

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

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

DJALILOV JAVLON XALILOVICH

**BENZIN-HAVO ARALASHMASIGA VODOROD BERISH ORQALI
YENGIL AVTOMOBILLARNI EKSPLOATATSION
KO'RSATKICHLARINI OSHIRISH**

05.08.06 – G'ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish

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

Toshkent-2024

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

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

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

Djalilov Javlon Xalilovich

Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali yengil avtomobillarni
ekspluatasion ko‘rsatkichlarini oshirish..... 3

Джалилов Жавлон Халилович

Повышение эксплуатационных показателей легковых автомобилей
за счет подачи водорода в бензо-воздушную смесь..... 25

Djalilov Javlon Khalilovich

Increasing the performance of passenger vehicles by supplying hydrogen
to the petrol-air mixture..... 49

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works 56

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

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

DJALILOV JAVLON XALILOVICH

**BENZIN-HAVO ARALASHMASIGA VODOROD BERISH ORQALI
YENGIL AVTOMOBILLARNI 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-2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida - B2024.1.PhD/T4513 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya 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: **Ismatov Jumaniyez Fayzullayevich**
texnika fanlari nomzodi, dotsent

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

Kadirshayev Turgunbay
texnika fanlari nomzodi, professor

Yetakchi tashkilot: **Jizzax politexnika instituti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.15/31.08.2022.T.73.03 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil «__» _____ soat _____dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100167, Toshkent sh, Temiryo'lichilar ko'chasi, 1-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'lichilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01, faks: (99871) 293-57-54 e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil «__»_____ kuni tarqatildi.
(2024-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) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda iqtisodiyotni yanada rivojlantirish va aholining transport xizmatlariga bo'lgan ehtiyojlarini sifatli qondirish maqsadida, transportni barqaror, xavfsiz va samarali ishlashi katta ahamiyatga egaligi hisobga olinib, avtomobil transporti sohasida energiya manbalaridan oqilona va samarali foydalanishga, ularning ekologik xavfsizligini oshirishga katta ahamiyat berilmoqda. Hozirda rivojlangan horijiy mamlakatlarda transport sohasida energiya tejamkorligini, ularning ekologik xavfsizligini ta'minlash va iqtisodiy samaradorliklarini belgilab olish, alternativ va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan yonilg'i sifatida foydalanish orqali avtomobil transportidan foydalanish ko'rsatgichlarini oshirishga qaratilgan masalalar yetakchi o'rinni egallagan. Bu borada, jumladan, avtotransport vositalarini ishlab chiqarishda ularni takomillashtirishga, hamda ularni ekspluatatsiya qilish jarayonida ish unumdorligini, ularni samaradorligini va raqobatbardoshligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda avtomobil transportining yonilg'i tejamkorligini oshirish, ularni qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan ta'minlash orqali transport vositalarini ekologik xavfsizligini oshirish borasida ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yo'nalishda, jumladan, real ekspluatatsiya sharoitlaridan kelib chiqib, avtotransport vositalarining konstruktiv parametrlariga minimal o'zgartirishlar kiritish orqali modernizatsiya qilish, ekologik toza yonilg'ilardan foydalanish orqali, transport xarajatlarini va transport vositalarini atrof-muhitga salbiy ta'sirini kamaytirish bo'yicha tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, avtotransport vositalarining ichki yonuv dvigatellarini ekspluatatsiya sharoitlarini baholash orqali uning ish jarayonini takomillashtirish yordamida, ularni energo-samaradorligini oshirish maqsadida, ma'lum foydalanish sharoitiga mos dvigatel ish rejimlarini tanlash uslublarini ishlab chiqish kabi masalalar dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizdagi yengil avtomobillarga vodorodni qo'shimcha yonilg'i sifatida ishlatish, ularni texnik iqtisodiy samaradorligini oshirish imkoniyatini kengaytiradi va shu maqsadda ekologik toza va samaradorligi yuqori bo'lgan tabiiy qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan oqilona foydalanishni belgilashga 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 va aholiga neft-gaz mahsulotlarini uzluksiz yetkazib berilishini ta'minlash" va "...O'zbekistonning Jahon savdo tashkilotiga a'zo bo'lishining metallurgiya, to'qimachilik, oziq-ovqat, avtomobil ishlab chiqarish sohalariga ta'sirini o'rganish"¹ bo'yicha vazifalari alohida belgilab

