalik va balandlik ta'sirini yakuniy yonilg'i sarfi modeliga kiritish imkonini beradi. Natijada hisoblangan koeffitsiyentlar transport korxonasining haqiqiy qatnov yo'nalishlariga yaqinlashtiriladi [30; 32; 40].

Asosiy magistral yo‘nalishlar bo‘yicha tarkibiy va yaxlit K_α qiymatlari

2.5-jadval

Yo‘nalish nomi	Uzunlik S (s_j), km	O‘rtacha qiyalik (i_j), %	Mutlaq balandlik (h_j), m	Relyef koeffitsiyenti K_α
Termiz-Muzrabot (Umumiy)	55	0,21	360	0.0232
Termiz-Sherobod (Umumiy)	65	0,65	277	0.0309
– 1-qism (tekislik)	35	0,33	200	0.0183
– 2-qism (qiyalik)	30	1,03	400	0.0458

Izoh: Umumiy yo‘nalish qatorlaridagi qiyalik va balandlik ko‘rsatkichlari masofa bo‘yicha proporsional o‘rtacha sifatida keltirilgan).

Aylanma qatnov yonilg‘i me‘yorini aniqlash usuli

Avtomobilning obyektga bo‘sh borib, ortga to‘la yuk bilan qaytishi eng keng tarqalgan bo‘lib, bu holat mavjud statik me‘yorlarda to‘g‘ri hisobga olinmaydi. Jumladan, “Surxon Sanoat Qurilish” MChJning HOWO A7 6x4 va MAN TGS 33.360 avtomobillari Termiz shahridan bo‘sh holatda yo‘lga chiqib, Sherobod tumanidagi karyerdan qum-shag‘al hamda Muzrabot tumanidan shivin yuklab qaytadi.

Taklif etilgan aylanma qatnov formulasi Wang va Rakha (2017) hamda Zhou va boshqalar (2016) tomonidan og‘ir tonnajli avtomobillar uchun ishlab chiqilgan ko‘paytmali yonilg‘i sarfi modellarining modifikatsiyasi sifatida shakllantirildi. Ushbu mualliflar mustaqil omillar ta‘sirini qo‘shish emas, balki ko‘paytish orqali ifodalashni tavsiya etadilar, chunki omillarning amaliy ta‘siri kompleks xususiyat kasb etadi — haroratning ortishi og‘ir yuk bilan birga umumiy sarfni yig‘indi emas, ko‘paytma tarzida oshiradi.

Matematik modelda kritik haroratning (30 °C) burilish nuqtasi sifatida olinishi faqatgina statistik kuzatuvlarga emas, balki dvigatelning issiqlik balansi va yordamchi agregatlar ish rejimining keskin o‘zgarishiga asoslanadi. Zamonaviy dizel dvigatellarida (xususan, MAN D2066 va HOWO D10 modellarida) turbokompressordan chiqayotgan havoni sovitish uchun oraliq havo sovitkich (Charge Air Cooler) tizimi qo‘llaniladi. Atrof-muhit harorati 30 °C dan oshganda,

Issiqlik almashinuvchi radiatorlar sirtida harorat farqi qisqarishi hisobiga oraliq sovitkichning havo sovitish samaradorligi pasayadi. Natijada silindrga kirayotgan havoning zichligi tushib ketadi. Bundan tashqari, ushbu harorat chegarasidan boshlab dvigatel sovitish tizimi ventilyatorining yuritmasi maksimal ish rejimiga o'tadi, bu esa dvigatelning foydali quvvatining bir qismini yordamchi agregatlarga yo'naltiradi. Shu bilan birga, konditsioner kompressori ham deyarli uzluksiz yuklama ostida ishlay boshlaydi. Natijada yordamchi tizimlarga sarflanadigan quvvat ortib, avtomobilning umumiy yonilg'i sarfi ko'payadi. Shu sabablarning kompleks ta'siri natijasida, havo harorati 30 °C dan oshgach, o'zgaruvchan issiqlik yo'qotishlari hisobiga avtomobilning haqiqiy yonilg'i sarfi grafikda keskin o'suvchi ko'rsatkichni namoyon etadi.

Ko'paytma tuzilishi: Harorat (K_t), yuk massasi (K_m) va relyef (K_α) omillari fizik jihatdan mustaqil ravishda dvigatel yuklamasiga ta'sir ko'rsatadi. Ularni ko'paytish orqali ifodalash haqiqiy ta'sirni to'g'ri aks ettiradi.

Aylanma qatnov uchun yonilg'i sarfini hisoblashda har bir avtomobilning bir tomonlama emas, balki to'liq reys bo'yicha harakati hisobga olindi. Bunda qatnov masofasi borish va qaytish yo'nalishlari yig'indisi sifatida qabul qilindi. Agar avtomobil bir tomonga bo'sh holatda, ikkinchi tomonga esa yuk bilan harakatlansa, umumiy sarf quyidagi mantiq asosida aniqlanadi: avvalo 100 km uchun bazaviy norma aylanma masofaga moslashtiriladi, so'ngra ushbu qiymat harorat, yuklanish va relyef koeffitsiyentlari orqali tuzatiladi.

Hisoblash algoritmi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirildi: birinchi bosqichda bazaviy yonilg'i sarfi $Q_{bazaviy}$ va aylanma masofa S asosida boshlang'ich sarf aniqlanadi; ikkinchi bosqichda berilgan havo harorati uchun K_t qiymati tanlanadi; uchinchi bosqichda yuklanish darajasiga mos K_m qiymati hisoblanadi; to'rtinchi bosqichda yo'nalish relyef koeffitsiyenti K_α kiritiladi; beshinchi bosqichda esa yakuniy ekspluatatsion yonilg'i sarfi aniqlanadi. Bu tartib bir xil formulani HOWO A7, MAN TGS 33.360 va Isuzu NQR75 avtomobillariga qo'llash imkonini beradi [32; 38; 39].

HOWO A7 6x4 avtomobili uchun aylanma qatnovdagi hisob-kitoblar

$$Q_{ayl} = \left(\frac{Q_0 \cdot S}{100} \right) \cdot (1 + K_t) \cdot (1 + K_{\alpha(int)}) \cdot (1 + K_m) \quad (2.8)$$

Bu yerda

Q_0 — bazaviy yonilg'i sarfi mo'tadil iqlimda, l/100 km (STG uchun $m^3/100$ km);

S — bir tomonlama yo'nalish uzunligi, km;

K_t — harorat koeffitsiyenti: dizel — 0,137; STG — 0,200;

$K_{\alpha(int)}$ — integral relyef koeffitsiyenti;

K_m — yuk omilining koeffitsiyenti, $K_m = 0,40$;

K_m — borish yo'nalishidagi yuk koeffitsiyenti (bo'sh: $K_m = 0$);

Tayanch parametrlar: Yo'nalish: Termiz–Sherobod (aylanma qatnov $S_{ayl} = 130$ km, yo'nalish relyef koeffitsiyenti $K_{\alpha(int)} = 0,0309$).

1. +48 °C da ($K_t = 0.137$):

Bazaviy norma $Q_0 = 38,0$ l/100 km.

Masofa $S=130$ km

Baza sarfi $= (38,0 \cdot 130)/100 = 49,4$ l.

Harorat +48 °C da ($K_t = 0.137$):

To'la yuk bilan (26 t): $Q = 49,4 \cdot 1.137 \cdot 1,40 \cdot 1.0309 = 81.07$ l

Yarim yuk bilan (13 t): $Q = 49,4 \cdot 1.137 \cdot 1,20 \cdot 1.0309 = 69.48$ l

2. +47 °C haroratda ($K_t = 0.129$):

To'la yuk bilan (26 t): $Q = 49,4 \cdot 1.129 \cdot 1,40 \cdot 1.0309 = 80.50$ l

Yarim yuk bilan (13 t): $Q = 49,4 \cdot 1.129 \cdot 1,20 \cdot 1.0309 = 69.00$ l

3. +46 °C haroratda ($K_t = 0.122$):

To'la yuk bilan (26 t): $Q = 49,4 \cdot 1.122 \cdot 1,40 \cdot 1.0309 = 80.00$ l

Yarim yuk bilan (13 t): $Q = 49,4 \cdot 1.122 \cdot 1,20 \cdot 1.0309 = 68.57$ l

4. +45 °C haroratda ($K_t = 0.114$):

To'la yuk bilan (26 t): $Q = 49,4 \cdot 1.114 \cdot 1,40 \cdot 1.0309 = 79.43$ l

Yarim yuk bilan (13 t): $Q = 49,4 \cdot 1.114 \cdot 1,20 \cdot 1.0309 = 68.08$ l

5. +44 °C haroratda ($K_t = 0.106$):

To'la yuk bilan (26 t): $Q = 49,4 \cdot 1.106 \cdot 1,40 \cdot 1.0309 = 78.86$ l

Yarim yuk bilan (13 t): $Q = 49,4 \cdot 1.106 \cdot 1,20 \cdot 1.0309 = 67.59$ l

6. +43 °C haroratda ($K_t = 0.098$):

To'la yuk bilan (26 t): $Q = 49,4 \cdot 1.098 \cdot 1,40 \cdot 1.0309 = 78.29$ l

Yarim yuk bilan (13 t): $Q = 49,4 \cdot 1.098 \cdot 1,20 \cdot 1.0309 = 67.10$ l

MAN TGS 33.360 avtomobili uchun aylanma qatnovdagi hisob-kitoblar

Tayanch parametrlar: Yo'nalish: Termiz–Muzrabot aylanma qatnov

$S_{ayl} = 110$ km,

yo'nalish relyef koeffitsiyenti $K_{\alpha(yorn)} = 0,0233$),

Bazaviy norma $Q_0 = 40,0$ l/100 km,

Baza sarfi = $(40,0 \cdot 110)/100 = 44,0$ l.

To'la yuk = 20 t ($K_m = 0,40$);

Yarim yuk = 10 t ($K_m = 0,20$).

1. +48 °C haroratda ($K_t = 0.137$):

To'la yuk bilan (20 t): $Q = 44,0 \cdot 1.137 \cdot 1,40 \cdot 1.0232 = 71.67$ l

Yarim yuk bilan (10 t): $Q = 44,0 \cdot 1.137 \cdot 1,20 \cdot 1.0232 = 61.43$ l

2. +47 °C haroratda ($K_t = 0.129$):

To'la yuk bilan (20 t): $Q = 44,0 \cdot 1.129 \cdot 1,40 \cdot 1.0232 = 71.16$ l

Yarim yuk bilan (10 t): $Q = 44,0 \cdot 1.129 \cdot 1,20 \cdot 1.0232 = 61.00$ l

3. +46 °C haroratda ($K_t = 0.122$):

To'la yuk bilan (20 t): $Q = 44,0 \cdot 1.122 \cdot 1,40 \cdot 1.0232 = 70.72$ l

Yarim yuk bilan (10 t): $Q = 44,0 \cdot 1.122 \cdot 1,20 \cdot 1.0232 = 60.62$ l

4. +45 °C haroratda ($K_t = 0.114$):

To'la yuk bilan (20 t): $Q = 44,0 \cdot 1.114 \cdot 1,40 \cdot 1.0232 = 70.22$ l

Yarim yuk bilan (10 t): $Q = 44,0 \cdot 1.114 \cdot 1,20 \cdot 1.0232 = 60.19$ l

5. +44 °C haroratda ($K_t = 0.106$):

To'la yuk bilan (20 t): $Q = 44,0 \cdot 1.106 \cdot 1,40 \cdot 1.0232 = 69.71$ l

Yarim yuk bilan (10 t): $Q = 44,0 \cdot 1.106 \cdot 1,20 \cdot 1.0232 = 59.75$ l

6. +43 °C haroratda ($K_t = 0.098$):

To'la yuk bilan (20 t): $Q = 44,0 \cdot 1.098 \cdot 1,40 \cdot 1.0232 = 69.21$ l

Yarim yuk bilan (10 t): $Q = 44,0 \cdot 1.098 \cdot 1,20 \cdot 1.0232 = 59.32$ l

Isuzu NQR 75 (STG) avtomobili uchun aylanma qatnovdagi hisob-kitoblar

Tayanch parametrlar: Yo'nalish: Shahar ichi qatnovi

aylanma masofa $S_{ayl} = 30$ km

Tekislik bo'lganligi sababli relyef koeffitsiyenti nolga teng ($K_{\alpha} = 0$),

Bazaviy norma $Q_0 = 22,0 \text{ m}^3/100 \text{ km}$;

Baza sarfi $= (22,0 \cdot 30)/100 = 6,6 \text{ m}^3$

Yarim yuk = 2,5 t ($K_m = 0,20$). Gaz ballonli avtomobillar issiqlikka ta'sirchan bo'lgani uchun K_t qiymatlari yuqori qabul qilinadi [19].

