

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJA BERUVCHI DSc.15/31.08.2022.T.73.03. RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

AZIMOV AKMAL XXX

**UNIVERSAL YONILG'I TA'MINOT TIZIMLI GAZ BALLONLI YENGIL
AVTOMOBILLARNING EKSPLUATATSION KO'RSATKICHLARINI
OSHIRISH**

05.08.06- G'ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Abstract contents of dissertation of doctor of philosophy (PhD)
in technical sciences**

Azimov Akmal XXX

Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning
ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish..... 3

АЗИМОВ АКМАЛ XXX

Повышение эксплуатационных показателей легковых газобаллонных
автомобилей с универсальной системой топливоподачи..... 25

Azimov Akmal XXX

Improving the performance of light gas-powered vehicles with a universal
fuel supply system 48

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works 52

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJA BERUVCHI DSc.15/31.08.2022.T.73.03. RAQAMLI ILMIY
KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

AZIMOV AKMAL XXX

**UNIVERSAL YONILG'I TA'MINOT TIZIMLI GAZ BALLONLI YENGIL
AVTOMOBILLARNING EKSPLUATATSION KO'RSATKICHLARINI
OSHIRISH**

05.08.06- G'ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.1.1PhD/T5464 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tstu.uz) va «ZiyoNet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Axmatjanov Ravshanjon Nematjonovich**
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

Rasmiy opponentlar: **Xalmuxamedov Aziz Suratovich**
texnika fanlari doktori, dotsent

Ro'zimov Sanjar Komilovich
texnika fanlari doktori (DSc.), dotsent

Yetakchi tashkilot: **Andijon davlat texnika instituti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.15/31.08.2022.T.73.03 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil «___» _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100167, Toshkent sh, Temirchi ko'chasi, 53-uy. Tel.: (99871) 299-00-01, faks: (99871) 293-57-54 e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ _____ raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01, faks: (99871) 293-57-54 e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «___» _____ kuni tarqatildi.
(2025-yil «___» _____ dagi _____ - raqamli reestr bayonnomasi).

A.A.Riskulov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

K.Z.Ziyaev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash kotibi, (PhD), dotsent

A.A.Muxitdinov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar
raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyo bo'yicha transport sohalarda energiya resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash maqsadida, an'anaviy neft yonilg'ilariga muqobil yonilg'ilardan foydalanish hamda energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llash orqali transport vositalarining energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizligini oshirish ko'rsatkichlariga katta ahamiyat berilmoqda. Hozirda rivojlangan xorijiy davlatlarda transport vositalarining energiya tejamkorligini oshirish, ekologik xavfsizligini ta'minlash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishda, muqobil yonilg'ilarda ishlovchi, energiya tejamkor gaz ballon uskunalari bilan jihozlangan gaz ballonli avtomobillardan foydalanish bilan avtotransport vositalarining ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishga qaratilgan masalalar yetakchi o'rinni egallagan. Bu borada, jumladan, gaz ballonli avtomobillarni past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida, sovuq ishga turishirishdagi yonilg'i tejamkorligini oshirish, ekologik xavfsizligini ta'minlashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda avtomobillar ekspluatatsiyasida yonilg'i xarajatlari va zararli gazlar miqdorini kamaytirish orqali ularning foydaliligini hamda ekologik xavfsizligini oshirish borasida ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yo'nalishda, jumladan, avtomobillarda gaz ballon uskunalari o'rnatish usullarini takomillashtirish, ularni ekspluatatsiya qilishda ekspluatatsiya sharoitini hisobga ish samaradorligini oshirish hamda dvigatelning elektron boshqaruv bloklariga o'rnatiladigan dasturiy ta'minotlarni yonilg'i turlarining o'zgarishiga moslashuvini yaxshilash orqali ekspluatatsion ko'rsatkichlarni oshirish bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida gaz ballonli avtomobillarning sovuq ishga tushirish jarayonidagi benzinda ishga tushirilib gaz yonilg'isiga o'tishini ratsional tanlash kabi masalalar dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda avtotransport vositalarining energiya tejamkorligini oshirish va ekologik xavfsizligini yanada yaxshilashda gaz ballonli avtomobillar ekspluatatsiyasini samarali tashkil etish muhim hisoblanadi, shu maqsadda avtotransport vositalarida gaz ballon uskunalari o'rnatish, sozlash va qayta jihozlashda ularning energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizlik ko'rsatkichlarini oshirishga qaratilgan keng qamrovli rejali chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Buni, transport tizimlarining ekologik va energiya xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan, sohadagi olib borilayotgan ilmiy-tadqiqot va uslubiy ishlarni rag'batlantiruvchi qator me'yoriy-huquqiy hujjatlarning qabul qilinganligi yaqqol ko'rsatib turibdi. Jumladan, 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "...iqtisodiyot tarmoqlari kesimida ishlab chiqarishni modernizatsiya va rekonstruksiya qilish natijasida energiya resurslarini tejashni nazarda tutuvchi texnik chora-tadbirlar dasturini ishlab chiqish..."¹ bo'yicha vazifalari alohida belgilab berilgan.

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

Mazkur vazifalarni bajarishda hamda gaz ballonli avtomobillar ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash uchun transport sektorida yonilg'i tejamkor texnologiyalarni qo'llash, zararli chiqindi gaz va zarrachalarni kamaytirish bo'yicha samarali va tezkor ishlar amalga oshirilish bugungi kunda eng zaruriy hamda dolzarb ishlardan hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi «Iqtisodiy va ijtimoiy tarmoqlarning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejaydigan texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish bo'yicha jadal chora-tadbirlar to'g'risida» gi PQ-4422-sonli va 2019-yil 4-oktabrdagi "2019 - 2030-yillar davrida O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida" gi PQ-4477-son qarori va 2023-yildagi 31-may "Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi faoliyatini samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ-171 sonli qarori shuningdek ushbu faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlardagi belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III "Energetika, energiya va resurslarni tejash, transport, mashina va priborsozlik" ustuvor yo'nalishlari doirasida bajarilgan.

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Xorijiy olimlar tomonidan gaz ballonli avtomobil dvigatellarining turli ekspluatatsiya sharoitlarida foydalanish samaradorligini tadqiq etish masalalari o'rganilgan, jumladan Sonia Yeh, Zisimos Toumasatos, Zissis Samaras, Ping Sun, Zongyan Lv, Lin Wu va boshqalar siqilgan tabiiy gazda ishlovchi gaz ballonli avtomobillarni ishlatish muammolari ustida tadqiqotlar olib borishgan.

MDH davlatlaridan V.I.Eroxov, V.A. Shishkov, Y.V. Panov, A.S. Xachiyani, V.V. Biryuk, S.V. Falaleyev, A. Kapustin, I.A. Anisimov, A.S. Ivanov, Ye.M. Chikishev, K.A. Bushtuyeva, Y.I. Bokserman, Y.S. Mkrtichan, K.Y. Chirikov, B.B. Kopitov, O.V. Litvinova, V.A. Lixanov, N.V. Sergeyev, V.P. Shokolov, L.G. Reznik, N.G. Pevnev, V.I. Pashkov, Ye.A. Zaxarov, I.M. Shuvabva va boshqalar gaz ballonli avtomobillar energiya samaradorligi va ekologik xavfsizligini oshirish muammolari bo'yicha tadqiqotlar olib borishgan.

Mamlakatimiz olimlaridan A.A. Mutalibov, A.U. Salimov, B.I. Bazarov, S.M. Qodirov, Sh.J. Imomov, S.A. Kalaulov, A.X. Vasidov va boshqalar tomonidan gaz ballonli avtomobillarni ekspluatatsiya qilish, ekspluatatsion ko'rsatkichlarini tahlil qilish, uni oshirish va ularning ekologiyaga ta'sirini baholash bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Shu bilan birga, yuqorida keltirilgan olimlarimizning ishlarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, dvigatelni sovuq ishga tushirish jarayonidagi benzin-gaz boshqaruvini optimallashtirish va ekspluatatsiya sharoitiga ko'ra gaz ballon uskunalari dasturiy sozlamalarini rostdash bilan universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish usullari yoritilmaganligini ko'rsatdi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejaları bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi 2030 yilgacha O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risidagi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 02.12.2022 yildagi PQ-436-son qaroriga asosan 2030-yilgacha O'zbekiston Respublikasida "yashil" iqtisodiyotga o'tish va "yashil" o'sishni ta'minlash DASTURI asosida bajarildi.

Tadqiqotning maqsadi universal yonilg'ich ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning yonilg'ich tejamkorlik va ekologik ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

universal yonilg'ich ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarining ish jarayonlarini tahlil qilish hamda uning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishga ta'sir etuvchi omillarni tadqiq etish;

universal yonilg'ich ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvni ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishga ta'sirini eksperimental tadqiq etish va shunga muvofiq ularning ratsional rostdash algoritmini takomillashtirish;

gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishda "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvining ta'sirini statistik tahlil etish va benzin sarfiga mos siqilgan tabiiy gaz hamda undan chiqadigan zararli gazlar miqdorini aniqlash formulalarini takomillashtirish;

past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarini inobatga olgan holda universal yonilg'ich ta'minot tizimli gaz ballonli avtomobil dvigatellarining "benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvini ratsional sozlangandagi energoekologik samaradorlikni baholash usulini takomillashtirish;

yonilg'ich ta'minot tizimidagi "benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvini bazaviy va ratsional sozlangandagi dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzinning sarflanish vaqtini, tashqi muhit haroratini inobatga olgan holda ekspluatatsion va stend sinov usullari yordamida aniqlash hamda ularni ratsional rostdash bilan ekspluatatsiya qilish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti sifatida universal yonilg'ich ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobili olingan.

Tadqiqot predmetini gaz ballonli universal yonilg'ich ta'minlash tizimiga ega yengil avtomobillarning yonilg'ich tejamkorlik va ekologik ekspluatatsion ko'rsatkichlari tashkil etadi.

Tadqiqot usullari. Tadqiqot jarayonida nazariy tahlil, eksperimental tadqiqot, solishtirma tahlil, grafoanalitik usul, matematik modellashtirish, statistik tahlil, tadqiqot ishi sinovlarida standart va xususiy usullari hamda avtomobillarni energiya samaradorligi va ular chiqaradigan zaharli moddalar miqdorini eksperimental o'rganish uchun normativ hujjatlarga muvofiq maxsus asboblardan foydalangan holda ekspluatatsion va stend sinov usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarini hisobga olgan holda

ekspluatatsion va stend sinov usullari asosida “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvining algoritmi takomillashtirilgan;

yonilg‘i ta‘minot tizimidagi “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini ratsional rostdash orqali, statistik tahlil asosida dvigatel sovuq ishga tushirish jarayoni uchun benzin sarfiga mos siqilgan tabiiy gaz va zararli chiqindi gazlar miqdorini hisoblash formulasi takomillashtirilgan;

past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarini inobatga olgan holda universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli avtomobil dvigatellarining “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini ratsional sozlangandagi energoekologik samaradorlikni baholash usuli takomillashtirilgan;

yonilg‘i ta‘minot tizimidagi “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini bazaviy va ratsional sozlangandagi dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzin sarflanish vaqtini aniqlash usuli, tashqi muhit haroratini inobatga olgan holda ekspluatatsion va stend sinov usullari yordamida takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

universal yonilg‘i ta‘minot tizimli avtomobil dvigatellarni sovuq ishga tushirishda benzindan gazga ishonchli va turg‘un holatda o‘tish tamoyillari ishlab chiqildi;

ratsional o‘zgartirilgan “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruv algoritmi asosida dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzinda ishlash vaqti qisqartirildi;

dvigatelni sovuq ishga tushirishda benzinga nisbatan siqilgan tabiiy gaz va zararli chiqindi gazlar miqdorini aniqlash formulalari takomillashtirildi;

“benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruv sozlamalarini ratsional rostdash orqali dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi energoekologik samaradorlikni baholash usuli takomillashtirildi;

yonilg‘i ta‘minot tizimidagi “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini bazaviy va ratsional sozlangandagi dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzinning sarflanish vaqti usuli, tashqi muhit haroratini inobatga olgan holda ekspluatatsion va stend sinov usullari yordamida takomillashtirildi va ushbu boshqaruv sozlamalarini ratsional qo‘llash bo‘yicha uslubiy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi izlanishlarning zamonaviy uslub va vositalardan foydalangan holda o‘tkazilganligi, matematik statistika usullari qo‘llanilganligi va olingan natijalar, real eksperimentlardan olingan natijalar bilan taqqoslash orqali asoslangan. Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarining yonilg‘i ta‘minot tizimidagi “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvining ratsional rostdan olingan natijalar, real ekspluatatsiya sharoitlarida va stend sinovlarida o‘z tasdiqini topgan.

Tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellarining “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruv algoritmining takomillashganligi, ularning bazaviy sozlamalarini ratsional rostdash asosida energetik va ekologik ko‘rsatkichlarni hisoblashning takomillashtirilgan usuli ishlab chiqilib, iqtisodiy samaradorlikka erishiladigan ekspluatatsiya sharoitlari asoslanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellarining “benzin-gaz” boshqaruv sozlamalarini tabiiy iqlim sharoitini hisobga olgan holda ratsional rostlash asosida sovuq ishga tushirish jarayonidagi yonilg‘i xarajatlarini tejash va zararli chiqindi gazlar miqdorini kamaytirishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish bo‘yicha olingan natijalar asosida:

“benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvining takomillashtirilgan algoritmi “Avtomarkaz GAZ” MChJ da tadbiq etilgan (“O‘zavtosanoat” AJ ning 2025-yil 18-iyul 17/07-25-1271-son ma‘lumotnomasi). Natijada, universal yonilg‘i ta‘minot tizimli 4-avlod gaz ballon uskunalari bilan jihozlangan avtomobillarining yillik 283 kun davomida bitta avtomobil uchun bir martalik sovuq ishga tushirishdagi benzin sarfi 5,43 litrgacha tejalishiga erishilgan;

statistik tahlil asosida dvigatel sovuq ishga tushirish jarayoni uchun benzin sarfiga mos siqilgan tabiiy gaz va zararli chiqindi gazlar miqdorini takomillashtirilgan hisoblash usuli “Avtomarkaz GAZ” MChJ da tadbiq etilgan (“O‘zavtosanoat” AJ ning 2025-yil 18-iyul 17/07-25-1271-son ma‘lumotnomasi). Natijada, dvigatel bir martalik sovuq ishga tushirish jarayonida benzin sarfiga mos siqilgan tabiiy gaz ishlatilishi hisobiga 54,5% xarajatlar tejalib, zararli gazlar miqdori mos ravishda zararli chiqindi gazlar mos ravishda CO miqdorini 2,13 kg, CH miqdorini 0,31 kg, NO_x miqdorini 0,11 kg va CO₂ miqdorini 3,87 kg ga kamayishi aniqlandi kamayishiga erishilgan;

universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli avtomobil dvigatellarining “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini ratsional sozlangandagi energoekologik samaradorlikni takomillashtirilgan baholash usuli “Avtomarkaz GAZ” MChJ da tadbiq etilgan (“O‘zavtosanoat” AJ ning 2025-yil 18-iyul 17/07-25-1271-son ma‘lumotnomasi). Natijada, past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlaridagi benzin tejalishi va zararli gazlar miqdori 20% dan 80% ga kamayishi aniqlanib, yillik benzin tejalish o‘rtacha 4018 kg benzin tejalishiga erishilgan;

yonilg‘i ta‘minot tizimidagi “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini bazaviy va ratsional sozlangandagi dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzinning sarflanish vaqti, tashqi muhit haroratini inobatga olgan holda ekspluatatsion va stend sinovlari yordamida aniqlash usullari “Avtomarkaz GAZ” MChJ da tadbiq etilgan (“O‘zavtosanoat” AJ ning 2025-yil 18-iyul 17/07-25-1271-son ma‘lumotnomasi). Natijada, tashqi muhitning -10°C dan + 30°C oralig‘idagi ekspluatatsiya sharoitida dvigatelni sovuq ishga tushirish jarayoni uchun bazaviy va ratsional sozlanishdagi benzin sarflanish vaqtlarining farqi 2,19 dan 0,45 daqiqagacha farqlanishi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida qilingan ma‘ruzalarda muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan, Shulardan, 7 ta ilmiy maqola O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD)

dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda, shu jumladan 6 tasi respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda chop etilgan.