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.

berilgan. Mazkur vazifalarni bajarishda iqtisodga va qolaversa xalq xo'jaligi tarmoqlarida transport vositalarining, xususan avtomobil transportining o'rmini hisobga olingan holda, avtomobillarining yonilg'i tejamkorligini oshirish, ularni atrof-muhitga salbiy ta'sirini kamaytirish yo'llarini izchil ishlab chiqish va asoslash, shuningdek, ushbu xususiyatlarini baholashning uslublarini ishlab chiqishga bog'liq tadqiqotlar olib borish dolzarb vazifadir.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlar to'g'risida"² gi PQ-4422-sonli, 2021-yil 9-aprelda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-5063-sonli "O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi va vodorod energetikasini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"³ gi Qarorlari va 2024-yil 29-martdagi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining VMQ-166 – sonli «Atmosfera havosiga transport vositalarining salbiy ta'sirini kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida»⁴ gi Qarori ijrosini ta'minlashga hamda mazkur faoliyat sohasida qabul qilingan boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga 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 - resurstejamkorlik, transport, mashina va asbobsozlik» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Xorijiy olimlar tomonidan transport vositalari dvigatellarida ekspluatatsiya sharoitida alternativ yonilg'ilardan foydalanish samaradorligini tadqiq etish masalalari o'rganilgan, jumladan H. Buchner, R. Dell, G. Lukas, S.O. Bade Shrestha, G.A. Karim, Z. Huang, Jinhua Vang, Ferran A. Ayala, Inge Saanum, G. Woschni, K. Zeilinger, U. Wiebicke, H. Rottengruber, G. Zitzler, K. Uolker, B. Eder, D. Kalass, M. Larson, S.A. Salman, E. Rizen, E. Gregebi, A. Blimberg va boshqalar vodorodni yonilg'i sifatida ishlatish muammolari ustida tadqiqotlar olib borishgan.

MDH davlatlaridan A.I. Mishenko, V.A. Vagner, V.A. Zvonov, Y.V. Galishev, A.I. Gayvoronskiy, V.I. Yeroxov, G.N. Zlotin, N.A. Ivashenko, A.A. Kapustin, N.N. Patraxaltsyev, A.S. Sokolik, V.M. Fomin, A.S. Xachiyani, N.A. Xripach, A.P. Shaykin, A.A. Golosov, A.A. Skripnik, V.A. Fedorov, Z.R. Kavtaradze, A.V. Shibanov, A.A. Zelensov, S.S. Sergeyev, I.I. Timchenko, D. Ramadan, V. Baader, V.L. Chumakov, N.V. Krasnoshekov, AD. Perederiya, T.I. Andryuxin, A.N. Zaxarchenko va boshqalar vodoroddan foydalanish muammolari ustida tadqiqotlar olib borishgan.

Mamlakatimiz olimlaridan A.A. Mutalibov, S.M. Qodirov, B.I. Bazarov, Sh.J. Imomov, J.F. Ismatov, S.A. Kalaulov, A.X. Vasidov, R.N. Axmatjanov, O.G. Ergashev va boshqalar tomonidan ichki yonuv dvigatellarida alternativ

² <https://lex.uz/docs/-4486125>.

³ <https://lex.uz/docs/-5362032>.

⁴ <https://lex.uz/pdfs/6858809>.

yonilg'ildan foydalanish, avtomobillarning ekspluatatsion xususiyatlarini oshirishga yo'naltirilgan tadqiqotlar olib borilgan.