1. +48 °C haroratda ($K_t = 0.200$):

To'la yuk bilan (5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.200 \cdot 1,40 = 11.09 \text{ m}^3$

Yarim yuk bilan (2,5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.200 \cdot 1,20 = 9.50 \text{ m}^3$

2. +47 °C haroratda ($K_t = 0.185$):

To'la yuk bilan (5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.185 \cdot 1,40 = 10.95 \text{ m}^3$

Yarim yuk bilan (2,5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.185 \cdot 1,20 = 9.39 \text{ m}^3$

3. +46 °C haroratda ($K_t = 0.170$):

To'la yuk bilan (5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.170 \cdot 1,40 = 10.81 \text{ m}^3$

Yarim yuk bilan (2,5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.170 \cdot 1,20 = 9.27 \text{ m}^3$

4. +45 °C haroratda ($K_t = 0.155$):

To'la yuk bilan (5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.155 \cdot 1,40 = 10.67$

Yarim yuk bilan (2,5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.155 \cdot 1,20 = 9.15 \text{ m}^3$

5. +44 °C haroratda ($K_t = 0.140$):

To'la yuk bilan (5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.140 \cdot 1,40 = 10.53 \text{ m}^3$

Yarim yuk bilan (2,5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.140 \cdot 1,20 = 9.03 \text{ m}^3$

6. +43 °C haroratda ($K_t = 0.125$):

To'la yuk bilan (5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.125 \cdot 1,40 = 10.39 \text{ m}^3$

Yarim yuk bilan (2,5 t): $Q = 6,6 \cdot 1.125 \cdot 1,20 = 8.91 \text{ m}^3$

**Turli harorat va yuklanish darajalarida umumiy aylanma qatnov uchun
yonilg'i sarfining solishtirma dinamikasi**

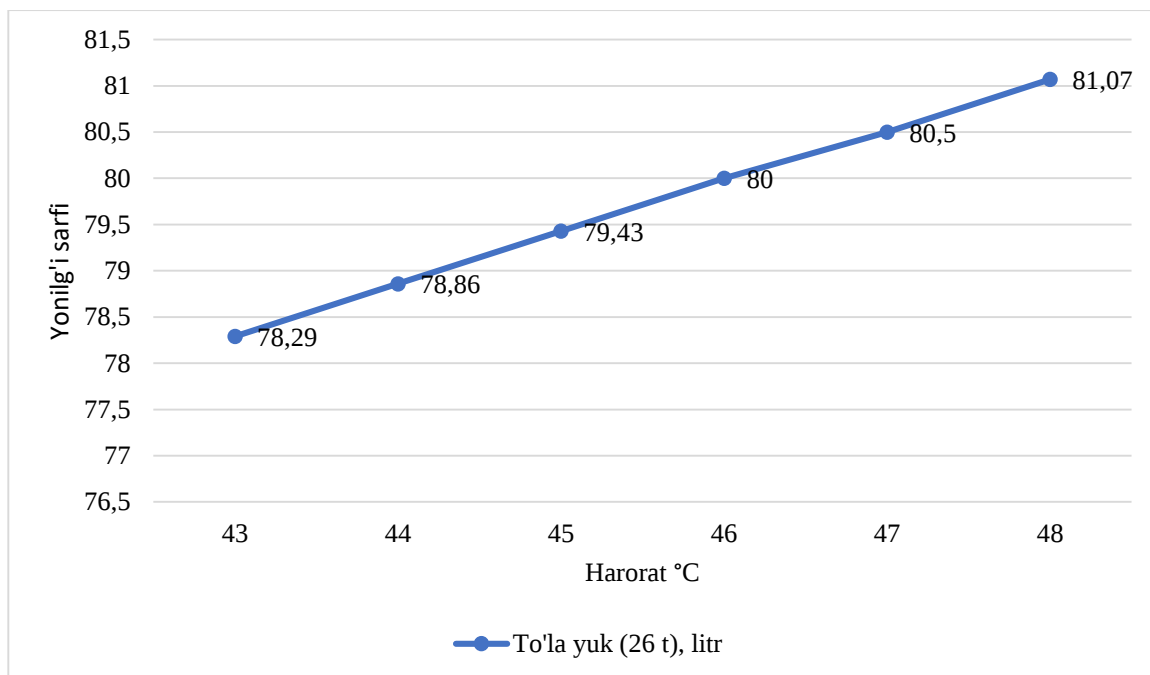
2.6-jadval

Avtomobil va marshrut (relyef)	Havo harorati, °C	Tashish jarayonidagi yuk massasi $K_m(t)$	Harorat koeffitsiyenti (K_t)	Yuk koeffitsiyenti (K_m)	Yakuniy yonilg'i sarfi, l (m^3)
HOWO A7 6x4 Termiz- Sherobod Aylanma S=130 km ($K_\alpha=0,0309$)	+48	To'la yuk (26 t) / Yarim yuk (13 t)	0.137	0,40 / 0,20	81.07 / 69.49
	+47	To'la yuk (26 t) / Yarim yuk (13 t)	0.129	0,40 / 0,20	80.50 / 69.00
	+46	To'la yuk (26 t) / Yarim yuk (13 t)	0.122	0,40 / 0,20	80.00 / 68.57
	+45	To'la yuk (26 t) / Yarim yuk (13 t)	0.114	0,40 / 0,20	79.43 / 68.08
	+44	To'la yuk (26 t) / Yarim yuk (13 t)	0.106	0,40 / 0,20	78.86 / 67.59
	+43	To'la yuk (26 t) / Yarim yuk (13 t)	0.098	0,40 / 0,20	78.29 / 67.10
MAN TGS 33.360 Termiz- Muzrabot Aylanma S=110 km ($K_\alpha=0,0233$)	+48	To'la yuk (20 t) / Yarim yuk (10 t)	0.137	0,40 / 0,20	71.67 / 61.43
	+47	To'la yuk (20 t) / Yarim yuk (10 t)	0.129	0,40 / 0,20	71.16 / 61.00
	+46	To'la yuk (20 t) / Yarim yuk (10 t)	0.122	0,40 / 0,20	70.72 / 60.62

	+45	To‘la yuk (20 t) / Yarim yuk (10 t)	0.114	0,40 / 0,20	70.22 / 60.19
	+44	To‘la yuk (20 t) / Yarim yuk (10 t)	0.106	0,40 / 0,20	69.71 / 59.75
	+43	To‘la yuk (20 t) / Yarim yuk (10 t)	0.098	0,40 / 0,20	69.21 / 59.32
Isuzu NQR 75 (STG) Shahar ichi qatnovi Aylanma S=30 km ($K_{\alpha}=0$)	+48	To‘la yuk (5 t) / Yarim yuk (2,5 t)	0.200	0,40 / 0,20	11.09 / 9.50
	+47	To‘la yuk (5 t) / Yarim yuk (2,5 t)	0.185	0,40 / 0,20	10.95 / 9.39
	+46	To‘la yuk (5 t) / Yarim yuk (2,5 t)	0.170	0,40 / 0,20	10.81 / 9.27
	+45	To‘la yuk (5 t) / Yarim yuk (2,5 t)	0.155	0,40 / 0,20	10.67 / 9.15
	+44	To‘la yuk (5 t) / Yarim yuk (2,5 t)	0.140	0,40 / 0,20	10.53 / 9.03
	+43	To‘la yuk (5 t) / Yarim yuk (2,5 t)	0.125	0,40 / 0,20	10.39 / 8.91

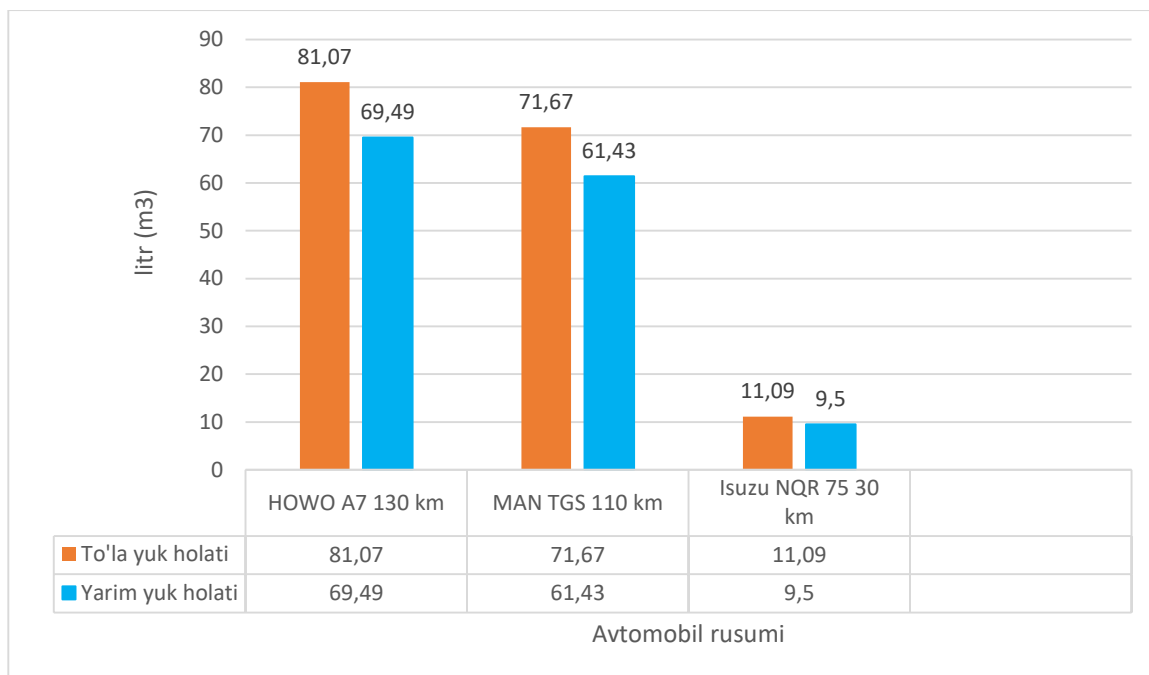
Mavjud me'yorlash usullaridan farqli ravishda taklif etilgan modelda harorat, yuk massasi va yo'l relyefi yagona ko'paytmali model tarkibida jamlangan.

Aylanma qatnov masofasi va to'g'rilangan aniq yo'nalish relyef koeffitsiyentlari ($K_{\alpha} = 0,0309$ Termiz–Sherobod uchun; $K_{\alpha} = 0,0233$ Termiz–Muzrabot uchun) asosida amalga oshirilgan hisob-kitoblar uchun muhim ahamiyatga ega. Haroratining pasayishi hamda transport vositasining yuklanish darajasi (to'la yoki yarim yuk) yakuniy yonilg'i sarfiga katta miqdoriy ta'sir ko'rsatadi [20]. Xususan, HOWO A7 avtomobili misolida +48 °C haroratdagi to'la yuk va +43 °C dagi yarim yuk holatlari o'rtasidagi farq bitta aylanma reys davomida taxminan 10–12 litrni tashkil etmoqda. Bu esa matematik asoslangan ko'paytma yondashuvi korxonalarga ortiqcha resurs sarfini kamaytirish va tejamkorlikka erishish imkonini berishini isbotlaydi.