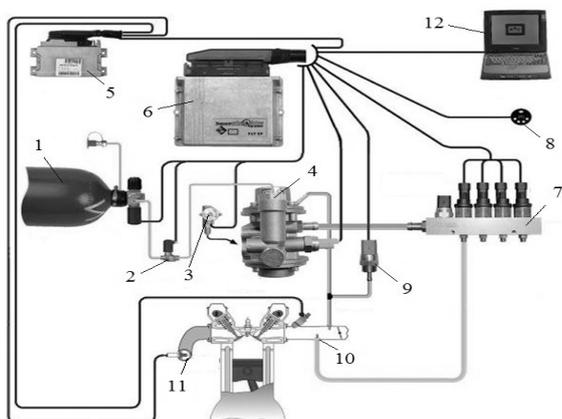
Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 116 bet.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekti va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlari mosligi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalari amaliyotga joriy qilingan, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Universal yonilg'ı ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarining ekspluatatsiya jarayonlarini tahlil qilish”** deb nomlangan birinchi bobida gaz ballonli avtomobil dvigatellari yonilg'ı ta'minlash tizimlarining rivojlanish tahlili hamda gaz ballon uskunalarining (GBU) konstruksiyalarining takomillashuv jarayonlari bo'yicha umumiy fikr va tahlillar amalga oshirilgan. Gaz ballonli avtomobillarning (GBA) ekspluatatsiya jarayonlarini tahlil qilinib, ularning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish muammolari va ularni hal qilish yo'llari bayon etilgan. Shu bilan birga universal yonilg'ı ta'minot tizimli 3- va 4-avlod GBU bilan jihozlangan GBA “benzin-gaz/gaz-benzin” boshqaruv sozlamalarining, avtomobil ekspluatatsion ko'rsatkichlarga ta'siri tasniflangan.

Universal yonilg'ı ta'minot tizimli IV-avlod GBA dvigatellari sovuq ishga tushirish vaqtida dastlab benzin yonilg'isidan foydalanadi, gaz yonilg'isiga o'tishi “benzin-gaz” boshqaruv sozlamalarida o'rnatilgan harorat (dvigatel sovitish suyuqligi yoki reduktor harorati) va dvigatel tirsakli val aylanishlar chastotasi (TVACH) ko'rsatkichlariga bog'liq holatda o'zgaradi. Ushbu ko'rsatkichlar turli GBU ishlab chiqaruvchilar (STAG, Landi Renzo, BRC, Lovato, Tomasetto, Digitronic) tomonidan tavsiya etilgan bazaviy sozlamalaridagi harorat ko'rsatkichi 30°C dan 40°C gacha va TVACH 600 min⁻¹ (STAG firmasi misolida) qilib belgilangandir. Bu esa sovuq ishga tushirishda benzin sarfini oshiradi.



1-rasm. Universal yonilg'ı ta'minot tizimli 4 - avlod GBU:

1-gaz ballon idishi; 2-gaz klapni; 3-monometr; 4 - elektromagnitli gaz reduktori; 5 - benzin EBB; 6 - gaz EBB; 7-gaz injektori; 8 - yoqilg'ı turini almashtirgich; 9-gaz injektoriga gaz uzati quvuridagi bosim datchigi (MAP datchik); 10-gaz uzatish shtutseri; 11 - kislorod datchigi; 12 – kompyuter

Avtomobillarda siqilgan tabiiy gaz (STG) yonilg'isidan foydalanish neft yonilg'ilariga nisbatan nisbatan shahar ekologiyasi uchun juda samarali bo'lib, boshqa yonilg'ilardan yaqqol ustunlikka egadir (1-jadval).

1-jadval

Dvigatel yonilg'i turiga qarab zararli chiqindi gazlar miqdorining o'zgarishi tonnasiga

Yonilg'i	Zararli chiqindi gazlar, t/t yonilg'i				
	CO	HC	CO ₂	NO _x	Qurum
Benzin	0,60	0,100	3,2	0,040	0,020
Dizel yonilg'isi	0,10	0,030	2,81	0,040	0,480
SNG	0,20	0,023	2,94	0,012	0,003
STG	0,08	0,025	2,6	0,013	-

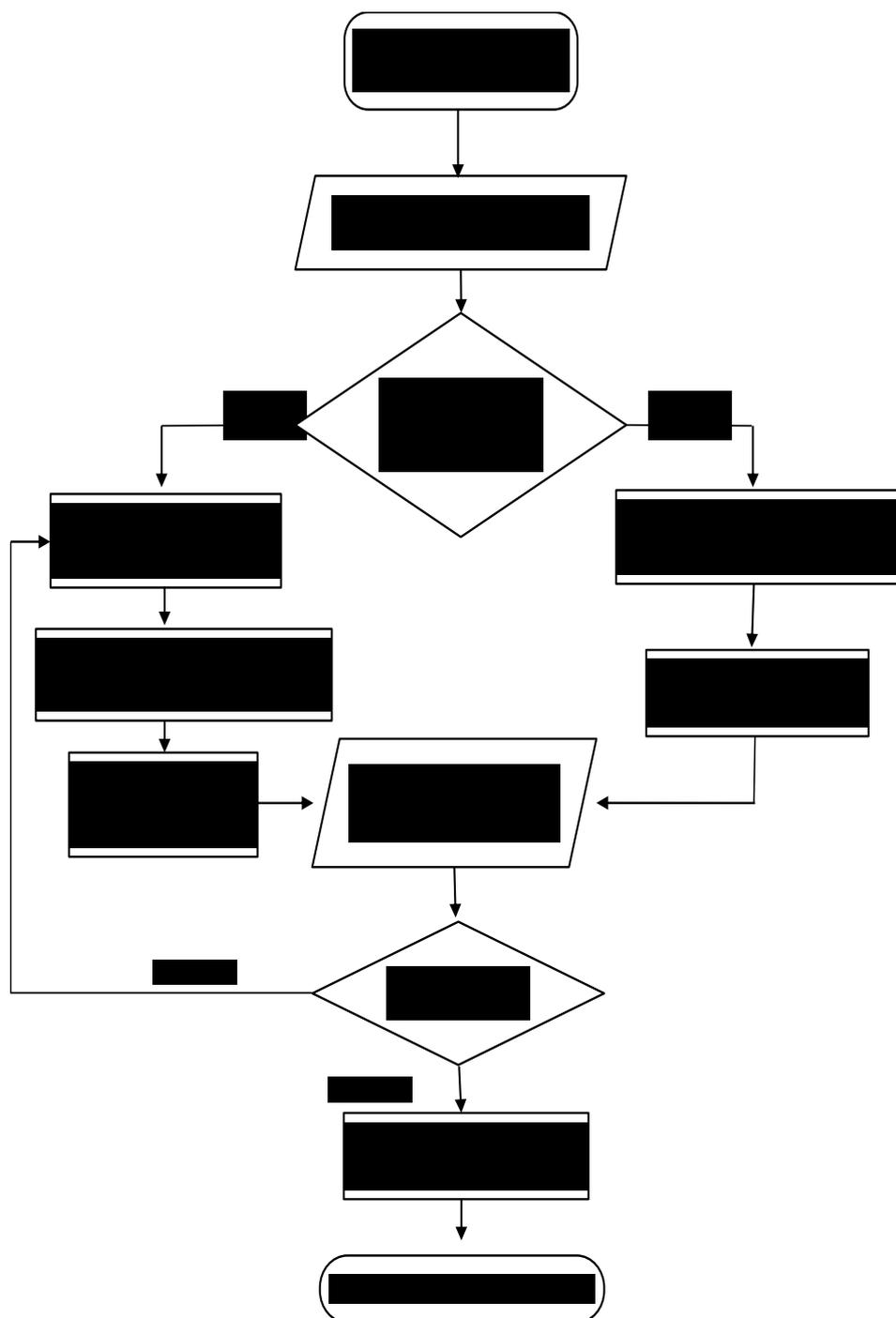
Universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBU barcha modellarining gaz elektron boshqaruv bloki (EBB) dasturiy sozlamalari umumiy bir-biriga o'xshash va asosiy parametrlarini o'zgartirishda bir xil funksiyalardan foydalaniladi.

Dissertatsiyaning **“Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishning nazariy asoslari”** deb nomlangan ikkinchi bobida gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishning nazariy asoslari nazariy asoslari keltirilgan. Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishning **“benzin-gaz/gaz-benzin”** boshqaruvining ratsional rostdashga asoslangan konsepsiyasining asosiy tamoillari ishlab chiqildi. Dvigatelni sovuq ishga tushirishda benzindan gazga o'tishida silindrlar barqaror ish rejimini saqlashi zarur ya'ni dvigatelning har qanday ish rejimi va yuklanishida quvvat hamda burovchi momenti bir-biriga mos holatda bo'lishi talab etiladi. Ushbu talablar asosida yonilg'i ta'minlash tizimidagi **“benzin-gaz/gaz-benzin”** boshqaruvining mavjud algoritmi takomillashtirilib, shunga muvofiq uning matematik modeli takomillashtirildi. 4-avlod GBU bilan jihozlangan avtomobil dvigatellarining past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida sovuq ishga tushirishdagi **“benzin-gaz/gaz-benzin”** ratsional rostdash asosida mavjud algoritmini (2-jadval) quyidagicha takomillashtiramiz (2-rasm).

2-jadval

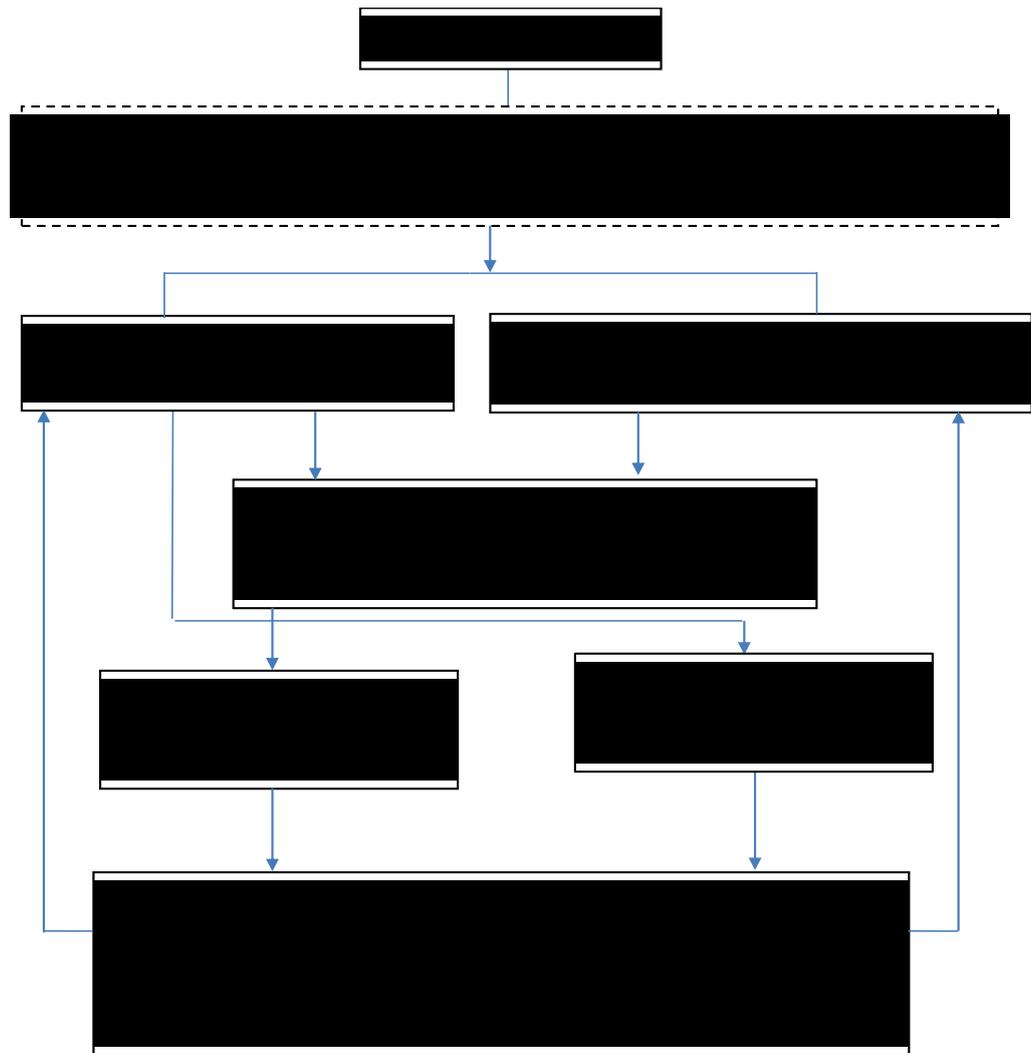
V.I. Yeroxov tomonidan taklif etilgan 4-avlod GBAning samarali ishga tushirish algoritmi

Parametrlari	Sovitish suyuqligi harorati**	
	≤10 °C	>10 °C
Gaz ballon idishiga gaz to'ldirishdan oldin*	Benzinda ishga tushirish	Gazda ishga tushirish
	Gaz bilan ishlash rejimiga o'tish. Sovutish suyuqligi harorati 10°C dan yuqori va 100 s dan keyin.	
Gaz ballon idishiga gaz to'ldirishdan keyin*	Benzinda ishga tushirish	Benzinda ishga tushirish. Gaz uzatilish sifatiga moslashish tugaguniga qadar.
	Gaz bilan ishlash rejimiga o'tish. λ-regulyatsiyasi faollashtirilgandan so'ng, sovitish harorati 10°C dan yuqori va ishga tushirilgandan keyingi vaqt 100 s dan ortiq.	Gaz bilan ishlash rejimiga o'tish. λ-regulyatsiyasi faollashtirilgandan so'ng, lekin 540 s dan kechiktirmasdan.



2-rasm. GBAning sovuq ishga tushirishda benzindan gazga va gazdan benzina o'tish takomillashtirilgan algoritmi blok sxemasi

“Benzin-gaz” boshqaruvining matematik modeli gaz va benzin rejimlarini avtomatik tarzda almashtirishi uchun harorat, tirsakli val aylanish chastotasi parametrlarni hisobga oladi. Bu matematik model dvigatelning harorat va TVACH datchiklardan keladigan ma'lumotlarga asoslanib “benzin-gaz” yoni “gaz-benzin” rejimini o'zgartiradi va shunga muvofiq dvigalellarning ishlash samaradorligi o'zgarishiga ta'sir ko'rsatadi. Quyida ushbu matematik model blok-sxemasi keltirib o'tilgan (3-rasm).



3-rasm. Yonilg‘i ta‘minlash tizimidagi “benzin-gaz”/ “gaz-benzin” boshqaruvining matematik modelining blok-sxemasi

Avtomobillar ekspluatatsiyasida dvigatelning asosiy sifat ko‘rsatkichlardan biri yonilg‘i sarfi yoki uning tejamkorligi hisoblanadi. Dvigatel ish ko‘rsatkichlarini aniqlash, maxsus stendda belgilangan ish rejimlarida ($N_i = \text{const}$, $p_i = \text{const}$ va $n = \text{const}$), sinash vaqtidagi ma‘lum quvvat uchun sarflangan yonilg‘i miqdorlari o‘lchanadi. O‘lchash natijalari bo‘yicha har soatda kg hisobida sarf bo‘lgan yonilg‘i miqdori G_{yo} quyidagicha aniqlanadi:

$$G_{yo} = \frac{\Delta g}{\tau} \cdot 3,6 \text{ kg/soat}, \quad (1)$$

bu erda Δg – o‘lchangan yonilg‘i dozasi, g; τ – yonilg‘ining sarf vaqti, s.

IV-avlod GBU ega universal yonilg‘i ta‘minot tizimli avtomobil dvigatellarini ratsional rostlangan “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvini funksional ko‘rinishdagi matematik modeli asosida dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzin sarfi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$G_{yo} = \begin{cases} \frac{\Delta g}{\tau_{benzinI}} \cdot 3,6 \text{ agar } T_s < 25^\circ\text{C}, n < 400 \text{ min}^{-1}; n > 7500 \text{ min}^{-1} \\ \frac{\Delta g}{\tau_{gaz}} \cdot 3,6 \text{ agar } T_s \geq 25^\circ\text{C}, 700 \text{ min}^{-1} < n \leq 750 \text{ min}^{-1} \end{cases} \quad (2)$$

Ushbu formuladan foydalanib turli harorat oralig'ida va "benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvining bazaviy va ratsional sozlamalaridagi benzin miqdorini ($G_{(bazav.,rats.)}$) aniqlash formulasini quyidagicha takomillshtiramiz:

$$G_{(bazav.,rats.)} = G_{y0} \cdot \Delta\tau_{(bazav.rats.)}; \text{ kg} \quad (3)$$

Bu yerda: G_{y0} – soatlik benzin sarfi, kg/soat;

$\Delta\tau_{(bazav.rats.)}$ -benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruvi bazaviy va ratsional rostlangan sozlamalaridagi benzindan gazga o'tish vaqtlarining farqi, soat.