Shu bilan birga, yuqorida keltirilgan olimlarimizning ishlarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, vodorodni ekspluatatsiya sharoitida samarali foydalanish masalalari yetarlicha ochib berilmaganligi, shuningdek ichki yonuv dvigatellari uchun vodorodni qo'shimcha berish orqali yonilg'i sifatida foydalanish 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 benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha yonilg'i sifatida berish orqali yengil avtomobillarning ekspluatatsion (ekologik va iqtisodiy) ko'rsatkichlarini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

muqobil yonilg'ida harakatlanuvchi transport vositalarining konstruktiv xususiyatlarini tahlil qilish;

vodorod yonilg'isi bilan ishlaydigan turli transport vositalarining ishlash xususiyatlarini tahlil qilish;

benzin-havo va vodorod aralashmasida ishlaydigan yengil avtomobil dvigateli jarayonlarini hazariy hisoblash;

vodorod olish uchun vodorod generatori qurilmasi tizimini takomillashtirish;

benzin-havo va vodorod aralashmasida ishlaydigan, uchqundan o'tildiriladigan dvigatelli yengil avtomobilni tajriba-sinov ishlarini amalga oshirish;

amaliy tadqiqotlar natijalarini dvigatellarni loyihalash va ishlab chiqarishda foydalanish uchun manfaatdor tashkilotlarda tadbiq qilish.

Tadqiqot obyekti sifatida yengil avtomobilning dvigateli F16D3 ($N_e=109$ o.k./80 kVt, $V_h=1,6$ l) olingan.

Tadqiqod predmetini benzin-havo va vodorod aralashmasida ishlaydigan dvigatelli yengil avtomobillarning ekspluatatsion (iqtisodiy va ekologik) ko'rsatkichlari tashkil etadi.

Tadqiqod usullari. Tadqiqot jarayonida nazariy tadqiqod usullari, transport vositalarining harakati va ekspluatatsion xossalari nazariyalari, regression tahlil, interpolyatsiya usuli, texnik tizimlarning tahlili va sintezi, ichki yonuv dvigatellari nazariyasi va raqamli hisoblash, eksperimental tadqiqodlar uchun sinov poligonlari va shahar tsiklida standart va xususiy usullardan foydalangan holda, yonilg'i tejamkorligini va transport vositalari chiqaradigan zaharli moddalarining miqdorini eksperimental o'rganish usullari qo'llanilgan.

Tadqiqodning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

interpolyasiya usulidan foydalanib, yonuvchi aralashmaning konsentratsiyasi inobatga olinib dvigatelning ishlash siklining samaradorligini baholash uslubi ishlab chiqilgan;

benzinda ishlaydigan dvigatellar yonuvchi aralashmasiga beriladigan vodorodning miqdorini hisobga olib yengil avtomobilning tashqi tezlik va yonilg'i tejamkorligi ko'rsatkichlarini hisoblashning uslubi grafoanalitik usulda takomillashtirilgan;

eksperimental usullar bilan, benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali, benzin-havo-vodorod yonuvchi aralashmasini baholash mezonlari ishlab chiqilgan;

korrelyatsion-regression tahlil usuli yordamida, yonilg'ilarning fizik-kimyoviy xususiyatlaridan kelib chiqib benzin-vodorod-havo aralashmasining normal yonish tezligi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

kerakli tarkibdagi vodorod olish uchun vodorod generatori qurilmasi tizimlari takomillashtirildi;

ichki yonuv dvigatellari uchun vodoroddan qo'shimcha yonilg'i sifatida foydalanishning, benzin yonilg'isiga ishlaydigan dvigatellarga nisbatan afzalliklari asoslandi;

benzin-havo aralashmalariga vodorod qo'shishda eksperimental (poligon, eksploatatsion) tadqiqotlar o'tkazish metodologiyasi va dasturi ishlab chiqildi;

chiqindi gazlar zaharliligini kamaytirish, ekologik xavfsizlikni va yonilg'i tejamkorligini oshirish maqsadida vodoroddan qo'shimcha yonilg'i sifatida foydalanishning ilmiy-texnikaviy tamoyillari asoslandi.

Tadqiqod natijalarining ishonchliligi. Tadqiqodlar zamonaviy usullar va o'lchov vositalaridan foydalangan holda amalga oshirilgan. Tajriba sinov ishlarini rejalashtirishning asosiy texnik va matematik qonunlaridan foydalangan holda, ishlab chiqilgan nazariy qoidalar, eksperimental tadqiqodlar natijalari bilan tasdiqlangan.