**2.5-rasm. Havo haroratining aylanma qatnovdagi yonilg'i sarfiga ta'siri
(HOWO A7 6x4, Termiz–Sherobod yo'nalishi)**

Olingan analitik natijalarni vizual tahlil qilish maqsadida havo harorati va yonilg'i sarfi o'rtasidagi bog'liqlik grafigi ishlab chiqildi (2.1-rasm). Grafik ma'lumotlaridan ko'rinadiki, atrof-muhit haroratining +43 °C dan +48 °C gacha ko'tarilishi yonilg'i sarfining muttasil o'sishiga olib keladi. Xususan, HOWO A7 avtomobili misolida haroratning har 1 °C ga ko'tarilishi to'la yuklangan holatda o'rtacha 0,55–0,60 litr qo'shimcha yonilg'i sarflanishiga olib kelmoqda. Bu tendensiya har ikki yuk rejimida (to'la va yarim) parallel ravishda saqlanib qolgan. Ushbu holat issiq iqlim sharoitida yonilg'i sarfini statik emas, balki haroratga mutanosib ravishda modellashtirish zaruratini isbotlaydi.



2.6-rasm. Avtomobilga ortilgan yuk massasi va yonilg'i sarfi o'rtasidagi qiyosiy dinamika (Maksimal +48 °C haroratda)

Ishlab chiqilgan ko'paytmali modelning yuk massasiga ta'sirini baholash uchun turli rusumdagi tadqiqot obyektlarining to'la ($K_m = 0,40$) va yarim ($K_m = 0,20$) yuklanish holatlari qiyosiy tahlil qilindi (2.2-rasm). Rasm ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, yuk massasining ikki barobar qisqarishi og'ir vaznli dizel avtomobillarda (HOWO va MAN) aylanma qatnov davomida o'rtacha 10–11,5 litr yonilg'i farq qilinishiga olib keladi. STG tizimida harakatlanuvchi Isuzu NQR 75 avtomobilida esa bu farq $1,59 \text{ m}^3$ ni tashkil etadi. Ushbu ko'rsatkichlar taklif etilayotgan algoritmi transport vositasining qisman yuklanish holatlarini yonilg'i hisob-kitoblarida amaliy jihatdan to'g'ri va proporsional aks ettirishini namoyish etadi.

Shunday qilib, 2.3-bo'limda bajarilgan hisob-kitoblar ishlab chiqilgan analitik modelning real qatnov sharoitlarida qo'llanish imkoniyatini ko'rsatdi. Hisoblash natijalari harorat, yuklanish va relyef omillarining yakuniy yonilg'i sarfiga mustaqil emas, balki o'zaro bog'langan holda ta'sir qilishini tasdiqlaydi. Ayniqsa, yuqori haroratli sharoitda to'la yuk bilan harakatlanadigan og'ir yuk avtomobillarda yonilg'i sarfining ortishi yaqqol namoyon bo'ldi.

Mazkur natijalar III bobda bajariladigan eksperimental tadqiqotlar uchun nazariy asos vazifasini bajaradi. Keyingi bosqichda hisoblangan qiymatlar korxonaning haqiqiy ekspluatatsion ma'lumotlari, yo'l varaqalari, yonilg'i quyish qaydnomalari va amaliy kuzatuv natijalari bilan solishtiriladi. Shu orqali taklif etilgan modelning aniqligi, amaliy qo'llanish chegarasi va iqtisodiy samaradorligi baholanadi [38; 39; 40; 44].

II BOB BO'YICHA XULOSA

1. Tadqiqot obyektlari va tayanch ma'lumotlarning tanlanishi: O'zbekistonning yuk tashishda yuqori bo'lgan, turli yuk ko'tarish toifalariga va yonilg'i turlariga mansub uchta asosiy model – Isuzu NQR75 (STG), MAN TGS 33.360 (Dizel) va HOWO A7 6x4 (Dizel) avtomobillari asosli ravishda tanlab olindi. Ularning ekspluatatsion yonilg'i sarfini baholash Surxondaryo viloyatining real ishlab chiqarish korxonasi arxiv ma'lumotlariga tayangan holda amalga oshirildi.

2. Bo'lakli-chiziqli modelning ekstremal sharoitga moslashtirilishi: Mo'tadil va sovuq iqlim uchun amaliyotda qo'llaniladigan mavjud matematik modellar Surxondaryo viloyatining yozgi issiq sharoitiga (+48 °C) moslashtirildi. Havo haroratining dvigatelga ta'siri (zichlik pasayishi, yordamchi agregatlar yuklamasi) alohida ajratilib, STG hamda dizel yonilg'ilari uchun farqlanuvchi termik tuzatish koeffitsiyentlari (K_t) kiritildi.

3. Uch omillarning birgalikdagi ta'sirini baholovchi analitik model: Avtomobil ish jarayoniga havo harorati (K_t), tashish jarayonidagi yuk massasi (K_m) hamda yo'l relyefi (K_α) omillarining alohida emas, balki birgalikdagi (sinergetik) ta'sirini ifodalovchi yagona ko'paytmali matematik model ishlab chiqildi. Ushbu yondashuv yashirin ekspluatatsion yo'qotishlarni miqdoriy baholash imkonini berdi.

4. Haqiqiy aylanma qatnovlar uchun yonilg'i me'yorlarini hisoblash: Asosiy magistral qatnovlar (Termiz–Muzrabot va Termiz–Sherobod) asosida oraliq relyef koeffitsiyentlari aniqlandi. Korxonalarda ko'p uchraydigan “bo'sh borib, to'la yuk bilan qaytish” aylanma qatnov amaliyoti tahlil qilinib, haroratning ortishi va transport vositasining tashish jarayonidagi yuk massasi yakuniy yonilg'i sarfiga katta miqdoriy ta'sir ko'rsatishi (xususan, HOWO A7 6x4 modeli misolida +43 °C dan +48 °C gacha o'zgarishda) tasdiqlandi.

5. Modelning amaliy hisoblash imkoniyati: 2.3-bo'limda ishlab chiqilgan ko'paytmali analitik model HOWO A7 6x4, MAN TGS 33.360 va Isuzu NQR75 avtomobillari misolida real qatnov sharoitlariga tatbiq etildi. Hisob-kitoblar natijasida harorat, yuklanish darajasi va yo'l relyefi yakuniy yonilg'i sarfiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Xususan, og'ir yuk avtomobillarida to'la yuk va yarim

yuk holatlari o'rtasidagi farq bitta aylanma qatnov davomida 10 litrdan ortiq yonilg'i farqini yuzaga keltirishi mumkinligi ko'rsatildi. Bu esa taklif etilgan modelning amaliy yonilg'i rejalashtirishda qo'llanish imkoniyatini tasdiqlaydi [32; 40; 59].

6. Keyingi eksperimental bosqich uchun ilmiy asos: II bobda shakllantirilgan nazariy va amaliy hisoblash natijalari dissertatsiyaning III bobida bajariladigan eksperimental tadqiqotlar uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Keyingi bosqichda model orqali hisoblangan yonilg'i sarfi qiymatlari real ekspluatatsion kuzatuvlar, yo'l varaqalari, yonilg'i quyish hujjatlari va korxona arxiv ma'lumotlari bilan solishtiriladi. Bunday tekshiruv modelning aniqlik darajasini, amaliy qo'llanish chegarasini va iqtisodiy samaradorligini aniqlash imkonini beradi [38; 39; 40; 44].

III BOB. EKSPERIMENTAL TADQIQOTLAR VA ULARNING NATIJALARI

3.1. Tadqiqot metodikasi va o'tkazish sharoitlari

Ikkinchi bobda ishlab chiqilgan yakuniy ko'paytmali me'yorlash formulasi va uning tarkibidagi asosiy koeffitsiyentlar — K_t (harorat), K_m (yuk) va K_α (relyef) — nazariy hisoblashlar hamda mavjud empirik qonuniyatlar asosida shakllantirildi. Mazkur bosqichdagi asosiy maqsad — olingan nazariy va analitik natijalarning Surxondaryo viloyatining real ekstremal ekspluatatsion sharoitlarida adekvatligini (ishonchliligini) tajriba yo'li bilan isbotlashdan iborat.

Buning uchun tadqiqot oldiga uchta aniq vazifa belgilandi:

- **Birinchidan**, takomillashtirilgan ko'paytmali model bo'yicha hisoblangan etalon norma (Q_{etalon}) bilan haqiqiy o'lchangan yonilg'i sarfini ($Q_{haqiqiy}$) taqqoslab, modelning aniqlik darajasini amaliy tasdiqlash.
- **Ikkinchidan**, harorat, yuk va relyef koeffitsiyentlarining nazariy qiymatlarini "Surxon Sanoat Qurilish" MChJ ning amaliy faoliyatidan olingan eksperimental ma'lumotlar asosida tekshirish.
- **Uchinchidan**, o'rtacha nisbiy xatolik (MAPE - Mean Absolute Percentage Error) ko'rsatkichi orqali modelning umumiy xatolik darajasini baholab, uni avtokorxonalar amaliyotida qo'llash uchun yaroqlilik mezonini belgilash.

Sinov obyektlari va yo'nalishlari

Eksperimental tadqiqot bazasi sifatida O'zbekiston logistikasida keng qo'llaniladigan va 1-bobda nazariy asoslangan uchta tayanch avtomobil tanlab olindi: HOWO A7 6×4 (dizel, 41 t), MAN TGS 33.360 (dizel, 33 t) va Isuzu NQR 75 (STG, 8 t). Mazkur modellar yuk toifasi, yonilg'i turi va ekologik standarti bo'yicha farqlanishi tadqiqot natijalarining amaliy qamrovini kengaytiradi. Ayniqsa, dizel va STG dvigatelli avtomobillarni parallel sinovdan o'tkazish K_t ko'effitsiyentidagi (dizel uchun 0,137; STG uchun 0,200) termodinamik farqlarni eksperimental tasdiqlash imkonini beradi.

Tadqiqot “Surxon Sanoat Qurilish” MChJ ning muntazam foydalaniladigan ikkita asosiy logistik marshrutda olib borildi:

1. Termiz–Muzrabot (55 km, o‘rtacha qiyalik $i = 0,21\%$, mutlaq balandlik $h = 360$ m).
2. Termiz–Sherobod (65 km, o‘rtacha qiyalik $i = 0,65\%$, mutlaq balandlik $h = 277$ m).

Barcha reyslarda yuk tashish holati korxonaning haqiqiy ishlash sxemasiga moslashtirildi: borish yo‘nalishida bo‘sh (yuk koeffitsiyenti $\beta = 0$), qaytish yo‘nalishida esa to‘la yuk ($\beta = 1,0$) holatida harakatlanish ta‘minlandi.

O‘lchov metodikasi va metrologik ta‘minot

Tadqiqot jarayonida olingan ma‘lumotlarning ishonchliligini ta‘minlash maqsadida standartlashtirilgan o‘lchov vositalari va raqamli tizimlardan foydalanildi.

Yonilg‘i sarfini o‘lchash: Eksperimentda yonilg‘i sarfini qayd etish GOST R 54810-2011 standartining “ustiga qayta to‘ldirish” (full-to-full) usuli asosida amalga oshirildi. Reys boshlanishidan oldin bak yoki gaz balloni to‘liq to‘ldirilib, reys yakunida xuddi shu darajagacha qayta to‘ldiriladi. Natijalarning ishonchliligini oshirish maqsadida, sarflangan yonilg‘i hajmi “Surxon Sanoat Qurilish” MChJ ning ichki yonilg‘i tarqatish hisobotlari bilan qo‘shimcha ravishda solishtirib borildi.

Suyuq yonilg‘ilardan farqli ravishda, gaz ballonli avtomobillarda (xususan, Isuzu NQR 75) siqilgan tabiiy gaz (STG) sarfini o‘lchash bosim va harorat parametrlariga asoslangan usulda amalga oshirildi. Bunda gaz ballonlaridagi boshlang‘ich va yakuniy bosim manometr yordamida (bar/MPa o‘lchovida) qayd etildi, harorat esa datchiklar orqali o‘lchandi. Olingan ma‘lumotlar asosida, real gazning holat tenglamasi (Mendeleyev-Klapeyron) yordamida qatnov davomida sarflangan gazning haqiqiy massasi va ekvivalent hajmi (m^3) hisoblab chiqildi. Ushbu metrologik yondashuv issiq iqlimda gazning o‘zgaruvchan termodinamik xususiyatlarini (kengayishini) inobatga olgan holda, eksperiment natijalarining ishonchliligini to‘liq ta‘minlaydi.