Yuqorida keltirilgan matematik modelning GBAda qo'llanilishi, ularning ekologik ko'rsatkichlarini ham oshirishga xizmat qiladi. "Benzin-gaz" rejimining matematik model asosida rostlanishi, dvigatel ekspluatatsiyasidagi benzin sarfi tejaladiga va shunga muvofiq ZChG miqdorining ham kamayishiga olib keladi. IYoDda yonilg'i turi bo'yicha ZChGni hisoblash, yonilg'i sarfi va massaviy ZChGning umumiy balansiga asoslanadi:

$$Q_k = C_t \cdot K_k, \text{ g/kg} \quad (4)$$

bu erda Q_k – ZChG miqdori, g/kg;

C_t - yonilg'i sarfi (benzin, gaz, dizel yonilg'isi va boshqalar), kg;

K_k - k-komponentning solishtirma qiymat koeffitsienti. IV-avlod GBA dvigatellarini sovuq ishga tushirishda benzindan gazga o'tish davomida atmosferaga chiqadigan ZChG miqdori matematik modelga mos ravishda o'zgaradi ya'ni yonilg'i sarfi C_t ni (4) formuladagi sovuq ishga tushirish davomidagi benzin sarfi $G_{(bazav.,rats.)}$ ga almashtiramiz. Chunki bu qiymatlar bir-biriga mos bo'lib $G_{(bazav.,rats.)}$ ma'lum vaqt davomidagi va C_t umumiy yonilg'i aralashma massasidagi yonilg'i sarflarini bildiradi. Shunday qilib, "benzin-gaz" boshqaruvining matematik modeli asosida IYoDning soatlik ZChG miqdori quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$Q_{ZChG} = G_{(bazav.,rats.)} \cdot K_k \quad (5)$$

bu erda Q_{ZChG} – ZChG miqdori, kg;

$G_{(bazav.,rats.)}$ - sovuq ishga tushirishdagi benzin miqdori, kg;

K_k - k-komponentning solishtirma qiymat koeffitsienti.

Formulada keltirilgan $G_{(bazav.,rats.)}$ yuqorida keltirilgan matematik model (3-rasm) yordamida aniqlanadi. Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellari sovuq ishga tushirishdagi benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruvi sozlamalarining ratsional rostlanishiga ko'ra benzin sarfining o'zgarishi past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitiga bog'liqdir. k-komponentning solishtirma qiymat koeffitsienti (K_k), ma'lum miqdordagi benzinning alangalanishi natijasida chiqadigan zararli chiqindi gazlar miqdoriga ko'ra aniqlanadi. Ushbu koeffitsient qiymatlari dvigatel stend sinovlarida aniqlangan ko'rsatkichlar bo'yicha olinadi.

"Benzin-gaz" boshqaruvining matematik modeliga mos ravishda universal yonilg'i taminot tizimli GBA dvigatellarida zararli chiqindi gazlar konsentratsiyasining bazaviy sozlamalarga nisbatan ratsional rostlanishi hisobiga kamayishi nazariy hisob-kitoblar asosida prognoz qilish mumkin.

Gaz va benzinda ishlaydigan dvigatellarning stend sinovlari natijalari $\eta_i^{STG}/\eta_i^b = 1$ ekanligini ko'rsatadi. Bunda yonilg'ilarning belgilangan standart bo'yicha keltirilgan qiymatlari quyida ko'rsatilgan:

- benzin uchun (GOST R 51105-97): $H_u^b = 43,9$ MJ/kg; $\rho_b = 0,74$ kg/l;
- STG uchun (GOST 27577-2000): $H_u^{STG} = 34,7$ MJ/m³; $\rho_{STG} = 0,72$ kg/m³.

STG yonilg'isining benzin yonilg'isiga ekvivalenti quyidagicha topiladi:

$$\tau_b^{stg} = \frac{H_u^{STG}}{H_u^b \rho_b} = \frac{34,7}{43,9 \times 0,74} = 1,07 \text{ l/m}^3 \quad (6)$$

GBA yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish konsepsiyasi silindrlarda yonish jarayonining barqarorligini, ZChG ning past konsentratsiyasini ta'minlash va benzin yonilg'i sarfini kamaytirishning yangi yondashuvlariga asoslanadi.

Universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBAning "benzin-gaz" dasturiy sozlamalariga kiritiladigan ratsional o'zgartirishlar kiritish benzin sarfini kamaytirish maqsadida amalga oshirilgan. "Benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvining universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellarini sovuq ishga tushirishdagi benzin sarfiga ($G_{(bazav.,rats.)}$) mos siqilgan tabiiy gaz (τ_b^{STG}) miqdorini aniqlashda, yuqorida keltirilgan (3) va (6) formulalaridan foydalanib quyidagicha empirik formula orqali ifodalaymiz:

$$\tau_b^{STG} = \frac{G_{(bazav.,rats.)} \cdot H_u^b}{H_u^{STG}}; m^3 \quad (7)$$

Bu yerda: $G_{(bazav.,rats.)}$ - GBA sovuq ishga tushirishda "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvini bazaviy sozlamalarga nisbatan ratsional roslashda tejalgan benzin miqdori, kg;

H_u^b - benzin yonilg'isining quyi yonish issiqligi, MDj/kg;

H_u^{STG} – STG yonilg'isining quyi yonish issiqligi, MDj/m³.

Dissertatsiyaning "**Gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar**" deb nomlangan uchinchi bobida yuqoridagi boblarda olingan nazariy natijalarni tasdiqlash, ularga aniqlik kiritish, dissertatsiyada ko'tarilayotgan masalani kengroq va chuqurroq o'rganish maqsadida o'tkazilgan eksperiment tadqiqotlar natijalari yoritilgan.

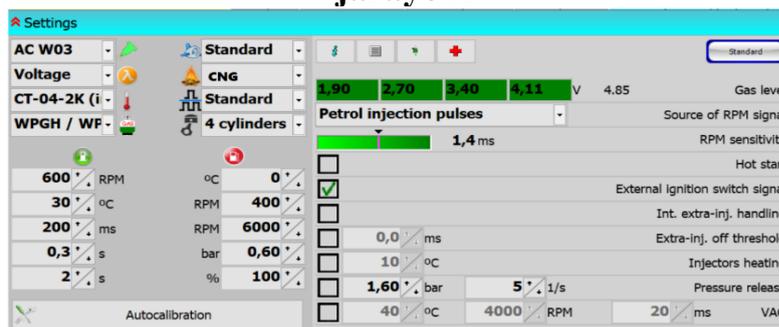
Universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBU bilan jihozlangan gaz ballonli yengil avtomobillar dvigatelining sovuq ishga tushirilib avtomatik gaz yonilg'isiga o'tishini ekspluatatsiya sharoitini hisobga olgan holda bazaviy dasturiy sozlamalarga ratsional o'zgartirishlar kiritish orqali ularning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini aniqlash bo'yicha ekspluatatsiya va stend sinovlarini o'tkazish dasturi ishlab chiqildi va o'tkazildi.

Ekspluatatsiya sinovlarini Jizzax shahridagi "Group mega avto" MCHJ, "C-laydo avtogaz servis" MCHJ va UzAuto Motors AJ hamkor servisi "Avtomarkaz Gaz" MCHJ hamda "Nipo standart" MCHJ qoshidagi kompleks sinov markazining "G'ildirakli va gusenitsali texnikalar va ishlab chiqarish uskunalari" laboratoriyasida o'tkazildi. Stend sinovlari Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetiga tegishli, maxsus o'lchov apparatlari bilan jihozlangan B15D2 dvigatel stendi va 5 komponentli gazoanalizator priborida amalga oshirildi.

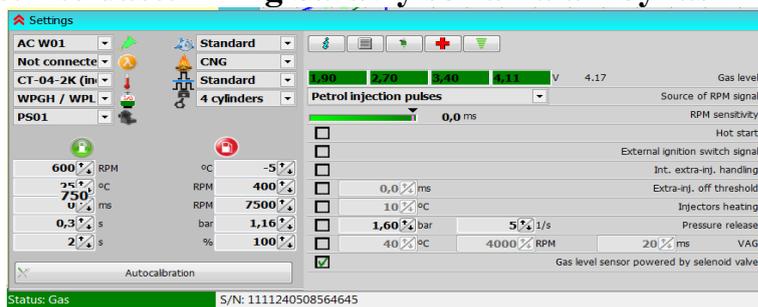
Sinovlar universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellarida 10 martadan o'tkaziladi va natijalari belgilangan jadvallarga kiritiladi.



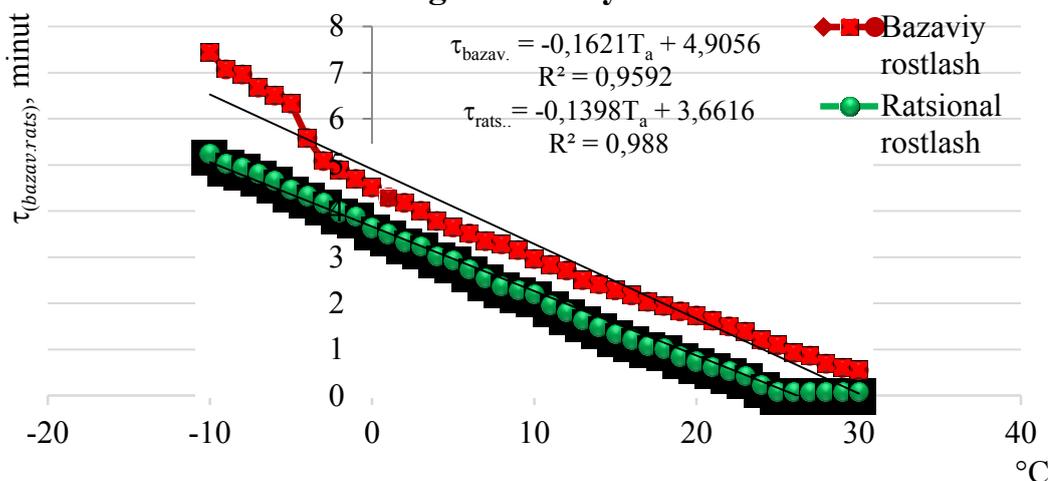
4-rasm. IV-avlod GBU bilan jihozlangan GBA dvigateliga o'rnatilgan gaz elektron boshqaruv blokini diagnostika kabeli orqali noutbuk bilan ulash jarayoni



5-rasm. IV-avlod GBU bilan jihozlangan GBA dvigateliga o'rnatilgan Stag 200 Easy 0.27.0 dasturining bazaviy sozlamalari oynasi



6-rasm. IV-avlod GBU bilan jihozlangan GBA dvigateliga o'rnatilgan Stag 200 Easy 0.27.0 dasturining bazaviy sozlamalariga kiritilgan ratsionil o'zgarishlar oynasi



7-rasm. Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning sovuq ishga tushirilishida benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruvi bazaviy va ratsionil rostlashdagi o'rtacha benzinda ishlash vaqtlari

Yuqori va past haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida universal yonilg‘i ta‘minot tizimli IV-avlod gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellarini sovuq ishga tushirishdagi benzin sarflanish vaqtining, benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruvi bazaviy va ratsional rostlangandagi farqi $\Delta\tau_{(bazav/rats)}$, min.

Dvigatel sovuq ishga tushirishdagi benzin sarfining, benzin-gaz/benzin-gaz boshqaruvi bazaviy sozlamalarga nisbatan ratsional rostlashdagi benzin sarflanish vaqtining o‘zgarishi ($\Delta\tau_{bazav.rats.}$), min.	Past haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida havo harorati, °C										
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
	2,19	2,04	2,01	1,87	1,84	1,86	1,24	0,91	0,90	0,80	0,87
	Past haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida havo harorati, °C										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0,78	0,84	0,76	0,75	0,71	0,78	0,80	0,90	0,87	0,77	
	Past haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida havo harorati, °C										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	0,87	0,91	0,85	0,92	0,94	0,95	0,95	0,92	0,97	0,99	
	Yuqori va past haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida havo harorati, °C										
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	0,99	0,97	0,96	0,97	1,00	0,84	0,76	0,61	0,51	0,45	

Yuqoridagi jadval asosida universal yonilg‘i ta‘minot tizimli IV-avlod gaz ballonli yengil avtomobil dvigatel sovuq ishga tushirishdagi benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruvi bazaviy va ratsional rostlangan sozlamalaridagi benzindan gazga o‘tish vaqtlarining farqi ($\Delta\tau_{bazav.rats.}$) aniqlanadi. $\Delta\tau_{(bazav/rats)}$ – tashqi muhit haroratini hisobga olgan holda “benzin-gaz”/“gaz-benzin” boshqaruvining bazaviy yoki ratsional sozlangandagi benzinda ishlash vaqti. Ushbu formuladagi $\Delta\tau_{(bazav/rats)}$ qiymati quyidagi ketma ketlikda aniqlanadi:

$$\Delta\tau_{(bazav/rats)} = \tau_{bazav.} - \tau_{rats.} \quad (8)$$

$\tau_{bazav.}$ va $\tau_{rats.}$ qiymatlari statistik tahlil natijalari asosida keltirilgan koeffitsientlar yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau_{bazav.} = -0,1621T_a + 4,9056 \quad (9)$$

$$\tau_{rats.} = -0,1398T_a + 3,6616 \quad (10)$$

Bu yerda T_a -atrof-muhit harorati.



8-rasm. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetiga tegishli, maxsus o‘lchov apparatlari bilan jihozlangan B15D2 dvigatel FDJ 001 induktiv tormozlash stendi

Yuqoridagilardan kelib chiqib, B15D2 dvigatel stendida sovuq ishga tushirishda yonilg‘i sarfini aniqlash jarayoni, dvigatel o‘t oldirishdan boshlab hisobga olinadi.

Ushbu sinov jarayoni ikkinchi bosqich sinovi bilan birga amalga oshiriladi. Aynan, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetiga tegishli,

maxsus o'lov apparatlari bilan jihozlangan B15D2 dvigatel-FDJ 001 induktiv tormozlash standining Horiba (MEXA-584L) gazanalizator pribori (9-rasm) yordamida, sarflangan yonilg'i miqdoriga mos ZCHG ko'rsatkichlari ham aniqlandi.



9-rasm. Horiba (MEXA-584L) gazanalizator pribori

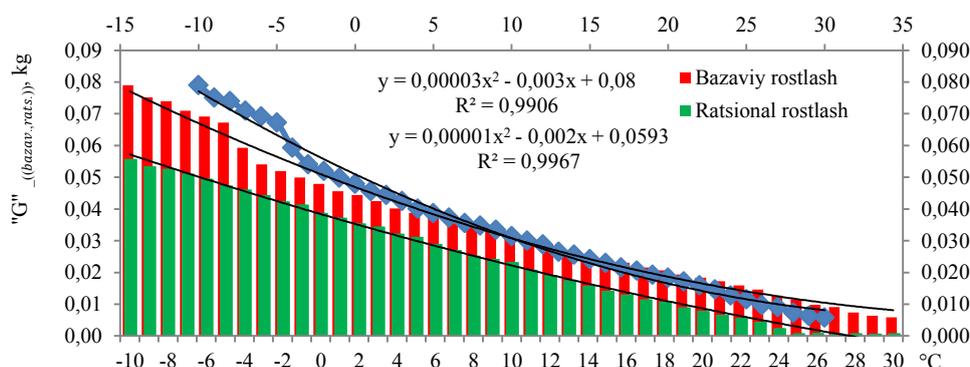
Ushbu gazanalizator pribori yordamida dvigatelni sovuq ishga tushirishda benzin-havo aralashmasi tarkibidagi ZCHG (CO, CH va CO₂) miqdori aniqlanadi. Bunda umumiy yonilg'i-havo aralashmasining alanganishi va chiqindi gazlar tarkibidagi CO, CH va CO₂ larning miqdori foizlarda ifodlanadi, hamda ushbu pribor monitorida ko'rsatiladi. Dvigatel ishga tushirilishi bilan gazanalizator ham ishlay boshlaydi va ZCHG miqdorini benzin sarfiga mos ravishda aniqlashimiz mumkindir. Ya'ni dvigatelning ishlashida sarflanadigan benzin dozasining o'zgarishi, ZCHG miqdoriga ta'sir ko'rsatadi, shundan kelib chiqib sinov jarayonida aniqlangan har bir benzin sarfiga mos holatda aniqlangan ZCHG miqdorini ham umumiy qilib jadvalga kiritamiz (4-jadval).

4-jadval

Universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBA dvigatelining sovuq ishga tushirishdagi benzin yonilg'i sarfiga mos zararli chiqindi gazlar miqdori, kg/soat yonilg'i sarfiga nisbatan

Sinovlar soni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	K_k
Yonilg'i sarfi - Δg , kg/soat	0,65	0,54	0,61	0,69	0,66	0,59	0,71	0,68	0,65	0,60	0,68
CO, %	0,10	0,09	0,09	0,13	0,10	0,09	0,14	0,12	0,10	0,09	0,105
HC, mln ⁻¹	49	38	36	48	43	37	49	48	49	41	43,8
CO ₂ , %	3,38	3,18	3,24	4,06	3,74	3,19	4,11	4,06	4,03	3,22	3,62

Yuqorida keltirilgan 2-jadvaldan foydalanib ya'ni ushbu jadvaldagi sovuq ishga tushirishdagi benzinning sarflanish vaqti asosida universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobil dvigatellarining benzin yonilg'i sarfini aniqlaymiz, bu (3) formula bo'yicha aniqlandi. $\Delta\tau_{bazav.rats.}$ qiymatlari (3-rasm) va G_{yo} qiymatlari 4-jadvallar orqali $G_{(bazav.,rats.)}$ aniqlanadi (10-rasm).