Tadqiqod natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqod natijalarining ilmiy ahamiyati, benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shimcha sifatida berilganda ishlaydigan yengil avtomobilning tortish-tezlik, ishonchilik va yonilg'i tejamkorligi xususiyatlarini hisoblashning takomillashtirilgan usuli ishlab chiqilib amaliyotga tadbiiq etilganligi va vodorodning kerakli tarkibini tanlash usulini ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Olingan tadqiqod natijalarining amaliy ahamiyati ichki yonuv dvigatellarida yonilg'i sifatida foydalanish uchun benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish uchun, vodorod generatori qurilmasining tizimlarinin takomillashtirilganligi, benzin-havo aralashmasida vodoroddan qo'shimcha yonilg'i sifatida foydalanish uchun vodorodning kerakli tarkibi aniqlanganligi va buning oqibatida sarf-harajatlarning kamayishi va yengil avtomobillarning eksploatatsion ko'rsatkichlarini, ularning raqobat bardoshliligini oshishi bilan izohlanadi.

Tadqiqod natijalarining joriy qilinishi. Benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo‘shimcha berish orqali yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini, yonilg‘i tejamkorligi va ekologik ko‘rsatkichlarini oshirish ilmiy tadqiqoti b‘yicha olingan natijalar asosida:

yonuvchi aralashmaning konsentratsiyasini hisobga olgan holda, dvigatelning ishlash siklining samaradorligini baholash uslubi O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligida tatbiq etilgan (vazirlikning 2024-yil 5-martdagi №03-03/3-2267-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada alternativ vodorod yonilg‘isida ishlaydigan turli transport vositalarini, xususan, uchqundan o‘t oldiriladigan ichki yonuv dvigateli bilan jihozlangan yengil avtomobilning 11% gacha energiya tejamkorligiga erishilib, ekologik muammolarini kamayishiga olib kelgan;

yengil avtomobilning tashqi tezlik va yonilg‘i tejamkorligi ko‘rsatkichlarini hisoblashning uslubini takomillashtirish, O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligida joriy qilingan (vazirlikning 2024-yil 5-martdagi №03-03/3-2267-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada, benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali o‘tqazilgan poligon sinovi davomida 120 km/soat tezlikda-11,17%, 90 km/soat tezlikda-11,06% va shahar siklida-6,29% yonilg‘i tejamkorligiga erishilgan;

benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo‘shimcha berish orqali, benzin-havo-vodorod yonuvchi aralashmasini baholash mezonlari O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligida tatbiq qilingan (vazirlikning 2024-yil 5-martdagi №03-03/3-2267-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada, NO_x ning chiqindi gazlari 12-32% ga, CO₂ 10-45% ga, CO 10-47% ga, CH 10-25% ga kamayishiga erishilgan;

benzin-vodorod-havo aralashmasining normal yonish tezligi aniqlash, O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligida joriy qilingan (vazirlikning 2024-yil 5-martdagi №03-03/3-2267-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada, bitta yengil avtomashinani ishlatishning umumiy yillik energiya va atrof-muhitga ta‘siri 2, 58387 mln. so‘m, oldi olingan yillik ekologik zarar esa 83,87 ming so‘mni tashkil etishiga erishilgan.

Tadqiqod natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiyaning tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tgan.

Tadqiqod natijalarining e‘lon qilinganligi.

Dissertatsiya mavzusi va materiallari bo‘yicha jami 16 ilmiy ish chop etilgan. Shulardan, 10 ta ilmiy maqola O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda, shu jumladan 3 tasi respublika va 7 tasi xorijiy jurnallarda chop etilgan. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi 1 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 113 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiya ishining **Kirish** qismida olib borilgan ilmiy-tadqiqod ishining dolzarbligi, maqsadi va vazifalari asoslab berilgan, tadqiqot ob'yekti va predmetlari yoritilgan, mamlakatimizda fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mos kelishligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etilganligi, nashr qilingan ishlar va dissertatsiya ishining tarkibi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

So'nggi paytlarda dvigatel ishlab chiqaruvchi kompaniyalarning ko'plab xorijiy tadqiqot markazlari yonilg'i tejash, atrof-muhitni ifloslantirish muammolari va an'anaviy suyuq uglevodorod yonilg'ilarini yangi turlarga almashtirishga qaratilgan tadqiqotlarni olib bormoqda.