Avtomobilning haqiqiy solishtirma yonilg'i sarfi standart bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$q = \frac{Q}{L \times m} \quad (3.1)$$

Bu yerda

q — solishtirma yonilg'i sarfi, l/100 km·t (STG uchun m³/100 km·t);

Q — sarflangan yonilg'i hajmi, litr yoki m³;

L — bosib o'tilgan masofa, km;

m — foydali yuk massasi, tonna.

Ushbu formula turli yuk ko'tarish qobiliyatidagi avtomobillarning yonilg'i samaradorligini bir qiyosda taqqoslash uchun qo'llaniladi [13, 40].

Iqlim va relyef ko'rsatkichlarni qayd etish: Reys davomidagi havo harorati an'anaviy termometrlarning xatoliklaridan qochish maqsadida OpenWeatherMap API xizmati orqali real vaqt rejimida olinib, O'zbekiston Gidrometeorologiya xizmati markazi ma'lumotlari bilan muvofiqlashtirildi. Olingan harorat asosida termodinamik harorat koeffitsiyenti (K_t) qayta hisoblandi. Yo'l relyefi koeffitsiyenti (K_α) esa 2.2-jadvalda keltirilgan aniq topografik ma'lumotlar bazasiga tayangan holda formulaga qo'yildi.

Eksperimental tadqiqotda qo'llanilgan o'lchov vositalari

3.1-jadval

O'lchov vositasi	O'lchanadigan ko'rsatkich	O'lchov aniqligi	Qo'llanilish tartibi
OpenWeatherMap API	Havo harorati T (°C), nisbiy namlik (%), bosim	± 1 °C	Har bir sinov reysi boshida va oxirida qayd etilib, o'rtacha qiymati reys harorati sifatida olinadi.
Elektron avtotarozi	Foydali yuk massasi m (kg)	± 50 kg	Yuk ortilishidan oldin va keyin o'lchanib, farq haqiqiy yuk massasini beradi.
Tarqatish ustuni o'lchovi	Sarflangan yonilg'i Q (litr/m ³)	$\pm 0,5$ litr	GOST R 54810-2011 "ustiga qayta to'ldirish" usuli bo'yicha qayd etiladi.
Avtomobil odometri	Bosib o'tilgan masofa L (km), balandlik h (m)	$\pm 0,1$ km	Masofa odometr yordamida, i va h ko'rsatkichlari bevosita 2-bobdagi tahlillar asosida olinadi.

Mazkur vositalar maxsus va qimmat laboratoriya jihozlarini talab qilmaydi, bu esa taklif etilayotgan metodikani istalgan avtotransport korxonasi amaliyotiga osongina joriy etish imkonini beradi.

Sinov bosqichlari

3.2-jadval

Bosqich	Nomi	Bajarilgan ishlar	Qayd etish shakli
I	Reys oldi tayyorgarligi	Ob-havo tekshiriladi; yuk massasi o'lchanadi; yonilg'i to'ldiriladi; yo'nalish tasdiqlanib, odometr qayd etiladi.	Boshlang'ich varaq: sana, vaqt, harorat, yuk massasi, L_1 .
II	Asosiy reys	Belgilangan marshrutda stabil tezlikda harakatlaniladi; keskin tormozlash va tezlanishlardan qochiladi.	qaytdnoma: to'xtashlar va ob-havo o'zgarishlari.
III	Reys yakunini qayd etish	Odometr yozib olinadi; yonilg'i hajmi qayta o'lchanadi; yuk tushirilgach tarozi ko'rsatkichi olinadi.	Yakuniy varaq: L_2 , sarf $\Delta Q = Q_2 - Q_1$, yakuniy harorat.
IV	Analitik ishlov berish	Q_{haqiqiy} va Q_{etalon} hisoblanib, ikkisi o'rtasidagi MAPE xatolik darajasi aniqlanadi.	Tahliliy jadval: 3 ta reys bo'yicha o'rtacha natijalar.

Tajriba qatnovlari statistik jihatdan ishonchli bo'lishi uchun har bir avtomobilda kamida 2 tadan mustaqil reys o'tkazildi. Agarda reyslardan birida olingan natija qolganlaridan 15% dan ko'proqqa farq qilsa, bu xatolik sifatida baholanib, reys bekor qilindi va qaytadan amalga oshirildi.

Eksperimental tadqiqot 2025-yilning 20–25-iyun oylarida — janubiy hududlarda iqlim harorati o'zining mutloq eng yuqori cho'qqisiga ("chilla" davriga) chiqqan vaqtda amalga oshirildi.

Sinov davomida havo harorati +38 °C dan +48 °C gacha bo'lgan oraliqni tashkil etib, tadqiqot muammosi sifatida belgilangan ekstremal iqlim holatini to'liq namoyon qildi. Barcha sinov reyslari kunning termodinamik jihatdan eng murakkab bo'lgan qismiga — soat 11:00 dan 16:00 gacha rejalashtirildi. Aynan shu vaqtda yo'l qoplamasi (asfalt) sirtidagi harorat +70 °C dan oshib, shinalarning dumalashga qarshiligi va havo zichligining pasayishi yonilg'i sarfiga maksimal darajada ta'sir o'tkazadi. Olingan metodika oddiy vositalarga asoslangan bo'lsa-da, GOST R

54810-2011 talablariga to'liq javob beruvchi, takrorlanuvchan hamda sanoat korxonalari uchun ishonchlilikka ega yondashuv hisoblanadi

3.2. Eksperimental sinovlar asosida model natijalarini baholash

Ikkinchi bobda ishlab chiqilgan yonilg'i sarfini me'yorlash modeli amaliy sharoitlarda tekshirish maqsadida eksperimental sinovlar o'tkazildi. Sinovlarning asosiy vazifasi nazariy hisob-kitoblar asosida aniqlangan yonilg'i sarfi qiymatlari bilan real ekspluatatsiya sharoitida o'lchangan sarf ko'rsatkichlari o'rtasidagi farqni aniqlashdan iborat bo'ldi. Tadqiqotlar 2025-yilning 20–25-iyun kunlari, soat 11:00 dan 16:00 gacha — Surxondaryo viloyatining yozgi davriga xos bo'lgan yuqori haroratli sharoitda olib borildi. Bu esa ishlab chiqilgan modelning issiq iqlim ta'sirini hisobga olish darajasini baholash imkonini berdi.

«Surxon Sanoat Qurilish» MChJ balansidagi uchta tayanch avtomobil — HOWO A7 6×4 (dizel), MAN TGS 33.360 (dizel) va Isuzu NQR 75 (STG) — sinov ob'yekti sifatida ishtirok etdi. Har bir avtomobil uchun kamida ikkita mustaqil to'liq aylanma qatnov (borish — bo'sh, qaytish — to'la yuklanish) bajarildi. Sinov davri davomida havo harorati +45 °C dan +48 °C gacha bo'lgan oraligni tashkil etdi [30].

Termiz–Muzrabot yo'nalishi bo'yicha tahlil (55 km)

Termiz–Muzrabot yo'nalishi ($S = 55$ km, $K_{\alpha} = 0,0233$) o'rtacha tog'li-adir relyef xususiyatiga ega. Sinov davomida kuzatilgan havo harorati +45 °C dan +48 °C oralig'ida bo'lib, modelning ekstremal iqlim sharoitidagi ishlash barqarorligini baholash imkonini berdi. Har ikki avtomobil — HOWO A7 6×4 va MAN TGS 33.360 — bo'yicha olingan natijalar quyidagi jadvallarda umumlashtirildi.

HOWO A7 6×4 — Termiz–Muzrabot yo'nalishi bo'yicha sinov natijalari

3.3-jadval

Reys (masofa)	T, °C	Yuk, kg	Q _{yakuniy} , l	Q _{haqiqiy} , l	δ, %	Sana va vaqt
1-borish (bo'sh, 65 km)	48	0	29,21	32,45	10,0	20.06.2025, 11:30

1-qaytish (yuk, 55 km)	48	26 000	34,60	38,02	9,0	20.06.2025, 14:15
2-borish (bo'sh, 65 km)	46	0	28,82	31,85	9,5	22.06.2025, 12:00
2-qaytish (yuk, 55 km)	45	26 000	33,90	37,46	9,5	22.06.2025, 15:10
Umumiy statistika			MAPE = 9,5%			

Izoh: $Q_{yakuniy}$ — nazariy formula; $Q_{haqiqiy}$ — GOST R 54810-2011 [38] bo'yicha o'lchangan sarf.

3.3-jadval natijalaridan ko'rinadiki, HOWO A7 6×4 avtomobili uchun hisoblangan va tajribada o'lchangan yonilg'i sarfi qiymatlari o'rtasidagi tafovut 9,0–10,0 % oralig'ida bo'ldi. Eng katta xatolik bo'sh harakatlanish rejimida kuzatildi (10,0 %; 9,5 %). Buning asosiy sababi dvigatelning yuklanish darajasi past bo'lganda yordamchi agregatlar va sovutish tizimining nisbiy energiya sarfi ortishi bilan izohlanadi [46]. Yuklangan holatda esa model natijalari tajriba ma'lumotlariga yaqinlashganligi kuzatildi (9,0 %; 9,5 %). Bu ishlab chiqilgan yuk koeffitsiyentining ($K_m = 0,40$) amaliy sharoitlarda yetarli aniqlik bilan ishlashini bevosita tasdiqlaydi.

MAN TGS 33.360 — Termiz–Muzrabot yo'nalishi bo'yicha sinov natijalari

3.4-jadval

Reys (masofa)	T, °C	Yuk, kg	$Q_{yakuniy}, l$	$Q_{haqiqiy}, l$	$\delta, \%$	Sana va vaqt
1-borish (bo'sh, 65 km)	48	0	30,74	34,31	10,4	21.06.2025, 11:00
1-qaytish (yuk, 55 km)	48	20 000	36,42	40,60	10,3	21.06.2025, 14:30
2-borish (bo'sh, 65 km)	46	0	30,34	33,94	10,6	23.06.2025, 12:20
2-qaytish (yuk, 55 km)	46	20 000	35,94	39,28	8,5	23.06.2025, 15:45
Umumiy statistika			MAPE = 9,95%			

MAN TGS 33.360 uchun xatolik ko'rsatkichlari 8,5–10,6 % oralig'ida, o'rtacha MAPE = 9,95 % ni tashkil etdi. 2-qaytish reysida kuzatilgan eng past xatolik (8,5 %) dvigatelning +46 °C haroratda to'la yuklanish rejimida model koeffitsiyentlarining haqiqiy dvigatel xarakteristikasiga eng to'g'ri mos kelishini ko'rsatadi. Qayd etish joizki, MAN TGS 33.360 ning katta hajmli dvigateli (D2066, 10,5 litr) yuqori haroratda issiqlik balansini nisbatan yaxshi ushlab turadi, bu esa bo'sh rejimda ham xatolikning HOWO avtomobiliga nisbatan biroz yuqoriroq bo'lishida namoyon bo'ldi.

Termiz–Sherobod yo'nalishi bo'yicha tahlil (65 km)

Termiz–Sherobod yo'nalishida ($S = 65$ km, $K_{\alpha} = 0,0309$) relyef koeffitsiyenti Muzrabot yo'nalishiga nisbatan biroz yuqori bo'lganligi sababli dvigatel yuklamasi ham mos ravishda ortadi. Sinov davomida havo harorati +45–+47 °C oralig'ida qayd etildi.