10-rasm. Yuqori va past haroratli ekspluatatsiya sharoitlarida (-10°C dan 30°C gacha) universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod gaz ballonli yengil avtomobillarning sovuq ishga tushirilishida benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruvi ratsional rostdashdagi o'rtacha benzin sarfi ($G_{(bazav.rats.)}$) grafigining regression tahlil natijalari, kg

Universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBA dvigatelini bir martalik sovuq ishga tushirishdagi "gaz-benzin" boshqaruvi sozlamalarni bazaviy rostdashga nisbatan ratsional rostdashidagi yillik o'rtacha benzining tejalishi, o'rganilayotgan hududning yillik past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlariga bog'liq hisoblanadi. Yil fasllari bo'yicha ma'lum haroratli kunlarning taqsimlanishi yuqoridagi boblarda keltirilgan edi. Shunga mos holatda O'zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya agentligi ma'lumotlari asosida respublikamiz hududida yil fasllarining davomiyligi tahlil qilindi. Tadqiq etilyotgan past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlaridagi (-10°C dan 30°C gacha) kunlarning yillik o'rtacha taqsimlanishini 283 kunni tashkil etmoqda.

Shu vaqt oralig'idagi universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBA bir martalik sovuq ishga tushirishida "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvi bazaviy sozlamalariga nisbatan ratsional rostdashidagi benzinning tejalishi 4,018 kg ni tashkil etmoqda (5-jadval).

5-jadval

Universal yonilg'i ta'minot tizimli IV-avlod GBA dvigatelining bir martalik sovuq ishga tushirishidagi 283 kunlik "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvi sozlamalarining bazaviy rostdashiga nisbatan ratsional rostdashidagi benzinning tejalishi, kg

Fasl	Harorat ko'rsatkichi, °C	Davomiyligi (kun)	Belgilangan harorat oralig'idagi o'rtacha benzinning tejalishi, kg	Umumiy benzin tejamkorligi ($\Delta G_{yo(b)}$), kg
Bahor	5°C dan 25°C gacha	62	0,0081	0,5022
Yoz	25°C dan yuqori	28	0,0094	0,2632
Kuz	5°C dan 20°C gacha	70	0,0094	0,658
Qish	4°C dan past	123	0,0211	2,5953
Jami				4,0187

Ekperiment sinov jarayonida benzin sarfi kilogrammda aniqlangan va uni litrga o'tkazishimiz uchun GOST R 51105-97 bo'yicha aniqlangan $\rho_b - 0,74$ kg/l zichligidan foydalanamiz.

$$G_{\text{bazav.rats.}} = \frac{G_{\text{bazav.rats.}}}{\rho_b}; \text{ litr} \quad (11)$$

Bu erda:

- $G_{\text{bazav.rats}}$ – bezin yonilg‘i miqdori, l;

- ρ_b – benzin zichligi, kg/l;

- $G_{\text{bazav.rats}}$ - benzin yonilg‘i miqdori, kg.

GBA dvigatelining bir martalik sovuq ishga tushirishidagi 283 kunlik benzin tejalishi 4,018 kg tashkil etadi. Benzin miqdorining kg dan litrga o‘tkazilishi benzin zichligiga bog‘liq bo‘lib, GOST R 51105-97 bo‘yicha ρ_b - 0,74 kg/l hisoblandi. Unga ko‘ra 4,018 kg = 5,636 litr nisbatga tengdir (6-jadval).

Yil davomida yo‘lovchi tashishi faoliyati bilan shug‘illanuvchi universal yonilg‘i ta‘minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning sovuq ishga tushirish va umumiy ekspluatatsiyasi davomida benzin sarfining tejalishi kunlik eng kamida o‘rtacha 4 martalik sovuq ishga tushirish hisobiga yillik benzin tejalishi 21,72 litrni tashkil etadi.

6-jadval

Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli IV-avlod GBA dvigatelining sovuq ishga tushirishlar soniga bog‘liq holatda 283 kunlik “benzin-gaz/gaz-benzin” boshqaruvi sozlamalarining bazaviy rostlanishiga nisbatan ratsional rostlanishidagi benzinning tejalishi ($G_{\text{bazav.rats}}$), kg-litr

Ishga tushirishlar soni	1	2	3	4
Benzin miqdori, kg	4,018	8,03	12,05	16,07
Benzin miqdori, litr	5,43	10,86	16,29	21,72

Tadqiq etilayotgan universal yonilg‘i ta‘minot tizimli yengil gaz ballonli avtomobil benzin-gaz boshqaruv sozlamalarining ratsional rostlanishi natijasida past haroratli (atrof-muhit harorati -9°C) ekspluatatsiya sharoitida benzin sarflanish vaqtining qisqarishi $\Delta\tau_{\text{bazav.rats}} = 7,43 - 5,25 = 2,18$ daqiqa bo‘lganida benzin sarfining tejalishi $G_{\text{bazav.rats}} = 0,0217$ kg ga teng bo‘ladi. GBA dvigatel sovuq ishga tushirish jarayonida ratsional rostlangan sozlamalar asosida ($\Delta G_{\text{yo(b)}}$) benzin sarfi o‘rniga gaz yonilg‘isi sarflana boshlaydi. Yuqoridagi boblarda keltirib o‘tilganidek STG energiya samaradorligi (τ_b^{stg}) formulasidan foydalanib, $G_{\text{bazav.rats}}$ ga ekvivalen gaz miqdorini aniqlaymiz.

$$\tau_b^{\text{stg}} = \frac{G_{\text{bazav.rats}} \cdot H_u^b}{H_u^{\text{STG}}} = \frac{0,0217 \cdot 43,9}{34,7} = 0,0274 \text{ m}^3$$

Demak, 0,0217 kg benzin 0,0274 m³ STG yonilg‘isiga ekvivalen bo‘ladi. Shu asosda, universal yonilg‘i ta‘minot tizimli IV-avlod GBA dvigatelining sovuq ishga tushirishlar soniga bog‘liq holatda 283 kunlik “benzin-gaz/gaz-benzin” boshqaruvi sozlamalarining bazaviy rostlanishiga nisbatan ratsional rostlanishidagi tejalgan benzin o‘rniga STGning solishtirma qiymati hisoblab topildi (7-jadval).

7-jadval

Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli IV-avlod GBA dvigatelining sovuq ishga tushirishlar soniga bog‘liq holatda 283 kunlik “benzin-gaz/gaz-benzin” boshqaruvi sozlamalarining bazaviy rostlanishiga nisbatan ratsional rostlanishidagi tejalgan benzin o‘rniga STGning solishtirma qiymati, litr \Leftrightarrow m³

Ishga tushirishlar soni	1	2	3	4
Benzin miqdori, litr	5,43	10,86	16,29	21,72
STG miqdori, m ³	5,08	10,17	15,25	20,34

Dissertatsiyaning “**Gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatasion ko‘rsatkichlarini oshirishda nazariy va eksperimental tadqiqot natijalarini umumlashtirish**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirishda nazariy va eksperimental tadqiqot natijalarini umumlashtirilgan.

Iqtisodiy samaradorlikni aniqlashda STG narxi 2025 yil may holatiga ko‘ra 1 m³ uchun 5100 so‘mni tashkil etadi. AI-92 navli benzin narxi o‘rtacha 10500 so‘m. Ushbu nisbat asosida, benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalardagi bazaviy rostlanishiga nisbatan ratsional rostlanishining iqtisodiy samaradorligi aniqlanadi.

8-jadval

Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli 1ta IV-avlod GBA dvigatelining sovuq ishga tushirishlar soniga bog‘liq holatda 283 kunlik “benzin-gaz/gaz-benzin” boshqaruvi sozlamalarining bazaviy rostlanishiga nisbatan ratsional rostlanishidagi yillik iqtisodiy samaradorligi, so‘m

Ishga tushirishlar soni	1	2	3	4
Benzin, so‘m	57022	114044	171066	228088
STG, so‘m	25929	51859	77788	103717
Foyda, so‘m	31093	62185	93278	124371

O‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalarini ratsional rostlash, bazaviy rostlanishga nisbatan yonilg‘i xarajatlarini 38,55% iqtisodiy samaradorlikka erishilishi aniqlandi. Bunda IV-avlod GBA bir martalik sovuq ishga tushirish benzining‘ga/gaz-benzin boshqaruvini ratsional rostlash natijasida benzinning gazga o‘tish vaqtini qisqarishi hisobiga umumiy yonilg‘i xarajatlarini bitta GBA uchun yillik 31 093 so‘mga qisqartirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarini hisobga olgan holda IV-avlod GBA benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalariga muallif tomonidan ilgari surilayotgan ratsional rostlash algoritmining qo‘llanilishi, ushbu turdagi GBA ekspluatatsiyasidagi bir martalik sovuq ishga tushirish jarayonida foydalanishdagi 1000 ta avtomobil uchun yillik 22 281 500 so‘mlik yonilg‘i xarajatlarini iqtisod qilish imkoniyatini taqdim etadi. Yonilg‘i xarajatlari uchun ushbu sof foydaning sovuq ishga tushirishlar soniga mos holatda o‘sib borishi GBA ekspluatatsiyasida yonilg‘i xarajatlarni iqtisod qilib tejamkorlik ko‘rsatkichini oshirishga katta ta‘sir ko‘rsatadi.

9 -jadval

Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli 1000 ta IV-avlod GBA uchun benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalarini bazaviy ($T_s=30^{\circ}\text{C}$ va $n=600\text{ min}^{-1}$) rostlashga nisbatan ratsional rostlashning ($T_s=25^{\circ}\text{C}$ va $n=750\text{ min}^{-1}$) iqtisodiy samaradorligi

Ishga tushirishlar soni	1	2	3	4
Universal yonilg‘i ta‘minot tizimli 1000 ta IV-avlod GBA uchun yonilg‘i xarajatlarini iqtisod qilinishi, so‘m	31092793	62185587	93278380	124371174

Ekperiment sinovlarida aniqlangan zararli chiqindi gazlar (CO , CH , CO_2) miqdorining o‘zgarishi IV-avlod GBA uchun benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv

sozlamalarini ratsional rostlanishida pasayishini ko'rishimiz mumkin. Ma'lumki avtomobillarda benzina nisbatan STG ning qo'llanilishi zararli chiqindi gazlar miqdorini sezilarli darajada pasaytiradi, buni yuqoridagi boblarda, adabiyotlar tahlilida ham ko'rib o'tgan edik. Shunga muvofiq ratsional rostlash ($T_s=25^{\circ}\text{C}$ va $n=750\text{ min}^{-1}$) GBA ning benzinda ishlash vaqtini qisqartirib gazga tezda o'tishini ta'minlaydi. Benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalarini bazaviy va ratsional rostlanishda aniqlangan benzin miqdoriga mos STG qo'llanilishidagi zararli chiqindi gazlar miqdorining o'zgarishi (5) formula asosida aniqlaymiz hamda solishtiramiz.

$$Q_k = C_t \cdot K_k, \text{ g/kg} \quad (5)$$

Bunda K_k - k-komponentning solishtirma qiymat koeffitsiyentini 1-jadval qiymatlari bo'yicha aniqlaymiz. Tejalgan benzin va unga ekvivalent STG miqdorini 7-jadvalda aniqlangan ko'rsatkichlar asosida hisolab, natijalar aniqlanadi (10-jadval).

10-jadval

Universal yonilg'i ta'minot tizimli 1000 ta IV-avlod GBA uchun benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalarini bazaviy ($T_s=30^{\circ}\text{C}$ va $n=600\text{ min}^{-1}$) rostlashga nisbatan ratsional rostlashdagi ($T_s=25^{\circ}\text{C}$ va $n=750\text{ min}^{-1}$) zararli gazlar miqdorining o'zgarishi, kg

Ishga tushirishlar soni		1	2	3	4
Benzinda	CO, kg	2411,22	4822,44	7233,66	9644,88
	CH, kg	401,87	803,74	1205,61	1607,48
	CO ₂ , kg	12859,84	25719,68	38579,52	51439,36
	NO _x , kg	160,75	321,50	482,24	642,99
STGda	CO, kg	276,58	553,16	829,74	1106,32
	CH, kg	86,43	172,86	259,29	345,72
	CO ₂ , kg	8988,82	17977,65	26966,47	35955,30
	NO _x , kg	44,94	89,89	134,83	264,38

Taklif etilayotgan benzin-gaz/gaz-benzin boshqaruv sozlamalarini ratsional rostlash algoritmi IV-avlod GBA uchun bir martalik sovuq ishga tushirishda yillik o'rtacha CO miqdorini 2,13 kg, CH miqdorini 0,31 kg, NO_x miqdorini 0,11 kg va CO₂ miqdorini 3,87 kg ga kamaytirish imkoniyatini beradi.

Natijalar asosida olingan xulosa shundan iboratki, universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli bitta yengil avtomobilrda benzin-gaz boshqaruvining ekspluatatsiya sharoitiga mos holatda rostlanishi sovuq ishga tushirish sharoitidagi salt ishlash rejimida benzin o'rniga STG sarflanishi hisobiga, ekspluatatsiya davomida o'rtacha yillik yonilg'i xarajatlarining tejashi 54,5% iqtisodiy samaradorlikka erishiladi. Shu bilan birga ushbu rostlash usulining qo'llanilishi bitta gaz ballonli avtomobil uchun bir martalik sovuq ishga tushirish jarayonida yillik o'rtacha zararli chiqindi gazlar miqdorini mos ravishda: CO – 88,5 %, CH – 78,4 %, NO_x - 72 % va CO₂ – 30 % gacha kamaytirish imkoniyatini beradi.

Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarni benzin-gaz va gaz-benzin boshqaruv ratsional rostlash asosida ekspluatatsiya qilish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

UMUMIY XULOSA

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun yozilgan "Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish" mavzusidagi dissertatsiya ishi bo'yicha olib borilgan izlanishlar natijasida quyidagi xulosa va tavsiyalar belgilandi:

1. Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarining ish jarayonlari tahlil qilinib, uning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishga ta'sir etuvchi omillarni tadqiq etildi. Benzin-gaz boshqaruv sozlamalarini ratsional rostlashga asoslangan universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish konsepsiyasi ishlab chiqildi;

2. Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarning "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvni ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishga ta'sirini eksperimental tadqiq etish va shunga muvofiq ularning ratsional rostlash algoritmini takomillashtirishirildi. Bu esa atrof-muhit haroratiga qarab benzindan gazga ratsional o'tish imkonini beradi.

3. Gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishda "benzin-gaz/gaz-benzin" boshqaruvining ta'sirini statistik tahlil etish va benzin sarfiga mos siqilgan tabiiy gaz hamda undan chiqadigan zararli gazlar miqdorini aniqlash formulalarini takomillashtirildi. Buning natijasida tejalgan benzin miqdoriga ($G_{(bazav.,rats.)}=4,018$ kg) mos STG ning miqdori ($\tau_b^{STG} = 5,08$ m³) va zararli chiqindi gazlar mos ravishda CO miqdorini 2,13 kg, CH miqdorini 0,31 kg, NO_x miqdorini 0,11 kg va CO₂ miqdorini 3,87 kg ga kamayishi aniqlandi ;

4. Past va yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitlarini inobatga olgan holda universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli avtomobil dvigatellarining "benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvini ratsional sozlangandagi energoekologik ko'rsatkichlarini baholash usuli takomillashtirilgan Tadqiqot natijalariga ko'ra "benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvini ratsional rostlash bitta avtomobil uchun bir martalik sovuq ishga tushirishda o'rtacha yillik benzin sarfining miqdori $G_{(bazav.,rats.)}=4,018$ kg yoki $G'_{(bazav.,rats.)} = 5,43$ litrga tejalishi aniqlandi. Shahar hududida 1000 ta GBA uchun o'rtacha 4018 kg benzin tejalishiga erishiladi. Ushbu ko'rsatkich sovuq ishga tushirishlar sonini oshishi bilan ortib boraditurli harorat oralig'ida zararli chiqindi gazlar miqdori CO – 88,5%, CH – 78,4%, NO_x - 72% va CO₂ – 30% gacha kamayishi aniqlandi. Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli bitta yengil avtomobillarda benzin-gaz boshqaruvining ekspluatatsiya sharoitiga mos holatda rostlanishi o'rtacha yillik yonilg'i xarajatlari tejalib, iqtisodiy samaradorlik 54,5% tashkil etishi aniqlandi.

5. yonilg'i ta'minot tizimidagi "benzin-gaz"/"gaz-benzin" boshqaruvini bazaviy va ratsional sozlangandagi dvigatelni sovuq ishga tushirishdagi benzinning sarflanish vaqtini, tashqi muhit haroratini inobatga olgan holda ekspluatatsion va stend sinov usullari yordamida aniqlashgan hamda ularni ratsional rostlash bilan ekspluatatsiya qilish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish. Unga ko'ra tashqi muhitning -10°C dan + 30°C oralig'idagi ekspluatatsiya sharoitida dvigatelni

sovuq ishga tushirish jarayoni uchun bazaviy va ratsional sozlanishdagi benzin sarflanish vaqtlarining farqi 2,19 dan 0,45 daqiqagacha farqlanishi aniqlangan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.15/31.08.2022.Т.73.03 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АЗИМОВ АКМАЛ ХХХ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЛЕГКОВЫХ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С
УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ**

05.08.06 – Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2025.1.1PhD/T5464.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме) размещен на веб-странице (www.tstu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Ахматджанов Равшанджон Нематжонович**
доктора философии (PhD) по техническим наукам,
доцент

Официальные оппоненты: **Халмухамедов Азиз Сураатович**
доктор технических наук, доцент
Рузимов Санжар Комилович
кандидат технических наук (DSc), доцент

Ведущая организация: **Андижанский государственный университет**

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2025 года в ____ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.03 при Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирчи, 53. Тел.:(99871) 299-00-01, факс: (99871) 293-57-54 e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (зарегистрирована под номером № ____). Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01, факс: (99871) 293-57-54 e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2025 года.
(реестр протокола рассылки № ____ от « ____ » _____ 2025 года.

А.А.Рискулов
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

К.З.Зияев
Ученый секретарь научного
совета по присуждению ученых
степеней, PhD, доцент

А.А.Мухитдинов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и значимость темы диссертации. В мире обеспечение рационального использования энергетических ресурсов и экологической безопасности в транспортной отрасли большое значение придается повышению энергоэффективности и экологической безопасности транспортных средств за счет использования альтернативных традиционным нефтяным видам топлива и применения энергосберегающих технологий. В настоящее время в развитых зарубежных странах вопросы, направленные на повышение энергоэффективности транспортных средств, обеспечение экологической безопасности и снижение эксплуатационных расходов, а также повышение эксплуатационных характеристик транспортных средств за счет использования газомоторной техники, оснащенной энергосберегающим газомоторным оборудованием, работающим на альтернативных видах топлива, занимают лидирующие позиции. В этой связи особое внимание уделяется повышению топливной экономичности газомоторной техники в условиях низких и высоких температур эксплуатации, обеспечению экологической безопасности при холодном пуске двигателя.

В мире большое значение придается проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на повышение эффективности и экологической безопасности автомобилей за счёт снижения расхода топлива и выбросов вредных газов при их эксплуатации. В этом направлении проводятся исследования по совершенствованию методов установки газобаллонного оборудования на автомобили, повышению эффективности их работы с учётом условий эксплуатации, а также по улучшению адаптации программного обеспечения электронных блоков управления двигателя к изменению видов топлива, что рассматривается как приоритетное. При этом актуальными считаются такие вопросы, как рациональный выбор пуска на бензине и переход на газовое топливо при холодном пуске газобаллонных автомобилей в условиях низких и высоких температур эксплуатации.

В нашей республике важно эффективно организовать эксплуатацию газомоторного транспорта для дальнейшего повышения энергоэффективности и экологической безопасности транспортных средств. Для этого реализуются комплексные плановые мероприятия по повышению показателей энергоэффективности и экологической безопасности транспортных средств путем установки, наладки и переоснащения газомоторного оборудования. Об этом наглядно свидетельствует принятие ряда нормативно-правовых актов, направленных на обеспечение экологической и энергетической безопасности транспортных систем, а также стимулирование научно-исследовательских и методических работ в этой области. В частности, в Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены такие задачи, как «...разработка программы технических мероприятий, направленных на экономию энергоресурсов в

результате модернизации и реконструкции производства во всех отраслях экономики...»².

Для выполнения этих задач, а также повышения эксплуатационных показателей газомоторной техники и обеспечения экологической безопасности проведение эффективной и действенной работы по снижению выбросов вредных отработавших газов и твердых частиц в транспортном секторе является одной из самых необходимых и актуальных задач на сегодняшний день.

Данное диссертационное исследование в определенной мере послужит реализации задач, обозначенных в постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» и №ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан к «зеленой» экономике на период 2019-2030 годы» и №ПП-171 от 31 мая 2023 года «О мерах по эффективной организации деятельности Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата», а также других нормативно-правовых актах, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии со III приоритетным направлением развития науки и технологий республики «Энергетика, энергоресурсоэффективность, транспорт, машины и оборудование».

Степень изученности проблемы. Зарубежные ученые изучали эффективность использования газовых автомобильных двигателей в различных условиях эксплуатации, в том числе Соня Йе, Зисимос Тоумасатос, Зисис Самарас, Пин Сунь, Цзунъянь Лв, Линь У и другие, которые проводили исследования проблем использования газовых автомобилей, работающих на сжатом природном газе.

Из стран СНГ В.И. Ерохов, В.А. Шишков, Ю.В. Панов, А.С. Хачиян, В.В. Бирюк, С.В. Фалалеев, А. Капустин, И.А. Анисимов, А.С. Иванов, Е.М. Чикишев, К.А. Буштуева, Ю.И. Боксерман, Ю.С. Мкртичан, К.Ю. Чириков, Б.Б. Копитов, О.В. Литвинова, В.А. Лиханов, Н.В. Сергеев, В.П. Шokolov, Л.Г. Резник, Н.Г. Певнев, В.И. Пашков, Е.А. Захаров, И.М. Шувабба и другие провели исследования по проблемам повышения энергоэффективности и экологической безопасности автомобилей, работающих на газе.

От наших ученых А.А. Муталибов, А.У. Салимов, Б.И. Базаров, С.М. Кадыров, Ш.Дж. Имомов, С.А. Калаулов, А.Х. Васидов и другие проводили исследования в области эксплуатации газомоторной техники, анализа ее эксплуатационных показателей, совершенствования и оценки воздействия на окружающую среду.

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

Вместе с тем, анализ работ перечисленных выше наших ученых показал, что методы повышения эксплуатационных показателей газомоторной техники с универсальной системой подачи топлива за счет оптимизации управления соотношением бензин-газ при холодном пуске двигателя и корректировки настроек программного обеспечения газомоторного оборудования в соответствии с условиями эксплуатации не были рассмотрены.

Связь темы диссертационного исследования с планами научных работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертация основана на постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-436 от 02.12.2022 года «О мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан на «зеленую» экономику до 2030 года» и ПРОГРАММЕ обеспечения «зеленого» развития.

Целью исследований - повышение топливной экономичности и экологических эксплуатационных показателей газобаллонных автомобилей с универсальной системой подачи топлива.

Задачи исследования:

провести анализ рабочих процессов газобаллонных легковых автомобилей с универсальной системой подачи топлива и исследовать факторы, влияющие на повышение их эксплуатационных показателей;

выполнить экспериментальное исследование влияния управления режимами «бензин–газ/газ–бензин» в газобаллонных легковых автомобилях с универсальной системой подачи топлива на улучшение эксплуатационных характеристик и, в соответствии с этим, совершенствовать алгоритм их рациональной регулировки;

провести статистический анализ влияния управления «бензин–газ/газ–бензин» на повышение эксплуатационных показателей газобаллонных легковых автомобилей, а также усовершенствовать формулы определения количества сжатого природного газа, эквивалентного расходу бензина, и объёма вредных выбросов отработанных газов;

совершенствование метода оценки энергоэкологической эффективности двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи при рациональной настройке управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин» с учётом условий эксплуатации при низких и высоких температурах;

разработаны рекомендации по определению времени расхода бензина при холодном пуске двигателя в базовых и рационально отрегулированных режимах управления «бензин–газ»/«газ–бензин» топливной системы с учетом температуры окружающей среды на основе эксплуатационных и стендовых методов испытаний, а также по рациональной настройке и эксплуатации данных режимов.

Объектом исследования является газобаллонный легковой автомобиль с универсальной системой подачи топлива.

Предмет исследования составляют показатели топливной экономичности и экологической эксплуатационной эффективности

газобаллонных легковых автомобилей, оснащённых универсальной системой подачи топлива.

Методы исследования

В ходе исследования применялись следующие методы: теоретический анализ, экспериментальные исследования, сравнительный анализ, графоаналитический метод, математическое моделирование и статистический анализ.

При проведении испытаний использовались стандартные и специальные методики, а также эксплуатационные и стендовые испытания, выполненные в соответствии с нормативными документами с использованием специальных приборов для экспериментального определения энергоэффективности автомобилей и уровня токсичности отработанных газов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

с учётом условий эксплуатации при низких и высоких температурах на основе эксплуатационных и стендовых испытаний усовершенствован алгоритм управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин».

на основе статистического анализа усовершенствована формула расчёта количества сжатого природного газа и вредных выхлопных газов, соответствующих расходу бензина при холодном пуске двигателя, посредством рациональной регулировки управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин» в системе топливоподачи.

совершенствован метод оценки энергоэкологической эффективности двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи при рациональной настройке управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин» с учётом условий эксплуатации при низких и высоких температурах.

с учётом температуры окружающей среды усовершенствован метод определения времени расходования бензина при холодном пуске двигателя для базовых и рационально настроенных режимов управления «бензин–газ»/«газ–бензин» с использованием эксплуатационных и стендовых методов испытаний.

Практические результаты исследования

разработаны принципы надёжного и устойчивого перехода с бензина на газ при холодном запуске двигателей автомобилей с универсальной системой подачи топлива;

на основе рационально модифицированного алгоритма управления режимами «бензин–газ/газ–бензин» сокращено время работы двигателя на бензине при холодном запуске;

усовершенствованы формулы расчёта количества сжатого природного газа и вредных выбросов, эквивалентных расходу бензина в процессе холодного запуска двигателя;

совершенствован метод оценки энергоэкологической эффективности холодного пуска двигателя при рациональной регулировке параметров управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин»;

время расходования бензина при холодном пуске двигателя для базовых и рационально настроенных режимов управления «бензин–газ»/«газ–бензин» определено с использованием эксплуатационных и стендовых методов испытаний с учётом температуры окружающей среды, а также разработаны методические рекомендации по рациональному применению данных настроек управления.

Достоверность результатов исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением современных методов и средств исследований, использованием методов математической статистики, а также сопоставлением теоретических расчётов с результатами реальных экспериментов.

Результаты, полученные при рациональной регулировке управления «бензин–газ/газ–бензин» в системе подачи топлива газобаллонных легковых автомобилей с универсальной системой, подтверждены при реальных условиях эксплуатации и стендовых испытаниях.

Научно-практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования заключается в совершенствовании алгоритма управления «бензин–газ/газ–бензин» для двигателей газобаллонных легковых автомобилей с универсальной системой подачи топлива, в разработке усовершенствованной методики расчёта энергетических и экологических показателей на основе рациональной регулировки базовых настроек, а также в обосновании условий эксплуатации, обеспечивающих достижение экономической эффективности.

Практическая значимость исследования состоит в том, что рациональная регулировка параметров управления «бензин–газ», выполненная с учётом природно-климатических условий эксплуатации, позволяет снизить расход топлива при холодном запуске двигателя и уменьшить количество вредных выбросов, что способствует повышению энергоэкологической эффективности эксплуатации автомобилей.

Внедрение результатов исследования

усовершенствованный алгоритм управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин» внедрён в ООО «Автомарказ GAZ» (справка АО «Ўзавтосаноат» № 17/07-25-1271 от 18 июля 2025 г.). В результате для автомобилей, оснащённых 4-м поколением газобаллонного оборудования с универсальной системой топливоподачи, при ежегодной эксплуатации в течение 283 дней достигнута экономия бензина до 5,43 литра при одном холодном пуске двигателя;

метод расчёта количества сжатого природного газа и вредных выхлопных газов, соответствующих расходу бензина при холодном пуске двигателя, разработанный на основе статистического анализа, внедрён в ООО «Автомарказ GAZ» (справка АО «Ўзавтосаноат» № 17/07-25-1271 от 18 июля 2025г.);

В результате установлено, что использование эквивалентного количества сжатого природного газа при холодном пуске двигателя обеспечивает сокращение эксплуатационных затрат на 54,5 % и снижение выбросов

вредных веществ: CO – на 2,13 кг, CH – на 0,31 кг, NO_x – на 0,11 кг и CO₂ – на 3,87 кг;

усовершенствованный метод оценки энергоэкологической эффективности двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи при рациональной настройке управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин» внедрён в ООО «Автомарказ GAZ» (справка АО «Ўзавтосаноат» № 17/07-25-1271 от 18 июля 2025 г.). В результате установлено, что при эксплуатации в условиях низких и высоких температур достигается экономия бензина и снижение количества вредных выбросов на 20–80 %, при этом среднегодовая экономия бензина составляет 4018 кг;

метод определения времени расходования бензина при холодном пуске двигателя для базовых и рационально настроенных режимов управления «бензин–газ»/«газ–бензин» внедрён в ООО «Автомарказ GAZ» (справка АО «Ўзавтосаноат» № 17/07-25-1271 от 18 июля 2025г.). В результате установлено, что в диапазоне температур окружающей среды от –10 °С до +30 °С разница во времени расходования бензина при холодном пуске между базовыми и рационально настроенными режимами составляет от 2,19 до 0,45 минут.

Апробация результатов исследования

Результаты настоящего исследования были апробированы в виде докладов и обсуждены на 3 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования.

По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, из них: 7 научных статей - в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание учёной степени доктора философии (PhD), включая 6 статей в республиканских и 1 статью в зарубежном научном журнале.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 116 страницах и состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных литератур, приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость исследования, описываются цели и задачи, объект и предметы исследования, указывается его соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Описываются научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научно-практическая значимость полученных результатов, приводится информация об их внедрении в практику, а также об опубликованных работах и диссертациях.

В первой главе диссертации, озаглавленной «Анализ эксплуатационных процессов газобаллонных легковых автомобилей с

универсальной системой подачи топлива», анализируется развитие систем подачи топлива газобаллонных легковых автомобилей, даются общие положения и анализ процессов совершенствования конструкции газобаллонных оборудование (ГБО). Проанализированы эксплуатационные процессы газовых автомобилей, описаны проблемы повышения их эксплуатационных показателей и пути их решения. При этом классифицировано влияние параметров регулирования «бензин-газ/газ-бензин» ГБА, оснащенных ГБО 3-го и 4-го поколений с универсальной системой подачи топлива, на эксплуатационные показатели автомобиля.

Двигатели с универсальной топливной системой питания и газобаллонным оборудованием IV поколения при холодном пуске первоначально используют бензиновое топливо. Переход на газовое топливо осуществляется в зависимости от параметров, установленных в настройках системы управления «бензин–газ», таких как температура (охлаждающая жидкость двигателя или температура редуктора) и частота вращения коленчатого вала двигателя (ЧВКВ).

Данные параметры, согласно базовым настройкам, рекомендуемым различными производителями газобаллонного оборудования (STAG, Landi Renzo, BRC, Lovato, Tomasetto, Digitronic), установлены в диапазоне температуры от 30 °С до 40 °С и при частоте вращения коленчатого вала 600 мин⁻¹ (на примере фирмы STAG). Это, в свою очередь, приводит к увеличению расхода бензина при холодном пуске двигателя.

Двигатели ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива обладают одинаковой эффективностью при стандартных условиях эксплуатации при холодном пуске на топливе СПГ и бензине, то есть автомобиль легко запускается на обоих видах топлива.

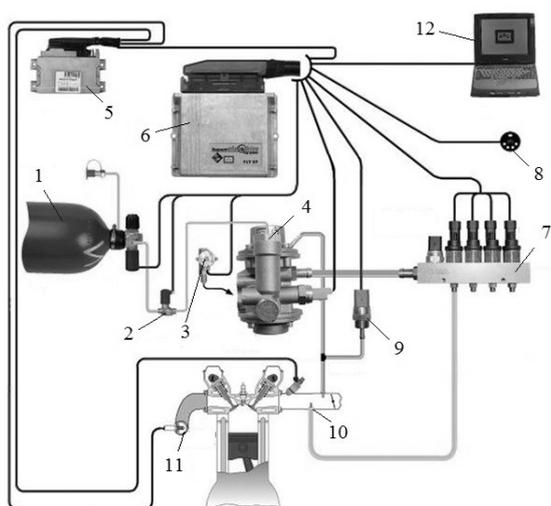


Рисунок 1. Блок управления двигателем 4-го поколения с универсальной системой подачи топлива:

1-газовый баллон; 2-газовый клапан; 3-манометр; 4-электромагнитный газовый редуктор; 5- газовый ЕВВ; 6-газовый ЕВВ; 7-газовая форсунка; 8- переключатель вида топлива; 9-датчик давления в газоподводящей магистрали к газовой форсунке (датчик абсолютного давления в коллекторе); 10- форсунка подачи газа; 11- кислородный датчик; 12 – компьютер

Использование сжатого природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива в автомобилях является значительно более эффективным с экологической точки зрения по сравнению с нефтяными видами топлива и имеет очевидные преимущества перед другими видами горючего (табл. 1).

Таблица 1

Изменение количества вредных выбросов отработавших газов двигателя в зависимости от вида используемого топлива, т/год

Топливо	Вредные выхлопные газы, т/т топлива				
	СО	НС	СО ₂	NO _x	Сажа
Бензин	0,60	0,100	3,2	0,040	0,020
Дизель	0,10	0,030	2,81	0,040	0,480
СУГ	0,20	0,023	2,94	0,012	0,003
СПГ	0,08	0,025	2,6	0,013	-

Программные настройки электронного блока управления (ЭБУ) газобаллонного оборудования IV поколения универсальной топливной системы во всех моделях имеют схожую структуру и используют одинаковые функции при изменении основных параметров.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «Теоретические основы повышения эксплуатационных показателей легковых автомобилей с газобаллонным оборудованием универсальной топливной системы», изложены теоретические основы повышения эксплуатационных характеристик таких автомобилей. Разработаны основные принципы концепции рациональной настройки системы управления «бензин–газ/газ–бензин», направленной на повышение эксплуатационных показателей легковых автомобилей с универсальной топливной системой и газобаллонным оборудованием.