HOWO A7 6×4 — Termiz–Sherobod yo'nalishi bo'yicha sinov natijalari

3.5-jadval

Reys (masofa)	T, °C	Yuk, kg	Q _{yakuniy} , l	Q _{haqiqiy} , l	δ, %	Sana va vaqt
1-borish (bo'sh, 65 km)	47	0	28,80	32,00	10,0	24.06.2025, 11:00
1-qaytish (yuk, 65 km)	47	26 000	40,32	44,36	9,1	24.06.2025, 14:00
2-borish (bo'sh, 65 km)	46	0	28,62	31,66	9,6	25.06.2025, 12:30
2-qaytish (yuk, 65 km)	45	26 000	39,78	43,96	9,5	25.06.2025, 15:30
Umumiy statistika			MAPE = 9,55%			

3.5-jadval ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, HOWO A7 6×4 uchun Sherobod yo'nalishida xatolik darajasi 9,1–10,0 % oralig'ida saqlanib qoldi (MAPE = 9,55 %). Muzrabot yo'nalishi bilan qiyoslanganda, ushbu ko'rsatkichlar deyarli bir xil bo'lib, bu modelning har ikki relyef sharoitida ham barqaror ishlashini ko'rsatadi. Ayniqsa,

Sherobod yoʻnalishidagi yuklangan reyslarda modelning aniqlik darajasi (9,1 %; 9,5 %) boʻsh reyslarnikidan (10,0 %; 9,6 %) biroz yuqori ekanligini qayd etish mumkin. Bu koʻpaytma modelining ogʻir yuk va qiyalik taʼsirini bir vaqtda toʻgʻri aks ettira olishiga dalildir.

MAN TGS 33.360 — Termiz–Sherobod yoʻnalishi boʻyicha sinov natijalari

3.6-jadval

Reys (masofa)	T, °C	Yuk, kg	Q_{yakuniy}, l	Q_{haqiqiy}, l	δ, %	Sana va vaqt
1-borish (boʻsh, 65 km)	47	0	30,31	33,34	9,1	24.06.2025, 11:30
1-qaytish (yuk, 65 km)	47	20 000	42,44	46,84	9,4	24.06.2025, 14:45
2-borish (boʻsh, 65 km)	45	0	29,91	33,31	10,2	25.06.2025, 12:00
2-qaytish (yuk, 65 km)	45	20 000	41,88	46,53	10,0	25.06.2025, 15:15
Umumiy statistika			MAPE = 9,68%			

Sherobod yoʻnalishida MAN TGS 33.360 uchun olingan MAPE = 9,68 % koʻrsatkichi Muzrabot yoʻnalishidagi MAPE = 9,95 % dan biroz past boʻldi. Ushbu farqning sababi Sherobod yoʻnalishida aniq relyef qismlari boʻyicha maʼlumotlar yuqori sifatda kiritilganligida, bu esa K_{α} hisob-kitobining aniqroq boʻlishini taʼminlaganligida koʻrinadi. Muzrabot va Sherobod yoʻnalishlari boʻyicha natijalarni umumiy taqqoslash shuni koʻrsatadiki, har ikki yoʻnalishda xatolik koʻrsatkichlari oʻzaro yaqin qiymatlarni hosil qilgan. Bu ishlab chiqilgan modelning turli relyef sharoitlarida ham barqaror ishlashini, yaʼni metodologiyaning keng qoʻllanilishi mumkinligini isbotlaydi [11].

Isuzu NQR 75 — Termiz shahar ichi yoʻnalishi (STG)

Isuzu NQR 75 avtomobili korxonaning Termiz shahri ichidagi qurilish materiallarini tashishda qoʻllaniladi. Shahar ichi yoʻnalishida (bir tomonlama masofa 10 km) relyef koeffitsiyenti $K_{\alpha} = 0$ deb qabul qilingan. STG yonilgʻisi uchun

termik koeffitsiyent $K_t = 0,200$ ni tashkil etadi [11, 46]. Sinov kunlari havo harorati $+48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ni qayd etdi — tadqiqot muddati davomidagi eng yuqori ko‘rsatkich.

Isuzu NQR 75 (STG) — Termiz shahar ichi bo‘yicha sinov natijalari

3.7-jadval

Reys (masofa)	T, $^{\circ}\text{C}$	Yuk, kg	Qyakuniy, m^3	Qhaqiqiy, m^3	δ , %	Sana va vaqt
1-borish (bo‘sh, 10 km)	48	0	2,64	2,92	9,6	20.06.2025, 11:00
1-qaytish (yuk, 10 km)	48	5 000	3,70	4,12	10,2	20.06.2025, 13:30
2-borish (bo‘sh, 10 km)	48	0	2,64	2,95	10,5	22.06.2025, 12:00
2-qaytish (yuk, 10 km)	48	5 000	3,70	4,07	9,1	22.06.2025, 15:00
Umumiy statistika			MAPE = 9,85%			

Izoh: Jadvalda o‘lchov birligi mantiqiy izchillikni saqlash maqsadida aniq 10 km masofaga mutanosib mutlaq hajmda (m^3) ko‘rsatildi.

Isuzu NQR 75 avtomobili uchun olingan natijalar STG da ishlovchi dvigatellar uchun ishlab chiqilgan harorat koeffitsiyenti ($K_t = 0,200$) amaliy jihatdan to‘g‘ri tanlanganligini ko‘rsatdi. Shahar sharoitida tez-tez to‘xtash va harakatni qayta boshlash rejimlari mavjud bo‘lishiga qaramay, model xatoligi 10,5 % dan oshmadi (MAPE = 9,85 %). Bundan tashqari, STG dvigateli uchun umumiy xatolik dizel avtomobillari natijalari bilan qiyoslaganda, o‘rtadagi farq 0,1–0,4 foiz birlik ichida ekanligi ma’lum bo‘ldi. Bu o‘ta yaqin natija issiq iqlim sharoitida STG uchun alohida koeffitsiyentning miqdoriy jihatdan to‘g‘ri ekanligini isbotlaydi [11, 46]. Metodikaning nafaqat magistral tashuvlarda, balki shahar ichida ham qo‘llanish imkoniyatiga ega ekanligi eksperimental tasdiqlandi.

Barcha avtomobillar bo‘yicha umumlashtirilgan tahlil

Barcha sinov yoʻnalishlari va avtomobil modellari boʻyicha olingan natijalarni yagona jadvalda umumlashtirish modelning umumiy adekvatlik darajasini yaqqol baholash imkonini beradi.

Barcha avtomobillar va yoʻnalishlar boʻyicha umumlashtirilgan sinov natijalari

3.8-jadval

Avtomobil	Yonilgʻi turi	Yoʻnalish	MAPE, %
HOWO A7 6×4	Dizel	Termiz–Muzrabot	9,50
HOWO A7 6×4	Dizel	Termiz–Sherobod	9,55
MAN TGS 33.360	Dizel	Termiz–Muzrabot	9,95
MAN TGS 33.360	Dizel	Termiz–Sherobod	9,68
Isuzu NQR 75	STG	Shahar ichi	9,85
Oʻrtacha umumiy MAPE			9,71%

3.8-jadvaldan koʻrinadiki, barcha sinov yoʻnalishlari va avtomobil modellari boʻyicha oʻrtacha nisbiy xatolik (MAPE) 9,50 %–9,95 % oraligʻida joylashib, umumiy oʻrtacha MAPE = 9,71 % ni tashkil etdi. Muhandislik hisoblari uchun 10 % gacha boʻlgan tafovut amaliy jihatdan qoniqarli deb hisoblanadi [44]. Shuning uchun ishlab chiqilgan model Surxondaryo viloyatining issiq iqlim sharoitlarida yuk avtomobillari yonilgʻi sarfini prognozlash va meʼyorlash masalalarida ishonchli qoʻllanishi mumkin.

Dizel avtomobillari (HOWO va MAN) va STG dvigatelli Isuzu NQR 75 oʻrtasidagi MAPE farqi 0,3–0,4 foiz birlikni tashkil etishi ikki xil yonilgʻi turi uchun alohida termik koeffitsiyentlar ($K_t = 0,137$ dizel; $K_t = 0,200$ STG) joriy etilganligining metodologik toʻgʻriligini eksperimental isbotlaydi. Bunday minimal tafovut yagona modeldan ikkala yonilgʻi turida foydalanish imkoniyati borligini koʻrsatadi.

Xulosa qilib aytganda, 2025-yilning 20–25-iyun kunlari Surxondaryo viloyatining issiq (+45–+48 °C) sharoitida oʻtkazilgan eksperimental sinov natijalari

ikkinchi bobda ishlab chiqilgan ko'paytmali me'yorlash modelining real ekspluatatsion sharoitlarga to'liq moslashganligini tasdiqladi [44, 45].

3.3. Taklif etilgan modelning amaliy ahamiyati va iqtisodiy samaradorligini baholash

Tadqiqot doirasida o'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarining yonilg'i sarfini me'yorlash bo'yicha ishlab chiqilgan matematik model nazariy jihatdan yuqori aniqlikka ega bo'lishiga qaramay, uni an'anaviy qog'oz shaklida amaliyotga tatbiq etish inson omili (haroratni doimiy kuzatib borish va hisoblashdagi xatoliklar) sababli o'z samaradorligini qisman yo'qotishi mumkin. Shu sababli, tadqiqot natijalarini "Surxon Sanoat Qurilish" MChJ korxonasi amaliyotiga raqamlashtirilgan axborot tizimi (maxsus Telegram-bot) ko'rinishida joriy etish taklif etildi.

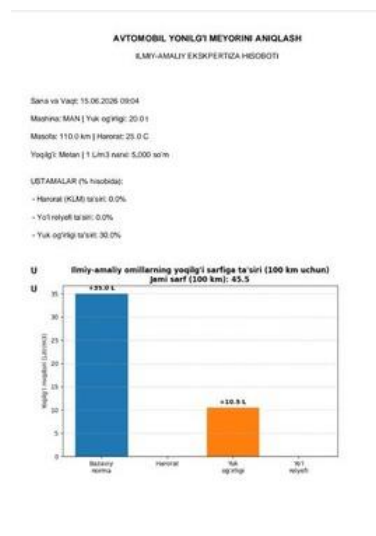
Dasturiy ta'minotning ishlash algoritmi

Mazkur tizim dispetcherlar va logistika bo'limi uchun ishlab chiqilgan bo'lib, ma'lumotlarni qat'iy ravishda 2-bobda asoslangan metodologiya doirasida quyidagi algoritm bo'yicha avtomatik hisoblaydi:

1-bosqich. Dastlabki parametrlarni kiritish. Avtomobil turi, tashilayotgan yuk massasi, qatnov masofasi va marshrut parametrlari tizimga kiritiladi. Bu bosqichda dispetcher ish jarayonida zarur bo'lgan barcha asosiy ma'lumotlarni tizimga uzatadi.

2-bosqich. Bazaviy me'yor va relyef koeffitsiyentini aniqlash. Tizim ma'lumotlar bazasidan tanlangan avtomobil turiga mos bazaviy yonilg'i sarfi me'yori hamda belgilangan marshrut uchun oldindan kiritilgan o'rtacha relyef koeffitsiyenti (K_α) va yuk koeffitsiyentini (K_m) yuklab, mexanik sarfni hisoblaydi.

3-bosqich. Termik tuzatishni kiritish. Joriy havo harorati tashqi meteorologik ma'lumotlar bazasi orqali real vaqt rejimida qabul qilinadi. Tizim 2-bobda ishlab chiqilgan bo'lakli-chiziqli model asosida joriy haroratga mos termik koeffitsiyentni (K_t) avtomatik aniqlaydi.



3.1-rasm yonilg'i sarfini hisoblash tartibi

4-bosqich. Yakuniy ekspluatatsion me'yorni shakllantirish. Tizim yuqoridagi barcha bosqichlarda aniqlangan parametrlarni umumlashtirib, aynan shu qatnov uchun iqlim va relyefga mutlaq moslashtirilgan yakuniy ekspluatatsion me'yorni ($Q_{yakuniy}$) avtomatik hisob-kitob qiladi va dispetcherga taqdim etadi.

Iqtisodiy samaradorlikni baholash metodikasi (Kunlik va Oylik tahlil)

Yangi metodologiyaning iqtisodiy samarasi an'anaviy o'zgarmas me'yorlarni "yaxlitlab yozish" va haroratni mavsumiy statik hisoblashdan kelib chiqadigan yashirin xatoliklarni bartaraf etishga asoslanadi.