При холодном пуске двигателя при переходе с бензина на газ необходимо обеспечить устойчивый режим работы цилиндров, то есть при любых режимах и нагрузках двигателя должны соблюдаться соотношения между мощностью и крутящим моментом.

На основе указанных требований усовершенствован существующий алгоритм управления системой топливоподачи «бензин–газ/газ–бензин» и, соответственно, уточнена его математическая модель. Для двигателей автомобилей, оснащённых газобаллонным оборудованием IV поколения, в условиях эксплуатации при низких и высоких температурах алгоритм рациональной настройки перехода «бензин–газ/газ–бензин» был модернизирован (табл. 2) и представлен на рис. 2.

Таблица 2

Эффективный алгоритм запуска ГБО 4-го поколения (В. И. Ерохов)

Параметры	Температура охлаждающей жидкости**	
	≤10 °С	>10 °С
Перед заправкой баллона*	Запуск на бензине Переход на газовый режим. Окончание фазы холодного пуска, температура охлаждающей жидкости выше 10°С и продолжительность после запуска превышает 100 с.	Запуск на газе
После заправки баллона* Параметры	Запуск на бензине Переход на газовый режим. После активации λ-регулирования температура охлаждающей жидкости выше 10°С и продолжительность после запуска превышает 100 с.	Запуск на бензине. До завершения адаптации к качеству газовой смеси. Переключение в режим работы на газе. После активации *регулирования, но не позднее 540 с

Усовершенствуем существующий алгоритм, основанный на рациональной настройке «бензин-газ/газ-бензин» при холодном пуске автомобильных двигателей, оснащенных ГБО 4-го поколения в условиях низких и высоких температур эксплуатации следующим образом (рисунок 2):



Рисунок 2. Блок-схема алгоритма переключения с бензина на газ и с газа на бензин при холодном пуске ГБО

Математическая модель системы управления «бензин–газ» учитывает параметры температуры и частоты вращения коленчатого вала для автоматического переключения между режимами работы на бензине и газе. Данная математическая модель, опираясь на данные, поступающие от датчиков температуры двигателя и частоты вращения коленчатого вала, обеспечивает изменение режима «бензин–газ» или «газ–бензин» и, соответственно, влияет на изменение показателей эффективности работы двигателя. Ниже представлена блок-схема данной математической модели (рис. 3).

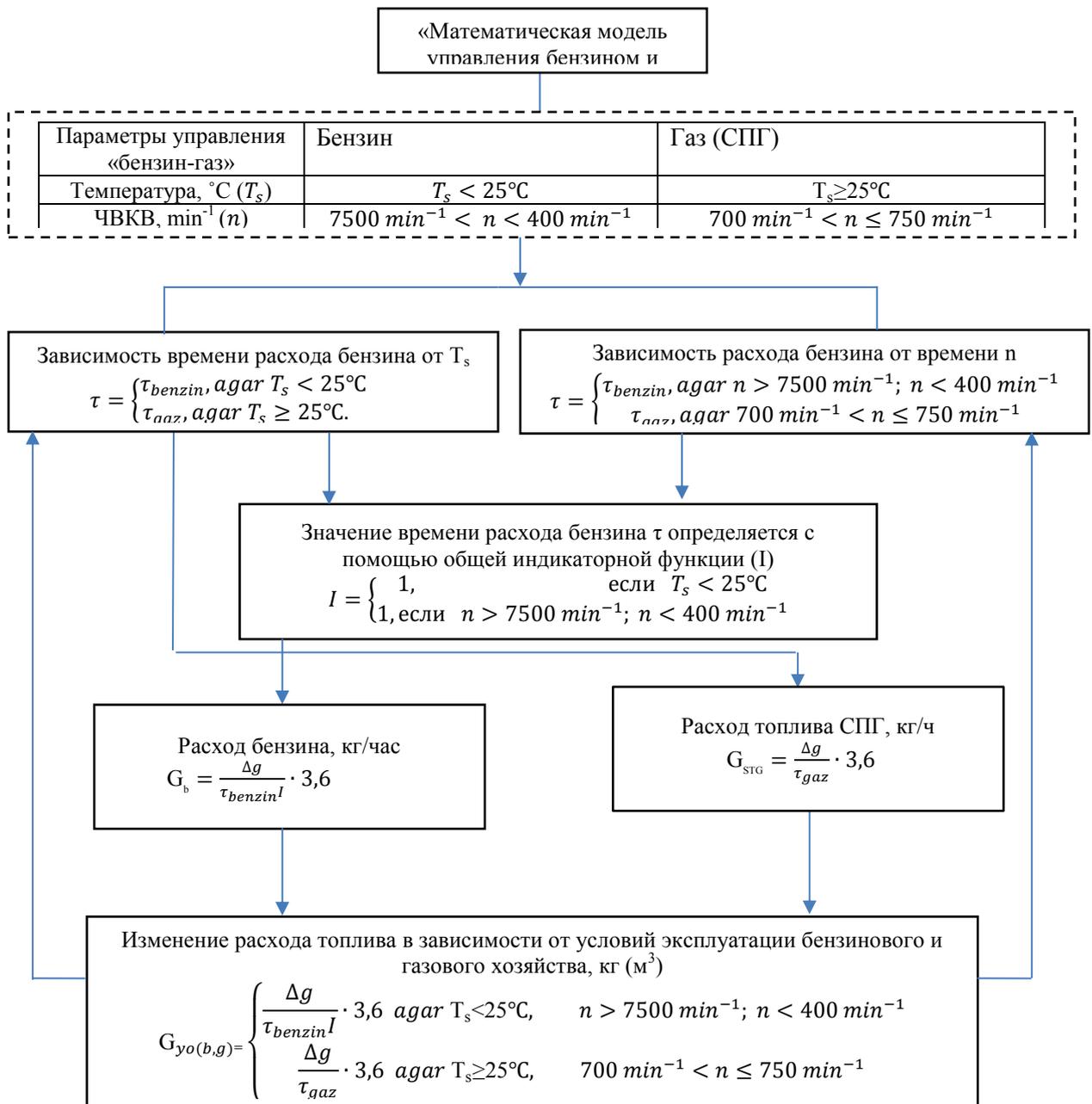


Рисунок 3. Структурная схема математической модели управления «бензин-газ»/«газ-бензин» в системе топливоподачи

В процессе эксплуатации автомобилей одним из основных качественных показателей работы двигателя является расход топлива или его экономичность. Для определения рабочих характеристик двигателя на специальном стенде при заданных режимах работы ($N_i = \text{const}$, $p_i = \text{const}$ и $n = \text{const}$) производится измерение количества топлива, израсходованного на получение определённой мощности за время испытаний.

По результатам измерений определяется часовой расход топлива G_o , кг/ч, по следующей зависимости:

$$G_{yo} = \frac{\Delta g}{\tau} \cdot 3,6 \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где Δg - измеренная доза топлива, г;

τ - время расхода топлива, с.

Для двигателей автомобилей с универсальной системой топливоподачи и газобаллонным оборудованием IV поколения, при рационально настроенном управлении «бензин–газ»/«газ–бензин», расход бензина при холодном пуске определяется на основе функциональной математической модели по следующему выражению:

$$G_{yo(b,g)} = \begin{cases} \frac{\Delta g}{\tau_{benzinI}} \cdot 3,6 & \text{если } T_s < 25^\circ\text{C}; n > 7500 \text{ min}^{-1}; n < 400 \text{ min}^{-1} \\ \frac{\Delta g}{\tau_{gaz}} \cdot 3,6 & \text{если } T_s \geq 25^\circ\text{C}, 700 \text{ min}^{-1} < n \leq 750 \text{ min}^{-1} \end{cases} \quad (2)$$

Используя данную формулу, определим количество бензина при различных температурных диапазонах и в базовых и рациональных настройках системы управления «бензин–газ/газ–бензин» по следующему усовершенствованному выражению:

$$G_{(bazav.,rats.)} = G_{yo} \cdot \Delta\tau_{(bazav.rats.)}; \text{ кг} \quad (3)$$

где: G_{yo} - часовой расход бензина, кг/ч;

$\Delta\tau_{(bazav.rats.)}$ - Разность времени перехода с бензина на газ в базовых и рационально отрегулированных настройках управления «бензин-газ/газ-бензин», ч.

Применение приведённой выше математической модели в ГБО способствует также улучшению экологических показателей двигателя. Настройка режима «бензин–газ» на основе математической модели позволяет снизить расход бензина при эксплуатации двигателя, что, в свою очередь, приводит к уменьшению количества вредных выбросов (ВВ).

В двигателях внутреннего сгорания (ДВС) расчёт количества вредных выбросов по видам топлива основан на общем балансе расхода топлива и массового содержания ВВ:

$$Q_k = C_t \cdot K_k, \text{ г/кг} \quad (4)$$

где: Q_k - количество вредных выбросов, г/кг;

C_t - расход топлива (бензин, газ, дизельное топливо и др.), кг;

K_k - удельный коэффициент для k-го компонента.

При холодном запуске двигателей IV-поколения газобаллонных автомобилей (ГБА) количество загрязняющих компонентов, выбрасываемых в атмосферу в процессе перехода с бензина на газ, изменяется в соответствии с математической моделью. Для этого в выражении (3) расход топлива C_t заменяется на расход бензина во время холодного запуска — $G_{(базов., рац.)}$, так как данные величины эквивалентны: $G_{(базов., рац.)}$ отражает количество топлива, израсходованное за определённый промежуток времени, а C_t — расход топлива в общей массе топливной смеси. Таким образом, на основе математической модели управления режимом «бензин-газ» часовое количество ВВ от двигателя внутреннего сгорания определяется по следующей формуле:

$$Q_{ZCHG} = G_{(bazav.,rats.)} \cdot K_k \quad (5)$$

где Q_{ZCHG} – количество ВВ, кг;

$G_{(bazav.,rats.)}$ – расход бензина или газа при холодном пуске, кг;

K_k – коэффициент сравнительной величины k -й составляющей.

Внесены рациональные изменения в настройки программного обеспечения «бензин-газ» ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива для снижения расхода бензина.

Соотношение топлива СПГ к бензину определяется следующим образом:

$$\tau_b^{stg} = \frac{H_u^{STG}}{H_u^b \rho_b} = \frac{34,7}{43,9 \times 0,74} = 1,07 \text{ l/m}^3 \quad (4)$$

При определении количества сжатого природного газа (τ_b^{STG}), соответствующего расходу бензина $G_{yo(b,g)}$ при холодном пуске газобаллонных двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи управления "бензин-газ"/"газ-бензин", с использованием приведенных выше формул (1) и (4) выражаем его следующей эмпирической формулой:

$$\tau_b^{STG} = \frac{G_{(bazav.,rats.)} \cdot H_u^b}{H_u^{STG}}; \text{m}^3 \quad (5)$$

Где: $G_{(bazav.,rats.)}$ – количество сэкономленного бензина при холодном пуске ГБА при рациональной настройке управления «бензин-газ/газ-бензин» по сравнению с базовыми настройками, кг;

H_u^b – низшая теплота сгорания бензинового топлива, МДж/кг;

H_u^{STG} – низшая теплота сгорания топлива СПГ, МДж/м³.

Усовершенствован существующий алгоритм управления «бензин-газ» ГБА IV поколения, и на его основе разработана математическая модель управления «бензин-газ» или «газ-газ» для повышения энергоэффективности и экологической безопасности двигателей ГБА при холодном пуске.

Для того чтобы математическая модель управления «бензин-газ» обеспечивала автоматическое переключение между газовым и бензиновым режимами, разработана эмпирическая формула для определения расхода бензина ($G_{(bazav.,rats.)}$) и количества ВВ (Q_k) ГБА IV поколения при холодном пуске с учетом параметров температуры и частоты вращения коленчатого вала.

Внесены рациональные изменения в настройки управления «бензин-газ» ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива с целью снижения расхода бензина. Разработана эмпирическая формула для определения энергетической эффективности расхода топлива газового двигателя (τ_b^{STG}) в зависимости от расхода бензина при прогреве двигателя до определенной температуры при корректировке базовых и рационально модифицированных настроек управления «бензин-газ». Также проведена теоретическая оценка влияния управления «бензин-газ» или «газ-бензин» на повышение эксплуатационных показателей ГБА.

В третьей главе диссертации, «**Экспериментальные исследования повышения эксплуатационных показателей газобаллонных легковых автомобилей**», представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных для подтверждения полученных в предыдущих главах

теоретических результатов, их уточнения и более широкого и глубокого изучения поднятой в диссертации проблемы.

Разработана и проведена программа проведения эксплуатационных и стендовых испытаний для определения эксплуатационных показателей газовых двигателей легковых автомобилей, оснащенных универсальной системой топливоподачи ГБА IV поколения с холодным пуском и автоматическим переходом на газовое топливо, путем внесения рациональных изменений в базовые настройки программного обеспечения с учетом условий эксплуатации. Эксплуатационные испытания проводились в лаборатории «Колесные и гусеничные машины и технологическое оборудование» испытательного центра «КОМПЛЕКС» на предприятиях ООО «Group mega avto», ООО «С-Laydo avtogaz servic» и ООО «Avtomarkaz Gaz», входящих в состав АО «UzAuto Motors», а также ООО «Nipo standart». Стендовые испытания проводились на стенде двигателя Б15Д2 и 5-компонентном газоанализаторе, оснащенный специальными измерительными приборами, принадлежащими Ташкентскому государственному техническому университету имени Ислама Каримова.

Испытания проводятся 10 раз на газовых двигателях легковых автомобилей с универсальной системой подачи топлива, результаты заносятся в установленные таблицы.

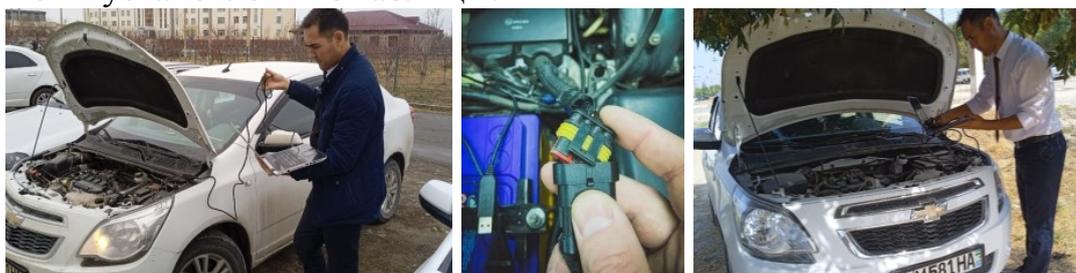


Рисунок 4. Процесс подключения электронного блока управления газом, установленного на двигателе ГБА, оснащенный ГБА IV поколения, к ноутбуку через диагностический кабель

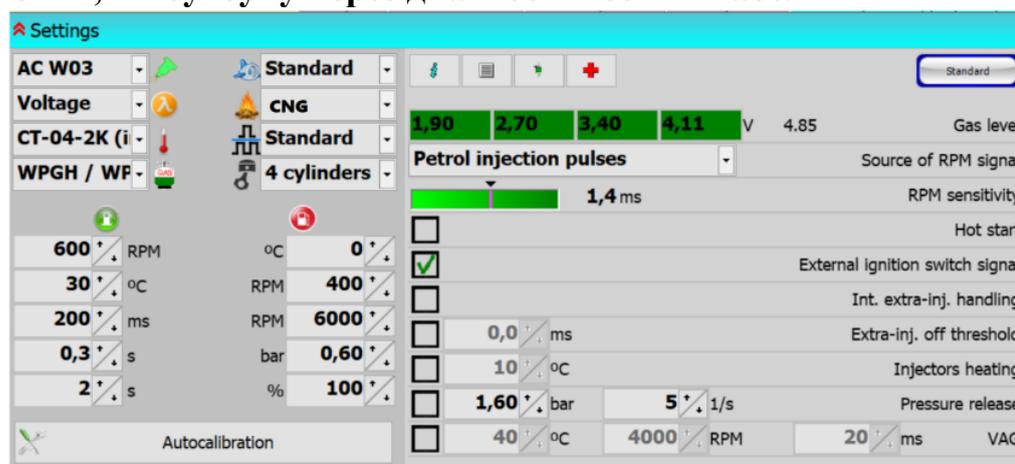


Рисунок 5. Окно основных настроек программы Stag 200 Easy 0.27.0, установленной на двигатель ГБА, оснащенный ГБУ четвертого поколения