3.2-bo'limda olingan natijalarga ko'ra model yordamida aniqlangan yonilg'i sarfi amaldagi me'yorlardan o'rtacha 2,5 % ga farq qilishi aniqlandi. Raqamlashtirilgan metodologiyani joriy etish natijasida yonilg'i sarfi bo'yicha 2–3 % diapazonda iqtisodiy samara olinishi mumkinligi qabul qilindi. Ishlab chiqilgan modelni Telegram-bot shaklida qo'llash hisob-kitoblarning tezkorligi va aniqligini oshiradi. Yonilg'i tejamkorligi esa model asosida me'yorlash aniqligining ortishi natijasida yuzaga keladi.

Ushbu iqtisodiy samarani "Surxon Sanoat Qurilish" MChJ ning aralash avtoparki misolida, korxonaning kunlik va oylik ish rejimi doirasida tahlil qilamiz. Korxona avtoparki quyidagi tarkibdan iborat deb xisoblasak: 5 ta MAN TGS 33.360 (dizel yonilg'isi) va 5 ta HOWO A7 (dizel yonilg'isi).

Tayanch ko'rsatkichlar

- Ish rejimi: Agar har bir avtomobil kuniga 1 ta to'liq aylanma qatnovni amalga oshirganida (Termiz–Sherobod, o'rtacha masofa 130 km). Bir oyda 26 ish kuni.
- O'rtacha sarf: MAN TGS 33.360 uchun 38 l/100 km; HOWO A7 uchun 36 l/100 km.
- Yonilg'i narxi: 1 litr dizel = 13 500 so'm.

1. Kunlik iqtisodiy samaradorlik

Bir kunda bitta avtomobil 130 km masofa bosib o'tganda tizim beradigan 2,5 % lik tejamkorlik (E_{kun}) quyidagicha aniqlanadi:

MAN TGS 33.360 — 1 ta mashina uchun:

Kunlik sarf: $(130 / 100) \times 38 = 49,4$ litr/kun

Kunlik tejalgan hajm: $49,4 \times 0,025 \approx 1,24$ litr/kun

Iqtisod qilingan mablag': $1,24 \times 13\,500 = 16\,740$ so'm

HOWO A7 — 1 ta mashina uchun:

Kunlik sarf: $(130 / 100) \times 36 = 46,8$ litr/kun

Kunlik tejalgan hajm: $46,8 \times 0,025 \approx 1,17$ litr/kun

Iqtisod qilingan mablag': $1,17 \times 13\,500 = 15\,795$ so'm

Butun avtoparkning kunlik samaradorligi (5 ta MAN + 5 ta HOWO):

$$M_{kunlik} = (5 \times 16\,740) + (5 \times 15\,795) = 83\,700 + 78\,975 = 162\,675 \text{ so'm/kun}$$

2. Oylik iqtisodiy samaradorlik

Korxona bir oyda o'rtacha 26 kunlik faol ish rejimida ishlashini hisobga olsak, aralash parkning oylik sof tejamkorligi (Moylik) quyidagini tashkil etadi:

$$M_{oylik} = 162\,675 \times 26 = 4\,229\,550 \text{ so'm/oy}$$

Dastlabki joriy etish xarajatlaridan so'ng, faqatgina hisob-kitobni raqamlashtirish va ekspluatatsion sharoitlarni yetarlicha hisobga olmaslik bilan bog'liq xatoliklar hisobiga korxona har oyda o'rtacha 4,23 million so'm miqdoridagi yashirin isrofgarchilikning oldini oladi.

3. Loyihaning o'zini oqlash muddati ($T_{qoplash}$)

Axborot tizimini dasturlash, uni logistika jarayonlariga integratsiya qilish va xodimlar uchun zarur sozlashlarga ketadigan bir martalik kapital xarajatlar qiymati ($D_{xarajati}$) 20 000 000 so'm deb baholandi.

Sarmoyani qoplash muddati oylik sof tejamkorlikka nisbatan hisoblanadi:

$$T_{qoplash} = \frac{D_{xarajati}}{M_{oylik}} \quad (3.2)$$

$$T_{qoplash} = 20\,000\,000 / 4\,229\,550 \approx 5 \text{ oy}$$

Dasturiy ta'minot uchun jami xarajat

3.9-jadval

Xarajat turi	Miqdor
Telegram-bot ishlab chiqish	12 mln
Test va sozlash	3 mln
Ma'lumotlar bazasi	2 mln
Xodimlarni o'qitish	3 mln
Jami	20 mln

O'tkazilgan texnik-iqtisodiy tahlillar natijasida ishlab chiqilgan yonilg'i sarfini me'yorlash modeli va uning raqamlashtirilgan qo'llash mexanizmi korxonalarda ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkoniyatiga ega ekanligi aniqlandi. Hisob-kitoblarga ko'ra, taklif etilayotgan metodologiya 2–3 % diapazondagi yonilg'i tejamliligini ta'minlashi mumkin. Bu esa avtotransport korxonalarida yonilg'i resurslaridan oqilona foydalanish, me'yorlash aniqligini oshirish va logistika jarayonlarini raqamlashtirish uchun amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Telegram-botning afzalliklari

3.10-jadval

An'anaviy usul	Taklif etilgan tizim
Qo'lda hisoblash	Avtomatik hisoblash
Harorat qo'lda olinadi	Real vaqt harorati
Yuqori xato ehtimoli	Kam xatolik
Ko'p vaqt talab qiladi	Tezkor natija

III BOB BO'YICHA XULOSALAR

1. Matematik modelning amaliy isbotlanishi: Surxondaryo viloyatining ekstremal issiq iqlimi (+45...+48 °C) sharoitida o'tkazilgan amaliy sinovlar ikkinchi bobda ishlab chiqilgan ko'paytmali modelning yuqori aniqligini isbotladi. Uch xil avtomobil modeli (HOWO, MAN, Isuzu) va turli murakkablikdagi yo'nalishlarda o'tkazilgan tadqiqotlar natijasiga ko'ra, haqiqiy va hisoblangan yonilg'i sarfi o'rtasidagi o'rtacha nisbiy xatolik (MAPE) 9,71% ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich muhandislik hisoblari uchun belgilangan 10% lik ruxsat etilgan me'yordan past bo'lib, modelning amaliyotiga yaroqliligini tasdiqlaydi.

2. Yonilg'i turlari bo'yicha moslashuvchanlik: Dizel va siqilgan tabiiy gaz (STG) dvigatellari uchun alohida kiritilgan issiqlik koeffitsiyentlari (K_t) eksperimental tasdig'ini topdi. Ikkala turdagi yonilg'i uchun xatolik ko'rsatkichlari o'rtasidagi farq atigi 0,3–0,4% ni tashkil etishi bitta yagona metodologiya orqali butun aralash avtoparkni ishonchli boshqarish imkoniyatini yaratadi.

3. Hisob-kitob jarayonini raqamlashtirish: An'anaviy qog'ozdagi hisobotlar va statik ustamalar o'rniga, real vaqt rejimida harorat hamda relyefni inobatga oluvchi maxsus Telegram-bot raqamli tizimi taklif etildi. Bu dasturiy yechim inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni (haroratni noto'g'ri olish, yaxlitlash) bartaraf etib, dispetcherlik nazoratini to'liq avtomatlashtirish imkonini berdi.

4. Iqtisodiy samaradorlik va o'zini oqlash muddati: Taklif etilgan raqamli axborot tizimi va aniqlashtirilgan me'yorlarni amaliyotga joriy etish natijasida avtokorxonalar 2–3% miqdorida yonilg'i tejamkorligiga erishishi asoslandi. "Surxon Sanoat Qurilish" MChJ ning 10 ta og'ir yuk avtomobilidan iborat parki misolida, bu yondashuv oyiga o'rtacha 4,23 mln so'm yashirin iqtisodiy isrofgarchilikning oldini oladi. Tizimni joriy etishga ketadigan kapital xarajatlar (20 mln so'm) atigi 5 oy ichida o'zini to'liq oqlashi texnik-iqtisodiy tahlillar orqali hisob-kitob qilindi.

UMUMIY XULOSA VA TAKLIFLAR

O'rta va og'ir vaznli yuk ko'taruvchi avtomobillarning ekspluatatsion yonilg'i sarfini me'yorlash usullarini O'zbekistonning janubiy hududlari sharoitiga moslashtirish bo'yicha olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari natijasida quyidagi umumiy xulosalarga kelindi:

1. **Nazariy bo'shliqning aniqlanishi:** Jahon amaliyotida va MDH davlatlarida qo'llanilayotgan standart me'yorlash usullari O'zbekistonning janubiy mintaqalariga xos bo'lgan quruq-issiq iqlim (+45...+48 °C) hamda murakkab tog'li-adirli relyef sharoitlarini to'liq qamrab ololmasligi aniqlandi. Bu holat amaliyotda 10–15% gacha yashirin yonilg'i isrofgarchiligini keltirib chiqarishi mumkin.

2. **Kompleks ta'sirni baholash modeli:** Dvigatel ishlash jarayoniga havo harorati (K_t), tashish jarayonidagi yuk massasi (K_m) va yo'l relyefining (K_α) o'zaro qo'shma ta'sirini baholovchi yagona ko'paytmali matematik model ishlab chiqildi. Dizel va siqilgan tabiiy gaz (STG) dvigatellari uchun kritik harorat (+30 °C) dan keyin yonilg'i sarfining oshish qonuniyati nazariy jihatdan asoslab berildi.

3. **Modelning eksperimental tasdig'i:** Ishlab chiqilgan metodologiya "Surxon Sanoat Qurilish" MChJda amaliy sinovdan o'tkazilganda, hisoblangan va haqiqiy yonilg'i sarfi o'rtasidagi o'rtacha xatolik (MAPE) 9,71% ni tashkil etdi. Bu ruxsat etilgan muhandislik xatoligi me'yoridan (10%) past bo'lib, modelning amalyotga joriy etish yaroqliligini tasdiqladi.

4. **Raqamlashtirish va iqtisodiy samara:** An'anaviy qog'ozli hisobotlar o'rniga, harorat va relyef ma'lumotlarini real vaqt rejimida ishlovch raqamli Telegram-bot ishlab chiqildi. Ushbu axborot tizimining joriy etilishi natijasida avtotransport korxonalarida o'rtacha 2–3% sof yonilg'i tejamkorligiga erishilishi hamda dastlabki xarajatlar (20 mln so'm) 5 oy ichida o'zini oqlashi texnik-iqtisodiy tahlillar bilan isbotlandi.

Amaliy takliflar

1. Me'yoriy hujjatlarni takomillashtirish.

O'zbekiston Respublikasida transport vositalari uchun amalda qo'llanilayotgan yonilg'i sarfi me'yorlarini belgilovchi hujjatlarga janubiy hududlar (Surxondaryo, Qashqadaryo va boshqa issiq iqlimli mintaqalar) uchun harorat omilini hisobga oluvchi qo'shimcha tuzatish koeffitsiyentlarini kiritish tavsiya etiladi. Bu yonilg'i sarfini haqiqiy ekspluatatsiya sharoitlariga yaqinroq baholash imkonini beradi.

2. Korxonalarda yonilg'i sarfini hisoblashning raqamli tizimini joriy etish.

Tadqiqot asosida ishlab chiqilgan Telegram-botdan avtotransport korxonalarida foydalanish orqali yonilg'i sarfini tezkor hisoblash va me'yorlash jarayonlarini soddalashtirish mumkin.

3. Yonilg'i sarfini nazorat qilish samaradorligini oshirish.

Telegram-bot yordamida hisoblangan me'yoriy sarf qiymatlarini haqiqiy sarf ko'rsatkichlari bilan taqqoslash orqali yonilg'i sarfi ustidan nazoratni kuchaytirish va ortiqcha sarflarni aniqlash tavsiya etiladi.