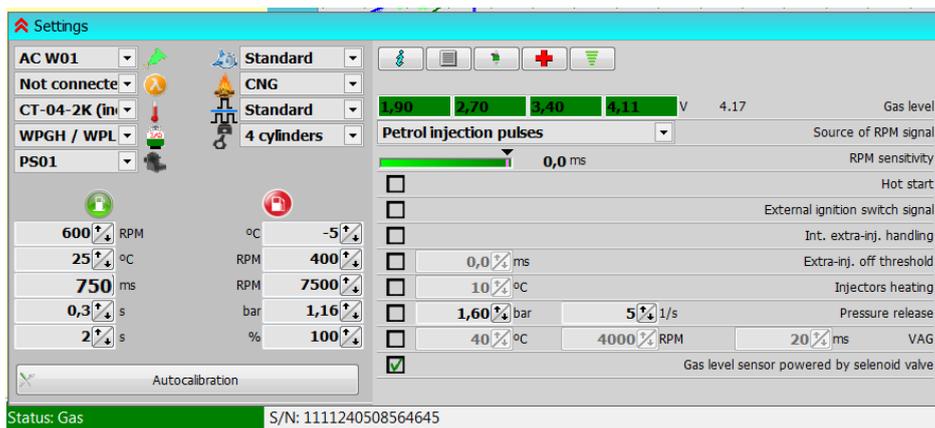


Рисунок 6. Окно рациональных изменений, входящее в базовые настройки программы Stag 200 Easy 0.27.0, установленной на двигателе ГБА, оснащенном ГБЦ четвертого поколения

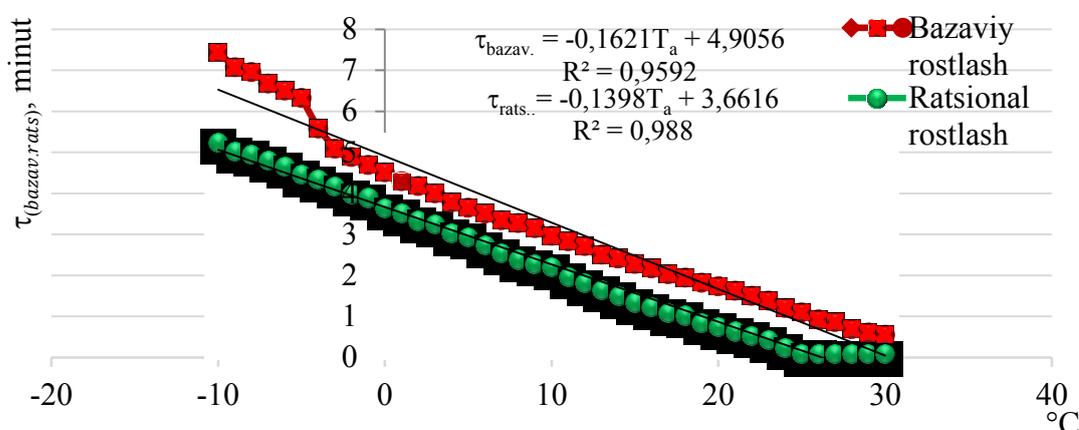


Рисунок 7. Средние времена работы на бензине при базовых и рациональных настройках регулирования бензин-газ/газ-газ при холодном пуске легковых автомобилей с газовыми баллонами с универсальной системой подачи топлива

Таблица 3

****Разница во времени расхода бензина при холодном запуске двигателей легковых автомобилей с универсальной топливной системой и газобаллонным оборудованием IV поколения в условиях эксплуатации при высоких и низких температурах, между базовыми и рационально отрегулированными настройками управления «бензин-газ/газ-бензин» $\Delta\tau_{(bazav/rats)}$, min.**

Изменение времени расхода бензина при холодном запуске двигателя ($\Delta\tau_{bazav.rats.}$), мин, — представляет собой разницу во времени расхода бензина между базовыми настройками и рационально отрегулированным управлением «бензин-газ/газ-бензин».	Температура воздуха в условиях эксплуатации при низких температурах, °C										
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
	2,19	2,04	2,01	1,87	1,84	1,86	1,24	0,91	0,90	0,80	0,87
	Температура воздуха в условиях эксплуатации при низких температурах, °C										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0,78	0,84	0,76	0,75	0,71	0,78	0,80	0,90	0,87	0,77	
	Температура воздуха в условиях эксплуатации при низких температурах, °C										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	0,87	0,91	0,85	0,92	0,94	0,95	0,95	0,92	0,97	0,99	
	Температура воздуха в условиях эксплуатации при высоких и низких температурах, °C										
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	0,99	0,97	0,96	0,97	1,00	0,84	0,76	0,61	0,51	0,45	

На основании приведённой выше таблицы определяется разница во времени перехода с бензина на газ ($\Delta\tau_{\text{bazav.rats.}}$) при холодном запуске двигателя легкового автомобиля с универсальной топливной системой и газобаллонным оборудованием IV поколения при базовых и рационально отрегулированных настройках управления «бензин-газ/газ-бензин». Величина ($\Delta\tau_{\text{bazav.rats.}}$) представляет собой время работы двигателя на бензине при базовых или рационально отрегулированных настройках управления «бензин-газ/газ-бензин» с учётом температуры окружающей среды. Значение параметра ($\Delta\tau_{\text{bazav.rats.}}$) определяется по следующей последовательности вычислений:

$$\Delta\tau_{(\text{bazav/rats.})} = \tau_{\text{bazav.}} - \tau_{\text{rats.}} \quad (8)$$

Значения $\tau_{\text{bazav.}}$ и $\tau_{\text{rats.}}$ определяются с использованием коэффициентов, полученных на основе результатов статистического анализа, по следующим зависимостям:

$$\tau_{\text{bazav.}} = -0,1621T_a + 4,9056 \quad (9)$$

$$\tau_{\text{rats.}} = -0,1398T_a + 3,6616 \quad (10)$$

Здесь T_a — температура окружающей среды.



Рисунок 8. Стенд индукционного торможения двигателя B15D2 FDJ 001, оснащенный специальными измерительными приборами, принадлежащий Ташкентскому государственному техническому университету имени Ислама Каримова

Исходя из вышеизложенного, процесс определения расхода топлива при холодном пуске двигателя на стенде B15D2 рассматривается с момента включения двигателя.

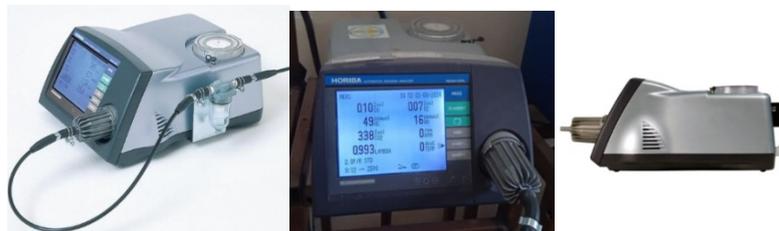


Рисунок 9. Газоанализатор Horiba (MEXA-584L)

Данный процесс испытаний проводится одновременно со вторым этапом испытаний. А именно, с помощью газоанализатора Horiba (MEXA-584L) (рисунок 9) стенда индукционного торможения двигателя B15D2-FDJ 001 Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, оснащенного специальными измерительными приборами,

также определялись показатели ВВ, соответствующие количеству израсходованного топлива.

Данный газоанализатор определяет количество ВВ (СО, СН и СО₂) в бензино-воздушной смеси при холодном пуске двигателя. При этом суммарное количество СО, СН и СО₂ в процессе сгорания топливовоздушной смеси и в отработавших газах выражается в процентах и отображается на дисплее прибора. При запуске двигателя газоанализатор также начинает работать, и мы можем определить количество ВВ в соответствии с расходом бензина. То есть, изменение дозы бензина, потребляемого во время работы двигателя, влияет на количество ВВ, на основании чего мы также заносим в таблицу общее количество ВВ, определенное в соответствии с каждым расходом бензина, определенным в процессе испытания (таблица 4).

Таблица 4

Количество вредных отработавших газов, соответствующее расходу бензина при холодном пуске двигателя ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива, кг/ч относительно расхода топлива

Экспериментальные испытания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	K_k
Расход топлива - Δg , кг/час	0,65	0,54	0,61	0,69	0,66	0,59	0,71	0,68	0,65	0,60	0.68
СО, %	0,10	0,09	0,09	0,13	0,10	0,09	0,14	0,12	0,10	0,09	0,105
НС, mln^{-1}	49	38	36	48	43	37	49	48	49	41	43,8
СО ₂ , %	3,38	3,18	3,24	4,06	3,74	3,19	4,11	4,06	4,03	3,22	3,62

Используя данные таблицы 2, т.е. исходя из времени расхода бензина при холодном пуске, представленного в этой таблице, определяем расход бензина двигателями легковых автомобилей с газовыми баллонами и универсальной системой подачи топлива, который определялся по формуле (3). Соотношение значений $\Delta\tau_{bazav.rats.}$ (рисунок 3) и Δg из таблицы 4 определяет $G_{(bazav.,rats.)}$ (рисунок 10).

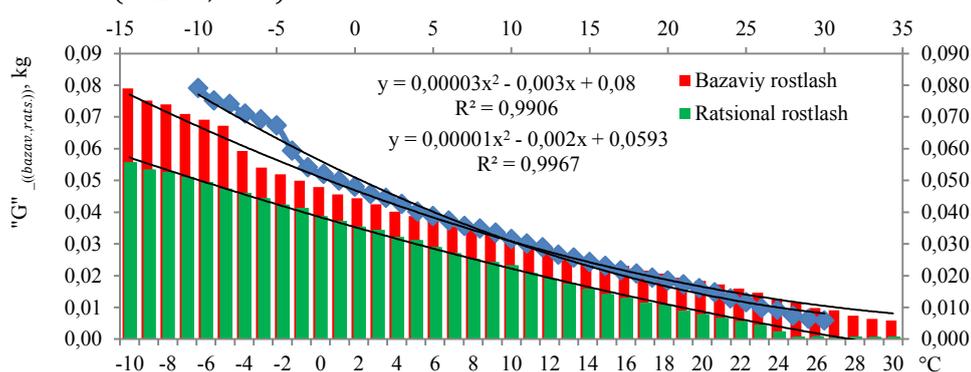


Рисунок 10. Средний расход бензина $G_{(bazav.,rats.)}$ график базовой и рациональной регулировки управления бензин-газ/газ-газ при холодном пуске легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи IV поколения с газовыми баллонами в условиях высоких и низких температур эксплуатации (от $-10^{\circ}C$ до $30^{\circ}C$), кг

Среднегодовая экономия топлива при рациональной настройке параметров управления «газ-бензин» для однократного холодного пуска двигателя ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива по

сравнению с базовой настройкой зависит от годовых низких и высоких температурных условий эксплуатации исследуемого района. Распределение дней с определенной температурой по сезонам года представлено в предыдущих главах. Соответственно, продолжительность сезонов года в нашей республике была проанализирована на основе данных Гидрометеорологического агентства Республики Узбекистан Среднегодовое распределение дней с низкими и высокими температурами (от -10°C до 30°C) в исследуемом регионе составляет 283 дня.

За этот период экономия топлива ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива при однократном холодном пуске с рациональной регулировкой управления «бензин-газ/газ-бензин» по сравнению с базовыми настройками составляет 4018 кг (таблица 5).

Таблица 5

Экономия бензина при рациональной настройке параметров управления «бензин-газ/газ-бензин» по сравнению с базовой настройкой для однократного холодного пуска 283-дневного двигателя IV поколения ГБА с универсальной системой подачи топлива, кг

Время года	Отображение температуры, $^{\circ}\text{C}$	Продолжительность (дни)	Средний расход топлива в указанном диапазоне температур, кг	Общая экономия топлива ($\Delta G_{yo(b)}$), kg
Весна	от 5°C до 25°C	62	0,0081	0,5022
Лето	выше 25°C	28	0,0094	0,2632
Осень	от 5°C до 20°C	70	0,0094	0,658
Зима	ниже 4°C	123	0,0211	2,5953
Итого				4,0187

В ходе экспериментальной проверки расход бензина определялся в килограммах, а для пересчета в литры использовалась плотность $\rho_b - 0,74$ кг/л, определяемая по ГОСТ Р 51105-97.

$$V_{\text{bazav.rats}} = \frac{G_{\text{bazav.rats}}}{\rho_b}; \text{ литр} \quad (11)$$

Где: $V_{\text{yo(benzin)}}$ – объем бензинового топлива, л;

ρ_b – плотность бензина, кг/л;

$G_{\text{yo(benzin)}}$ - количество бензинового топлива, кг.

Экономия бензина за 283 дня от одного холодного пуска двигателя ГБА составляет 4,018 кг. Пересчет количества бензина из кг в литры зависит от плотности бензина и рассчитывался по ГОСТ Р 51105-97 как $\rho_b - 0,74$ кг/л. Согласно ему, 4,018 кг = 5,363 литра равно соотношению (таблица 6).

Таблица 6

Экономия бензина ($G_{\text{bazav.rats}}$), при рациональной настройке параметров управления «бензин-газ/газ-бензин» за 283 дня работы двигателя ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива, кг·л, относительно базовой настройки

Количество пусков	1	2	3	4
Количество бензина, кг	4,018	8,03	12,05	16,07
Количество бензина, л	5,43	10,86	16,29	21,72

Годовая экономия бензина при холодных пусках и в целом при эксплуатации легковых автомобилей с газовыми баллонами с универсальной системой подачи топлива, осуществляющих перевозки пассажиров в течение года, составляет 21,72 литра, исходя из среднего количества холодных пусков не менее 4 в сутки.

Указанные изменения расхода топлива и приведенные показатели количества ВВ получены при изменении температуры на базовых настройках от 30°C до рациональных 25°C и частоты вращения коленчатого вала от базовых 600 мин⁻¹ до 750 мин⁻¹. При холодном пуске двигателя время расхода бензина, определенное на базовых настройках, больше времени расхода бензина, определенного на рационально скорректированных настройках. За счет сокращения времени расхода бензина двигатель переключается на газ раньше, чем прежде, что приводит к расходу газового топлива вместо бензина. В результате рациональной настройки управления бензин-газом исследуемого легкого газобаллонного автомобиля с универсальной системой подачи топлива, сокращение времени расхода бензина в условиях низких температур (температура окружающего воздуха -9°C эксплуатации составляет $\Delta\tau_{bazav.rats} = 7,43 - 5,25 = 2,18$ мин, а экономия расхода бензина составляет $G_{bazav.rats} = 0,0217$ кг. При холодном пуске двигателя ГВА вместо бензина расходуется газовое топливо, исходя из рационально настроенных настроек $G_{bazav.rats}$). Как упоминалось в предыдущих главах, количество газа, эквивалентное $G_{bazav.rats}$, определялось по формуле энергоэффективности СПГ (τ_b^{stg}).

$$\tau_b^{stg} = \frac{G_{bazav.rats} \cdot H_u^b}{H_u^{STG}} = \frac{0,0217 \cdot 43,9}{34,7} = 0,0274 \text{ м}^3$$

Следовательно, 0,0217 кг бензина эквивалентно 0,0274 м³ топлива СПГ. На основании этого рассчитана относительная величина экономии СПГ вместо бензина при рациональной настройке параметров регулирования «бензин-газ/газ-бензин» за 283 дня в зависимости от количества холодных пусков двигателя ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива (таблица 7).

Таблица 7

Относительное значение СПГ взамен сэкономленного бензина при рациональной настройке параметров управления «бензин-газ/газ-бензин» за 283 дня по отношению к базовой настройке двигателя ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива, литры \Leftrightarrow м³

Количество пусков	1	2	3	4
Объем бензина, л	5,43	10,86	16,29	21,72
Объем СПГ, м ³	5,08	10,17	15,25	20,34

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований по повышению эксплуатационных показателей газобаллонных легковых автомобилей», обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований по повышению эксплуатационных показателей газобаллонных легковых автомобилей.

Цена СПГ по состоянию на май 2025 года составляет 5100 сумов за 1 м³. Средняя цена бензина АИ-92 составляет 10500 сумов. Исходя из этого соотношения, определена экономическая эффективность рациональной корректировки настроек регулирования бензин-газ/газ-газ относительно базовой корректировки.

Таблица 8

Годовая экономическая эффективность рациональной регулировки параметров регулирования «бензин-газ/газ-бензин» в течение 283 суток по сравнению с базовой регулировкой двигателя 1 ГБА IV поколения с универсальной системой топливоподачи в зависимости от количества холодных пусков, сум

Количество пусков	1	2	3	4
Бензин, сум	57022	114044	171066	228088
СПГ, сум	25929	51859	77788	103717
Прибыль, сум	31093	62185,58729	93278,38093	124371,1746

При этом ГБА IV поколения позволяет снизить общие затраты на топливо на 31 093 сумов в год на один ГБА за счёт сокращения времени перехода с бензина на газ в результате рациональной настройки параметров управления «бензин/газ-газ» при однократном холодном пуске. С учетом результатов исследования, применение предложенного автором рационального алгоритма настройки параметров управления бензиново-газовым/газово-бензиновым двигателем ГБА IV поколения позволяет экономить затраты на топливо в размере 22 281 500 сумов в год на 1000 автомобилей в эксплуатации при однократном холодном пуске при эксплуатации данного типа ГБА. Увеличение данного чистого эффекта по затратам на топливо пропорционально количеству холодных пусков оказывает существенное влияние на экономию затрат на топливо при эксплуатации ГБА и повышение показателя эффективности.

Таблица 9

Экономическая эффективность рациональной регулировки ($T_s=25^{\circ}\text{C}$ и $n=750 \text{ мин}^{-1}$) по сравнению с базовой регулировкой ($T_s=30^{\circ}\text{C}$ и $n=600 \text{ мин}^{-1}$) параметров регулирования бензин-газ/газ-газ для 1000 ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива

Количество запусков	1	2	3	4
Экономия топлива для 1000 ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива, сумов	31 093 000	45 630 000	68 445 000	91 254 900

Практическое применение рациональной регулировки настроек управления бензин-газ/газ-газ для ГБА IV поколения с универсальной системой подачи топлива позволит не только достичь высокой экономической эффективности, но и повысить их экологическую безопасность. Определим и сравним изменение количества вредных отработавших газов при использовании СПГ, соответствующее количеству бензина, определенному при базовой и рациональной регулировке настроек управления бензин-газ/газ-газ по формуле (5).

$$Q_k = C_t \cdot K_k, \text{ g/kg} \quad (5)$$

В этом случае определяем коэффициент относительной стоимости k-компоненты K_k по значениям табл. 1. На основании показателей, определенных в табл. 6, рассчитываем количество сэкономленного бензина и его эквивалента СПГ и определяем результаты (табл. 10).

Таблица 10

Изменение количества вредных газов при рациональной регулировке ($T_s=25^\circ\text{C}$ и $n=750 \text{ мин}^{-1}$) по сравнению с базовой регулировкой ($T_s=30^\circ\text{C}$ и $n=600 \text{ мин}^{-1}$) настроек регулирования бензин-газ/газ-газ для 1000 ГБ IV поколения с универсальной системой подачи топлива, кг

Количество пусков		1	2	3	4
На бензине	CO, кг	2411,22	4822,44	7233,66	9644,88
	CH, кг	401,87	803,74	1205,61	1607,48
	CO ₂ , кг	12859,84	25719,68	38579,52	51439,36
	NO _x , кг	160,75	321,50	482,24	642,99
На газе	CO, кг	276,58	553,16	829,74	1106,32
	CH, кг	86,43	172,86	259,29	345,72
	CO ₂ , кг	8988,82	17977,65	26966,47	35955,30
	NO _x , кг	44,94	89,89	134,83	264,38

Предложенный алгоритм рациональной настройки параметров управления бензин-газ/газ-газ позволяет снизить среднегодовое содержание CO на 2,13 кг, CH на 0,31 кг, NO_x на 0,11 кг и CO₂ на 3,87 кг за один холодный пуск ГБА IV поколения. По результатам исследования сделан вывод о том, что адаптация управления бензин-газом на одном легковом автомобиле с газовым баллоном и универсальной системой подачи топлива к условиям эксплуатации за счёт использования ВВ вместо бензина в режиме холодного пуска позволит достичь среднегодовой экономии топлива в размере 54,5% экономической эффективности в процессе эксплуатации. При этом применение данного способа адаптации позволяет снизить среднегодовое количество вредных отработавших газов при однократном холодном пуске одного легкового автомобиля с газовым баллоном на: CO – 88,5%, CH – 78,4%, NO_x – 72% и CO₂ – 30% соответственно.

Разработаны рекомендации по эксплуатации легковых автомобилей с газовым баллоном и универсальной системой подачи топлива.

Выводы и заключение

По результатам исследований, проведённых в рамках диссертационной работы на тему «Повышение эксплуатационных показателей газобаллонных легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи» на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по техническим наукам, сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. Проведён анализ рабочих процессов двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи, исследованы факторы, влияющие на повышение их эксплуатационных показателей. Разработана концепция повышения эксплуатационных характеристик

легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи на основе рациональной регулировки параметров управления режимами «бензин–газ».

2. Экспериментально исследовано влияние управления режимами «бензин–газ/газ–бензин» на эксплуатационные показатели двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи, в соответствии с чем усовершенствован алгоритм их рациональной регулировки. Это обеспечивает рациональный переход с бензина на газ в зависимости от температуры окружающей среды.

3. Проведён статистический анализ влияния управления режимами «бензин–газ/газ–бензин» на эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей, усовершенствованы формулы определения эквивалентного расхода сжатого природного газа и количества вредных выбросов в зависимости от расхода бензина. В результате установлено, что при экономии бензина ($G_{\text{(базов.,рац.)}} = 4,018$ кг) количество эквивалентного СПГ составляет $\tau^{\text{bstg}} = 5,08$ м³, а количество вредных выбросов уменьшается соответственно: СО – на 2,13 кг, СН – на 0,31 кг, NO_x – на 0,11 кг и СО₂ – на 3,87 кг.

4. Совершенствован метод оценки энергоэкологических показателей двигателей легковых автомобилей с универсальной системой топливоподачи при рациональной регулировке управления режимами «бензин–газ»/«газ–бензин» с учётом условий эксплуатации при низких и высоких температурах. По результатам исследований установлено, что рациональная настройка управления «бензин–газ»/«газ–бензин» обеспечивает экономию бензина при одном холодном пуске двигателя в среднем на $G_{\text{(базов.,рац.)}} = 4,018$ кг или 5,43 л. Для 1000 газобаллонных автомобилей в городских условиях достигается экономия около 4018 кг бензина. При этом по мере увеличения числа холодных пусков экономия возрастает, а количество вредных выбросов уменьшается: СО – до 88,5 %, СН – до 78,4 %, NO_x – до 72 %, СО₂ – до 30 %. Регулировка управления «бензин–газ» в соответствии с условиями эксплуатации обеспечивает среднегодовую экономию топливных затрат с повышением экономической эффективности до 54,5 %.

5. Определены методы экспериментального и стендового определения времени расходования бензина при холодном пуске двигателя для базовых и рационально настроенных режимов управления «бензин–газ»/«газ–бензин» с учётом температуры окружающей среды, а также разработаны рекомендации по рациональной регулировке системы топливоподачи при эксплуатации. Установлено, что в диапазоне температур окружающей среды от –10 °С до +30 °С разница во времени расходования бензина при холодном пуске двигателя между базовыми и рационально настроенными режимами составляет от 2,19 до 0,45 минут.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES
DSc.15/31.08.2022.T.73.03 AT THE TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

AZIMOV AKMAL XXX

**IMPROVING THE PERFORMANCE OF LIGHT GAS-POWERED
VEHICLES WITH A UNIVERSAL FUEL SUPPLY SYSTEM**

05.08.06- Wheeled and tracked vehicles and their operation

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent– 2025

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan on the № B2025.1.1PhD/T5464

The dissertation was completed at the Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (tstu.uz) and on the website of Information-educational portal “ZiyoNet” (www.ziyo.net).

Scientific supervisor: **Axmatjanov Ravshanjon Nematjonovich**
doctor of philosophy in technical sciences, docent

Official opponents: **Xalmuxamedov Aziz Suratovich**
doctor of technical sciences, docent

Ruzimov Sanjar Komilovich
doctor of technical sciences (DSc.), docent

Leading organization: **Tashkent State Technical University named after Islam Karimov**

The defense of the will take place on “_____” _____ 2025 at _____ the Scientific council No. DSc.15/31.08.2022.T.73.03 at the Tashkent State Transport University (Address: 100167, Tashkent city, str. Temirchi, 53. Phone: (+99871) 299-00-01 fax: (+99871) 293-57-54; e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz)

The dissertation is registered in Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (is registered number №_____). (Address: 100167, Tashkent city, str. Temiryo’lchilar, 1. Phone: (+99871) 299-00-01 fax: (+99871) 293-57-54; e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz)

The abstract of the dissertation was distributed on “_____” _____ 2025 y.
(Protocol at the register.№ _____ on “_____” _____ 2025 y.).

A.A.Muxitdinov
Chairman of the Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

K.Z.Ziyayev
Scientific secretary of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy (PhD)

A.A.Muxitdinov
Chairman of the academic seminar under
The Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research is to improve the fuel efficiency and environmental performance of light vehicles equipped with a universal fuel supply system using gas-cylinder units.

The tasks of the research:

To analyze the operating processes of light vehicles equipped with a universal fuel supply system using gas-cylinder units, and to investigate the factors influencing the improvement of their operational performance;

To experimentally study the influence of the “gasoline–gas/gas–gasoline” control strategy of universal fuel supply system gas-cylinder light vehicles on the enhancement of operational performance, and accordingly, to improve the algorithm of their rational adjustment;

To statistically analyze the influence of the “gasoline–gas/gas–gasoline” control strategy on the improvement of operational performance of gas-cylinder light vehicles, and to develop improved formulas for determining the equivalent amount of compressed natural gas corresponding to gasoline consumption and the resulting quantity of harmful exhaust gases;

To apply the grapho-analytical method for assessing the energy–ecological efficiency of the “gasoline–gas/gas–gasoline” control system of universal fuel supply engines under rational adjustment, taking into account both low and high ambient temperature operating conditions;

To determine, under various temperature operating conditions, the fuel consumption savings and the variation in harmful exhaust gas emissions during cold engine start of rationally adjusted universal fuel supply system gas-cylinder light vehicles equipped with the “gasoline–gas/gas–gasoline” control strategy, as compared to baseline settings, and to develop practical recommendations for their rational adjustment during operation.

The object of the research is a light vehicle equipped with a universal fuel supply system using gas cylinders.

The subject of the research comprises the fuel efficiency and environmental performance indicators of light vehicles equipped with a universal gas-cylinder fuel supply system.

The scientific novelties of the research are:

the control algorithm for “gasoline–gas”/“gas–gasoline” operation modes has been improved based on operational and bench testing methods, taking into account operating conditions at low and high temperatures.

based on statistical analysis, a formula for calculating the amount of compressed natural gas and harmful exhaust gases corresponding to gasoline consumption during the cold start process of the engine has been improved through the rational adjustment of the “gasoline–gas”/“gas–gasoline” control system in the fuel supply unit.

the method for assessing the energy and environmental efficiency of engines in passenger cars equipped with a universal fuel supply system under rational adjustment of the “gasoline–gas”/“gas–gasoline” control modes, taking into account low and high temperature operating conditions, has been improved.

the method for determining the gasoline consumption time during the cold start of the engine for basic and rationally adjusted “gasoline–gas”/“gas–gasoline” control modes, considering ambient temperature, has been improved based on operational and bench testing methods.

The structure and scope of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and appendices.

The volume of the dissertation is 116 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Azimov A., Kamolova M.A., Gaz ballonli avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini yaxshilashning asosiy konstruktiv parametrlari tahlili // Namangan muhandislik-qurilish instituti "Механика ва технология" ilmiy jurnali, № 1 (4) son, 2023. (ОАК Раёсатининг қарори (01.02.2022 й. №311/6)).

2. Bazarov B.I., Azimov A., Tojiyev J.Z., Universal yonilg'i ta'minlash tizimiga ega gaz ballonli avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish usullari // Farg'ona politexnika instituti "Ilmiy-texnika" jurnali №2 son (Scientific-technical journal, STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, ИТЖ ФерПИ, 2024, Т.28, №2). (05.00.00; № 20)

3. Azimov A., Universal yonilg'i ta'minlash tizimiga ega gaz ballonli avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini va ekologik xavfsizligini yaxshilash muammolari va ularni hal qilish yo'llari// Namangan muhandislik-qurilish instituti "Механика ва texnologiya" ilmiy jurnali, № 4 (13), 2023. (ОАК Раёсатининг қарори (01.02.2022 й. №311/6)).

4. Bazarov B.I., Axmatjanov R.N., Azimov A., Ismailov E.U., Shahar ekologiyasini yaxshilashda gaz ballonli avtomobillardan foydalanish samaradorligi//Namangan muhandislik-qurilish instituti "Механика ва texnologiya" ilmiy jurnali, № 3 (16), 2024. (ОАК Раёсатининг қарори (01.02.2022 й. №311/6)).

5. Azimov A., Universal yonilg'i taminot tizimli gaz ballonli avtomobillarning sovuq va issiq iqlim sharoitlarida ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish // Namangan muhandislik-qurilish instituti "Механика ва texnologiya" ilmiy jurnali, № 3 (16), 2024. (ОАК Раёсатининг қарори (01.02.2022 й. №311/6)).

6. Azimov A., Universal yonilg'i ta'minot tizimli gaz ballonli yengil avtomobillarining gaz elektron boshqaruv bloki sozlamalariga ratsional o'zgartirishlar kiritish orqali ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish // Jizzax politexnika instituti "JizPI xabarnomasi" jurnali ISSN: 3060-4966, №4-son 2024-yil.

7. Bazarov B.I., Axmatjanov R.N., Azimov A. Methods of improving the performance indicators of vehicles with gas cylinders with a universal fuel supply system // International Research Journal of Environmental Sciences ISSN 2319-1414 Vol. 12(3), 23-29, October (2023) Int. Res. J. Environmental Sci. (05.00.00; № 20).

8. Bazarov B.I., Axmatjanov R.N., Azimov A., Tojiyev J., The concept of improving the performance indicators of gas-cylinder vehicles // E3S Web of

Conferences 434, 02008 (2023) (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343402008> ICECAE 2023). (05.00.00; SCOPUS)

9. Bazarov B.I., Axmatjanov R.N., Azimov A., Hamraqulov Y.M. The method of improving fuel efficiency indicators and ensuring environmental safety of gas cylinder vehicles in low temperature weather conditions // Fifteen International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications May 28-June 1, 2024. (05.00.00; SCOPUS).

II bo‘lim (II часть; II part)

10. Axmatjanov R.N., Azimov A., Murakkab yo‘l sharoitlarida universal yonilg‘i ta‘minlash tizimiga ega gaz balonli yengil avtomobillarni ekspluatatsiya qilishning benzin yonilg‘isi sarfiga ta‘siri // “Автомобиль йўлларида инсон хавфсизлигини таъминлашнинг инновацион усуллари” Халқаро илмий-техник анжумани, 19-20 апрель 2023-йил, 448 бет

11. Azimov A., Avtomobillarda siqilgan tabiiy gaz yonilg‘isini qo‘llashning ekspluatatsion va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari // «Yangi O‘zbekiston fani va ta‘limini rivojlantirishda yoshlarning o‘rni» mavzusi doirasida «Fan va texnika kelajagini shakllantirish» mavzusidagi xalqaro innovatsion insaytlar haftaligi materiallari 23 oktabr, 1-3 noyabr 2023-yil, 571 bet

12. Azimov A., Avtomobil yo‘llari ekologik xavfsizligini va avtomobil ekspluatatsion samaradorligini yaxshilashda gaz ballonli uskunalarini o‘rnatish texnologiyasining o‘rni // Халқаро илмий-техник анжумани автомобиль йўлларида инсон хавфсизлигини таъминлашнинг инновацион усуллари, 19-20 апрель 2023-йил, 448 бет

13. Azimov A., Tojiyev J.Z., Gaz ballonli avtomobillarning ekspluatatsion ko‘rsatkichlariga past haroratli ob-havo sharoitining ta‘siri // “Farg‘ona vodiysida xavfsiz harakatlanishni tahminlash: muammo va yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari to‘plami II, 23-24-fevral 2024-yil.

14. Azimov A., Gaz ballonli yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirishda “benzin-gaz” boshqaruvining ta‘siri // “Fan-ta‘lim va texnikaning integratsiyasi transport sohasining rivojlanish tendensiyalari, muammolari va yechimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya, Jizzax politexnika instituti, 28-29 mart 2025-yil, II-TOM, 446 bet.

15. Azimov A., Avtomobillar ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirishda dvigatelni sovuq ishga tushirish va qiziganlik darajasini me‘yorlash talablari // “Fan-ta‘lim va texnikaning integratsiyasi transport sohasining rivojlanish tendensiyalari, muammolari va yechimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya, Jizzax politexnika instituti, 28-29 mart 2025-yil, II-TOM, 446 bet.

16. Azimov A., Siqilgan tabiiy gaz yonilg‘isida ishlovchi avtomobillarning harakatlanish jarayonidagi ekologik va ekspluatatsion samaradorliklari tahlili// Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish masalalari qo‘mitasi. “Yashil” energetikani amaliyotga tatbiq etish: Yutuqlar va muammolar» mavzusida respublika ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari to‘plami, Toshkent - 2023

17. Azimov A., Gaz ballonli avtomobillarning energiya samaradorliklari tahlili // «Fargʻona vodiysida fan VA texnologiya» ilmiy konferensiya konferensiya Namangan sh., 11 - 12 - may 2023 - yil

18. Bazarov B.I., Axmatjanov R.N., Azimov A., Avtomobillarda qayta tiklanuvchan gasimon yonilgʻilaridan foydalanishning istiqbollari // Namangan muhandislik-qurilish instituti “Sanoat va mashinasozlik mahsulotlarini ishlab chiqarishda sifat koʻrsatkichlarini taʼminlashda innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya, NamMQI, 24-noyabr, 2023-yil, Namangan shahri.

19. Azimov A., Gaz ballonli avtomobillar dvigatel elektron boshqaruv bloklari samaradorligini oshirish usullari // “Oʻzbekistonning rivojlanish taraqqiyotida xotin-qizlarning oʻrni” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya, Toshkent davlat transport universiteti, 28-sentyabr 2024-yil.

20. Azimov A., Gaz ballonli avtomobillarning shahar atmosfera havosini yaxshilashdagi oʻrni// Fargʻona politexnika instituti "Mamlakatimizda zamaonaviy avtomobillarga texnik xizmat koʻrsatish uzluksizligini ta'minlashning dolzarb muammolari va ularning samarador yechimlari" Respublika ilmiy amaliy anjumani 2021 yil, 633 b.