4. Raqamli monitoring tizimlari bilan integratsiyalash.

Kelgusida ishlab chiqilgan tizimni GPS va telematik monitoring vositalari bilan integratsiyalash orqali yonilg'i sarfini avtomatik nazorat qilish imkoniyatlarini kengaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

ATAMALARNING QISQARTMALARI

IEA - Xalqaro energetika agentligi

UNECE - Birlashgan Millatlar Tashkilotining Yevropa Iqtisodiy Komissiyasi

XADI - Xarkiv avtomobil va yo‘l instituti (Харьковский автомобильно-дорожный институт ХАДИ)

STG - Siqilgan tabiiy gaz

КЛИМ - Кусочно-линейная модель - bo‘lakli-chiziqli matematik model

CAN - Transport vositasidagi elektron boshqaruv bloklari o‘rtasida ma’lumot uzatishni ta’minlovchi Controller Area Network tarmog‘i

FMS - Transport vositalari parkini boshqarish tizimi -Fleet Management System.

VECTO - Transport vositalarining energiya sarfini hisoblash dasturi - Vehicle Energy Consumption Calculation Tool

GRPE - Yevropa Iqtisodiy Komissiyasi (BMT Yevropa Iqtisodiy Komissiyasi qoshidagi yuk transporti qoidalarini ishlab chiquvchi ishchi guruh) — Group of Rapporteurs on Pollution and Energy

GTR №4 - Global texnik reglament №4 — Global Technical Regulation No. 4

WHDC - Butunjahon umumiyashtirilgan og‘ir yuk avtomobillari sertifikatlash sikli - Worldwide Harmonised Heavy-Duty Certification

WHTC - Butunjahon umumiyashtirilgan (transient) sinov sikli — World Harmonised Transient Cycle

WHSC - Butunjahon umumiyashtirilgan statsionar sinov sikli — World Harmonised Stationary Cycle

EPA - Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi — Environmental Protection Agency

HD-FTP - Og‘ir yuk avtomobillari uchun federal sinov protsedurasi — Heavy-Duty Federal Test Procedure

SET - Qo‘shimcha emissiya sinovi - Supplemental Emission Test

GEM - Transport vositalarining chiqindi gazlari emissiyasini baholash uchun mo‘ljallangan simulyatsion model - Greenhouse Gas Emissions Model

ICCT - Transport bo'yicha xalqaro kengash - International Council on Clean Transportation

EBB - Elektron boshqaruv bloki

SAE — Avtomobil muhandislari jamiyati - Society of Automotive Engineers

ISO — Xalqaro standartlashtirish tashkiloti — International Organization for Standardization

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrdagi “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining yashil iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-436-son qarori. // Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi. URL: <https://lex.uz/docs/-6303230>

2. O‘zDSt 3597:2022. Avtomobil transporti vositalari. Yoqilg‘i sarfi normalari va ularni hisoblash usullari. – Toshkent: O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi, 2022.

URL: https://nrm.uz/contentf?doc=752025_o%60z_dst_35972022

3. O‘zDSt ISO 39001:2015. Yo‘l harakati xavfsizligini menejment qilish tizimlari. Qo‘llash bo‘yicha talablar va ko‘rsatmalar (ISO 39001:2012, IDT). – Toshkent: O‘zstandart agentligi, 2015.

URL: <https://www.iso.org/standard/44958.html>

4. Reyer C. P. O., Otto I. M., Adams S., Albrecht T., Baarsch F., Carlsburg M., Coumou D., Eden A., Ludi E., Marcus R., Mengel M., Mosello B., Robinson A., Schleussner C.-F., Serdeczny O., Stagl J. Climate change impacts in Central Asia and their implications for development // Regional Environmental Change. — 2017. — Vol. 17, № 6. — P. 1639–1650. — DOI: 10.1007/s10113-015-0893-z.

5. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. — 2nd ed. — New York: McGraw-Hill Education, 2018. — 1056 p.

6. International Energy Agency. Uzbekistan 2022 — Energy Policy Review. — Paris: IEA Publications, 2022.

URL: <https://www.iea.org/reports/uzbekistan-2022>

7. United Nations Economic Commission for Europe. Uzbekistan’s Energy Policy Brief. — Geneva: UNECE, 2024.

URL: [https://unece.org/sites/default/files/2024-07/uzbekistan%20\(4\)](https://unece.org/sites/default/files/2024-07/uzbekistan%20(4))

8. Fontaras G., Rexeis M., Dilara P., Hausberger S., Anagnostopoulos K. The Development of a Simulation Tool for Monitoring Heavy-Duty Vehicle CO₂

Emissions and Fuel Consumption in Europe // SAE Technical Paper 2013-24-0150.
— Capri, Italy, 2013. — DOI: 10.4271/2013-24-0150.

9. Commission Regulation (EU) 2017/2400 of 12 December 2017 implementing Regulation (EC) No 595/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the determination of the CO_2 emissions and fuel consumption of heavy-duty vehicles // Official Journal of the European Union. — 2017. — L 349. — P. 1–247.

10. Fontaras G., Grigoratos T., Savvidis D., Anagnostopoulos K., Luz R., Rexeis M., Hausberger S. An experimental evaluation of the methodology proposed for the monitoring and certification of CO_2 emissions from heavy-duty vehicles in Europe // Energy. — 2016. — Vol. 102. — P. 354–364. — DOI: 10.1016/j.energy.2016.02.076.

11. Wang J., Wang R., Yin H., Wang Y., Wang H., He C., Liang J., He D., Yin H., He K. A Comparative Study on Fuel Consumption Prediction Methods of Heavy-Duty Diesel Trucks Considering 21 Influencing Factors // Energies. — 2021. — Vol. 14, № 23. — Article 8106. — DOI: 10.3390/en14238106.

12. Говорущенко Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. — М.: Транспорт, 1990. — 135 с.

13. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р «О введении в действие методических рекомендаций “Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте”» (в ред. от 30.09.2021 г. № ВД-196-р).

URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_76009/

14. Резник Л. Г., Ромалис Г. М., Чарков С. Т. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. — М.: Транспорт, 1989. — 128 с.

15. Рогачев В. А. Разработка методики определения норм расхода топлива автомобилей в реальных условиях эксплуатации: магистерская диссертация / науч. рук. К. А. Асанбеков. — Екатеринбург: ФГАОУ ВО

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», 2019. — 83 с.

16. Qobulov M., Jaloldinov G., Masodiqov Q. Avtotransport vositalari ekspluatatsiyasining mavjud tizimlari // Экономика и социум. — 2021. — № 4 (83). — В. 1–6.

17. Delgado O., Rodríguez F., Muncrief R. Fuel Efficiency Technology in European Heavy-Duty Vehicles: Baseline and Potential for the 2020–2030 Time Frame. — Washington, DC: International Council on Clean Transportation (ICCT), 2017. — 74 p.

18. United Nations. Global Technical Regulation No. 4: Test procedure for compression-ignition and positive-ignition engines with regard to the emission of pollutants — ECE/TRANS/180/Add.4. — Geneva: UN Economic Commission for Europe, 2007.

19. U.S. Environmental Protection Agency. Heavy-Duty Highway Compression-Ignition Engines and Urban Buses — Exhaust Emission Standards // Code of Federal Regulations, Title 40, Part 86. — Washington, DC: EPA, 2024.

20. Caton J. A. An Introduction to Thermodynamic Cycle Simulations for Internal Combustion Engines. — Chichester: John Wiley & Sons, 2016. — 416 p.

21. Abdullah N. R., Shahrudin N. S., Mamat A. M. I., Kasolang S., Zulkifli A., Mamat R. Effects of Air Intake Pressure to the Fuel Economy and Exhaust Emissions on a Small SI Engine // Procedia Engineering. — 2013. — Vol. 68. — P. 278–284. — DOI:10.1016/j.proeng.2013.12.180.

22. European Commission. Vehicle Energy Consumption calculation Tool — VECTO. —

URL: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-decarbonisation/road-transport/vehicle-energy-consumption-calculation-tool-vec-to_en

23. U.S. Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Emissions Model (GEM) for Medium- and Heavy-Duty Vehicle Compliance — User Guide v4.0. — Washington, DC: EPA, July 2022. — EPA-420-B-22-024.

24. Delgado O., Lutsey N. Heavy-Duty Vehicle Fuel Efficiency Simulation: A Comparison of US and EU Tools. — Washington, DC: International Council on Clean Transportation (ICCT), 2015. — 24 p.

25. Lustbader J. A., Rugh J. P., Rister B. R., Venson T. S. CoolCab Test and Evaluation and CoolCalc HVAC Tool Development. — Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2012. — NREL/CP-5400-54462.

26. Kessels J. T. B. A., van den Bosch P. P. J. Model Development for Air Conditioning System in Heavy Duty Trucks // Automotive Air Conditioning: Optimization, Control and Diagnosis. — Cham: Springer International Publishing, 2016. — P. 19–35. — DOI: 10.1007/978-3-319-33590-2_2.

27. SAE International. SAE J1939: Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network. — Warrendale, PA: SAE International, 2018.

28. Bus and Truck FMS Standard Interface Description. Version 04. — Brussels: ACEA (European Automobile Manufacturers' Association), 2020.

29. Zhou M., Jin H., Wang W. A Review of Vehicle Fuel Consumption Models to Evaluate Eco-Driving and Eco-Routing // Transportation Research Part D: Transport and Environment. — 2016. — Vol. 49. — P. 203–218. — DOI: 10.1016/j.trd.2016.09.008.

30. O'zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati markazi. Surxondaryo viloyati iqlim resurslari va meteorologik kuzatuv ma'lumotlari (2015–2024-yillar). — Toshkent: O'zgidromet, 2024.

31. Chub V. E. Climate Change and its Impact on the Hydrometeorological Processes, Agroclimatic and Water Resources of the Republic of Uzbekistan. — Tashkent: Center of Hydrometeorological Service (Uzhydromet), 2007. — 132 p.

32. Wang J., Rakha H. A. Fuel consumption model for heavy duty diesel trucks: Model development and testing // Transportation Research Part D: Transport and Environment. — 2017. — Vol. 55. — P. 127–141. — DOI: 10.1016/j.trd.2017.06.011.

33. Кравченко П. А., Олещенко Е. М. Транспортная логистика: учебник для вузов. — 2-е изд. — М.: Юрайт, 2020. — 360 с.
34. Boriboonsomsin K., Barth M. Impacts of road grade on fuel consumption and carbon dioxide emissions evidenced by use of advanced navigation systems // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. — 2009. — Vol. 2139, № 1. — P. 21–30. — DOI: 10.3141/2139-03.
35. Perrotta F., Parry T., Neves L. C. Application of machine learning for fuel consumption modelling of trucks // 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). — Boston, MA, USA, 2017. — P. 3810–3815. — DOI: 10.1109/BigData.2017.8258382.
36. Demir E., Bektaş T., Laporte G. A review of recent research on green road freight transportation // European Journal of Operational Research. — 2014. — Vol. 237, № 3. — P. 775–793. — DOI: 10.1016/j.ejor.2013.12.033.
37. Kraschl-Hirschmann K., Fellendorf M. Estimating energy consumption for routing algorithms // 2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. — Alcála de Henares, Spain, 2012. — P. 258–263. — DOI: 10.1109/IVS.2012.6232256.
38. ГОСТ Р 54810-2011. Автомобильные транспортные средства. Методы измерения расхода топлива. — М.: Стандартинформ, 2012.
39. SAE J1321. Joint TMC/SAE Fuel Consumption Test Procedure — Type II. — Warrendale, PA: SAE International, 2012.
40. Surxon Sanoat Qurilish MChJ. Avtotransport texnik pasportlari va ekspluatatsion jurnallar. — Termiz, 2024 (arxiv hujjatlar).
41. Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2001. — 273 с.
42. Hyndman R. J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. — 3rd ed. — Melbourne: OTexts, 2021.
43. Box G.E.P., Draper N.R. Empirical Model-Building and Response Surfaces. — New York: John Wiley & Sons, 1987. — 669 p.
44. Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiments. — 10th ed. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2019. — 752 p.

45. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika. — 12-e izd. — Moskva: Vysshaya shkola, 2003. — 479 s.
46. Payri F., Lujan J.M., Martin J., Abbad A., Warey A. Diesel nozzle holes number influence on spray formation and combustion // *Fuel*. — 2010. — Vol. 89, No. 11. — P. 3512–3524. — DOI: 10.1016/j.fuel.2010.06.013.
47. Zuo W., He L., Li P., Duan X., Wei W. Evaluating the impact of urban traffic conditions on heavy-duty vehicle fuel consumption and emissions // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. — 2018. — Vol. 65. — P. 21–34. — DOI: 10.1016/j.trd.2018.07.020.
48. Fontaras G., Zacharof N., Ciuffo B. Fuel consumption and CO₂ emissions from passenger cars in Europe: Laboratory versus real-world emissions // *Progress in Energy and Combustion Science*. — 2017. — Vol. 60. — P. 97–131. — DOI: 10.1016/j.pecs.2016.12.004.
49. Giakoumis E.G. *Driving and Engine Cycles*. — Cham: Springer, 2017. — 507 p. — DOI: 10.1007/978-3-319-49034-2.
50. Mosheni M.R. Natural Gas as a Vehicle Fuel: Safety, Efficiency and Environmental Aspects // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. — 2014. — Vol. 21. — P. 840–849. — DOI: 10.1016/j.jngse.2014.10.011.
51. Laudon K. C., Laudon J. P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. — 16th ed. — New York: Pearson, 2020. — 656 p.
52. Sullivan W. G., Wicks E. M., Koelling C. P. *Engineering Economy*. — 17th ed. — New York: Pearson, 2018. — 720 p.
53. Harris I., Wang Y., Wang H. ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future // *International Journal of Production Economics*. — 2015. — Vol. 159. — P. 88-103. — DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.09.005.
54. European Environment Agency. *Transport and Environment Report 2023*. Copenhagen: EEA, 2023.
55. World Bank. *Connecting to Compete 2023: Trade Logistics in an Uncertain Global Economy*. Washington DC: World Bank, 2023.

56. Davis R. S. Equation for the Determination of the Density of Moist Air (1981/91) // Metrologia. — 1992. — Vol. 29, № 1. — P. 67–70. — DOI: 10.1088/0026-1394/29/1/008.

57. SAE International. SAE J1349: Engine Power Test Code — Spark Ignition and Compression Ignition — Net Power and Torque Rating. — Warrendale, PA: SAE International.

58. ISO 1585:2020. Road vehicles — Engine test code — Net power. — Geneva: International Organization for Standardization, 2020.

59. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Revised Edition. — Warrendale, PA: SAE International, 2021.

60. Transportation Research Board; National Research Council. Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles. — Washington, DC: The National Academies Press, 2010. — DOI: 10.17226/12845.

61. Wang H., Wang T., Chen J., Zhang L., Zheng Y., Li L., Sun Y. Evaluation and Simulation Analysis of Mixing Performance for Gas Fuel Direct Injection Engine under Multiple Working Conditions // Actuators. — 2023. — Vol. 12, № 6. — Article 239. — DOI: 10.3390/act12060239.

62. Ahn K., Rakha H., Trani A. Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels // Journal of Transportation Engineering. — 2002. — Vol. 128, No. 2. — P. 182-192.

63. Ericsson E. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors // Transportation Research Part D: Transport and Environment. — 2001. — Vol. 6, No. 5. — P. 325-345.

64. Korakianitis T., Namasivayam A. M., Crookes R. J. Natural-gas fueled spark-ignition and compression-ignition engine performance and emissions // Progress in Energy and Combustion Science. — 2011. — Vol. 37, No. 1. — P. 89-112.

65. Osorio-Tejada J. L., Llera-Sastresa E., Scarpellini S. Assessment of natural gas usage in heavy-duty trucks // Science of The Total Environment. — 2017. — Vol. 607. — P. 1269-1284.

66. Zito P., Salvo G. Toward an urban macroscopic fuel consumption model for heavy duty trucks // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2011. – Vol. 20. – P. 324-333.

67. Zhao M. et al. Impact of road grade on real-world tailpipe emissions of heavy-duty diesel trucks // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2013. – Vol. 25. – P. 15-20.

68. Faria M. V. et al. Impact of payload and road grade on fuel economy of a heavy-duty truck // *Energy*. – 2018. – Vol. 147. – P. 230-240.

69. Luján J. M., Bermúdez V., Dolz V., Monsalve-Serrano J. An assessment of the real-world driving exhaust emissions from a heavy-duty diesel engine // *International Journal of Engine Research*. – 2015. – Vol. 16, No. 4. – P. 556-568.

70. Rakha H., Ding Y. Impact of stops on vehicle fuel consumption and emissions // *Journal of Transportation Engineering*. – 2003. – Vol. 129, No. 1. – P. 23-32.

71. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.

72. Великанов Д.П. Эффективность автомобиля. – М.: Транспорт, 1989. – 186 с.

73. Кузнецов А.В., Волков В.С. Управление топливоиспользованием на автомобильном транспорте. – М.: Академия, 2015. – 256 с.

74. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономия топлива на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1990. – 287 с.

75. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта. – М.: Академия, 2003. – 312 с.

76. Корчагин В.А. Научные основы повышения эффективности работы автомобильного транспорта. – Липецк: ЛГТУ, 2006. – 254 с.

77. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1965. – 512 с.

78. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
79. Каменев В.Ф. и др. Автомобильные двигатели: теория и техническое обслуживание. – М.: Машиностроение, 2006. – 322 с.
80. Майоров В.И. Организация грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 2010. – 244 с.
81. Sidiqnazarov Q.M. Avtomobil transporti korxonalarining faoliyatini tashkil etish va boshqarish. – Toshkent: O‘zbekiston, 2007. – 340 b.
82. Ibragimov A. Avtomobillar texnik ekspluatatsiyasi. – Toshkent: Voris-nashriyot, 2014. – 280 b.
83. Toshpo‘latov I., Maxmudov A. Transport logistikasi va yuk tashish jarayonlarini modellashtirish. – Toshkent: TAYI, 2018. – 210 b.
84. Qobulov M.A. Zamonaviy avtomobil dvigatellarining ish jarayonlari va ekologik ko‘rsatkichlari. – Toshkent: TDTU, 2020. – 195 b.
85. O‘zbekiston Respublikasi Transport Vazirligi. O‘zbekiston Respublikasida yuk tashish qoidalari va normativlari. – Toshkent, 2021.
86. Karimov A.A. Issiq iqlim sharoitida ichki yonuv dvigatellari ishonchliligini oshirish: Monografiya. – Toshkent: Fan, 2019. – 150 b.
87. Maxmudov V.M. Avtomobil transportida muqobil yonilg‘ilardan foydalanish texnologiyalari. – Samarqand: SamDAQI, 2022. – 180 b.
88. Xodjayev B.A. Avtomobil yo‘llarida harakat xavfsizligi va logistika tamoyillari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2016. – 200 b.
89. Alimov R. Raqamli iqtisodiyotda transport tizimlarini avtomatlashtirish. – Toshkent: Iqtisodiyot, 2020. – 175 b.
90. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi. O‘zbekiston Respublikasi transport sohasidagi yillik tahliliy ma’lumotlar. – Toshkent, 2024.
91. Telegram FZ-LLC. Telegram Bot API Official Documentation. 2024. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>

92. Grinberg M. Flask Web Development: Developing Web Applications with Python. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2018. – 316 p.
93. Severance C. R. Python for Everybody: Exploring Data in Python 3. – Ann Arbor: CreateSpace Independent Publishing, 2016. – 248 p.
94. Croll A., Yoskovitz B. Lean Analytics: Use Data to Build a Better Startup Faster. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2013. – 440 p.
95. Giannelli R. et al. Heavy-duty diesel vehicle fuel consumption modeling // SAE Technical Paper. – 2005. – No. 2005-01-3135.
96. Berta G. L. et al. CNG engine performance in extreme environmental conditions // SAE Technical Paper. – 2001. – No. 2001-01-0570.
97. Tzirakis E. et al. Vehicle emissions and fuel consumption at extreme ambient temperatures // Atmospheric Environment. – 2006. – Vol. 40, No. 19. – P. 3549-3560.
98. Agrawal A., Singh S. K. Dvigatellarda oraliq havo sovitkich tizimlarining termodinamik tahlili va samaradorligi // Journal of Thermal Engineering. – 2014. – Vol. 3, No. 2. – P. 45-56.
99. Kakaç S., Liu H., Pramuanjaroenkij A. Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design. – Boca Raton: CRC Press, 2012. – 624 p.
100. Moran M. J. et al. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2014. – 1024 p.

1-Ilova ekspluatatsiyon jarayondan lavhalar





2-Ilova Ekstremal iqlim sharoitida yonilg'i sarfini me'yorlash dasturiy ta'minotining (Telegram-bot) asosiy hisoblash algoritmi kodi (Python tilida)

```
import json
import requests
from datetime import datetime

# 1. Avtomobillarning bazaviy ko'rsatkichlari (Ma'lumotlar lug'ati)
VEHICLES_DB = {
    "HOWO_A7_STG": {"Hs": 40.0, "Hw": 2.0, "fuel_type": "STG"},
    "MAN_TGS_33360": {"Hs": 35.0, "Hw": 1.3, "fuel_type": "dizel"},
    "KAMAZ_4310": {"Hs": 38.0, "Hw": 1.3, "fuel_type": "dizel"},
    "ISUZU_NQR": {"Hs": 17.5, "Hw": 1.3, "fuel_type": "dizel"}
}

# 2. Asosiy Termodinamik hisoblash funksiyasi (Yadro)
def calculate_etalon_norm(vehicle_id, distance_km, payload_tons, terrain_percent, temp_celsius):
    # Mashina parametrlarini tortib olish
    car = VEHICLES_DB.get(vehicle_id)
    if not car:
        return "Xatolik: Avtomobil topilmadi"

    Hs = car["Hs"]
    Hw = car["Hw"]

    # Mexanik ish qismi (Relyef bilan)
    Q_mech = 0.01 * (Hs * distance_km + Hw * payload_tons * distance_km) * (1 + terrain_percent / 100)

    # Termik ustama (Faqat +30 C dan issiq bo'lsa ishlaydi)
    if temp_celsius > 30:
```

```

        K_termik = 1 + 0.015 * ((temp_celsius - 30) ** 1.1)
    else:
        K_termik = 1.0

    # Yakuniy ETALON sarf
    Q_etalon = Q_mech * K_termik
    return round(Q_etalon, 2), car["fuel_type"]

# 3. OpenWeather API orqali haroratni onlayn olish funksiyasi
def get_current_temperature(city="Termez"):
    api_key = "SIZNING_MAXFIY_KALITINGIZ"
    url = "http://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q={city}&appid={api_key}&units=metric"

    response = requests.get(url)
    data = response.json()
    return data["main"]["temp"]

# 4. ERP 1C Buxgalteriya dasturiga ma'lumot jo'natish (JSON formati)
def send_to_ERP(vehicle_id, payload_tons, distance_km, temp_celsius, etalon_norm, fuel_type):
    # JSON paketini shakllantirish
    erp_payload = {
        "document_type": "waybill_norm",
        "vehicle_id": vehicle_id,
        "date": datetime.now().strftime("%Y-%m-%d"),
        "temperature_celsius": temp_celsius,
        "payload_tons": payload_tons,
        "distance_km": distance_km,
        "calculated_norm": etalon_norm,
        "fuel_type": fuel_type
    }

    json_data = json.dumps(erp_payload, indent=4)
    print("ERP tizimiga yuborilayotgan JSON paket:\n", json_data)

    # Haqiqiy loyihada bu yerda requests.post() orqali 1C serveriga yuboriladi
    return True

# === DASTURNI AMALDA ISHLATISH (Dispatcher ssenariysi) ===
if __name__ == "__main__":
    v_id = "MAN_TGS_33360"
    dist = 100      # 100 km masofa
    load = 20       # 20 tonna yuk
    terrain = 0     # 0% - Tekislik

    # 1. Haroratni onlayn tortib olish
    current_temp = get_current_temperature("Termez") # Masalan: 45.0 daraja

    # 2. Formulada hisoblash
    norma, yonilgi_turi = calculate_etalon_norm(v_id, dist, load, terrain, current_temp)

    # 3. 1C Buxgalteriyaga jo'natish
    send_to_ERP(v_id, load, dist, current_temp, norma, yonilgi_turi)

```

3-IIova telegram bot uchun QR kod