Dissertatsiyaning 1-bobi "**Muommoning dolzarbligi, tadqiqotning maqsadi va vazifalari**" deb nomlangan. Bu bobda benzin-havo aralashmalariga vodorodni qo'shimcha berish orqali yengil avtomobilning ko'rsatkichlarini oshirish masalasidagi ko'plab olimlarning olib borgan ilmiy-tadqiqot va tajriba sinovlarining natijalari tahlil qilingan.

Buning natijada dissertatsiya ishining asosiy maqsadi, benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha yonilg'i sifatida berish orqali yengil avtomobillarning ekspluatatsion (ekologik va iqtisodiy) ko'rsatkichlarini oshirish ishlaridan kelib chiqib, quyilgan vazifalarni bajarish uchun, olib boriladigan ishlarning asoslash ishlari amalga oshirildi.

Butun dunyoda ichki yonuv dvigatellari bilan jihozlangan 1,5 milliarddan ortiq avtomobillar ekspluatatsiya qilinadi. Ularning soni doimiy ravishda oshib bormoqda. Avtotransport vositalarining an'anaviy neft yonilg'ilarini iste'mol qilish ulushi 90% ortiqni tashkil etadi.

Avtomobillarning chiqindi gazlaridagi zaharli moddalar (CO, CH, NO_x, PM) uchun standartlar doimiy ravishda kuchaytirilmoqda (Evro-3, 2005; Evro-5, 2008; Evro-6, 2015). Ushbu xavfli zaharli moddalarni kamaytirish avtomobillarning ekologik va kimyoviy xavflarning asosidir, chunki insonlar uchun eng xavfli supertoksikantlar, shu jumladan kantserogen uglevodorodlar (HC) va ularning hosilalari hali ham nazorat qilinmagan.

Dunyoda foydalanilayotgan transport vositalarining ichki yonuv dvigatellarida ishlatilgan muqobil yonilg'ilarga quyidagilar kiradi: metanol, denaturatsiya qilingan etanol va boshqa spirtlar; benzin yoki dizel yonilg'isi bilan hamda spirtni o'z ichiga olgan aralashmalar; tabiiy gaz (siqilgan yoki suyultirilgan); suyultirilgan neft gazi; vodorod; ko'mir va biologik materiallardan olinadigan suyuq yonilg'i.

Vodorodning yonishi natijasida chiqadigan yagona gaz bu tabiiy suv ko'rinishiga kiradigan suv bug'idir. Bu jarayon uchun manba, vodorodni suvdan elektroliz orqali olish jarayonidir. Vodorod energiyasi g'oyasiga asos bo'lgan ushbu yopiq sikl vodorodni eng ekologik toza yonilg'ilardan biriga aylantiradi.

Dissertatsiyaning 2-bobi "**Nazariy asoslar va usullar. Benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali avtomobilning**

ekspluatatsion ko‘rsatgichlarini oshirish» deb nomlangan. Bu bobda benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo‘shimcha berish orqali avtomobilning ekspluatatsion ko‘rsatgichlarini oshirishni mexanizmini nazariy asoslash, dvigatelning ish sikli hisobi, ko‘rsatgichlarini bashorat qilish va baholash ishlari yoritilgan.

Hozirgi vaqtda xalqaro, davlat va sohaga oid meyoriy hujjatlar ishlab chiqilgan va amalda bo‘lib, ko‘plab xalqaro tashkilotlar vodorod yonilg‘ilaridan foydalanishga katta e‘tibor qaratmoqda.

Ichki yonuv dvigatellarini baholash mezonlari maksimal effektiv quvvat ($N_{e,max}$), maksimal burovchi moment qiymati ($M_{br,max}$), $N_{e,max}$ va $M_{br,max}$ da tirsakli val aylanishlar soni (n), yonilg‘i yoki energiya solishtirma sarfi, chiqindi gazlar tarkibidagi zaharli moddalarning miqdori va boshqalar.

Shuni ta’kidlash kerakki, YeIK BMT (EOK OOH) 83-qoidasi muqobil N_e^{AT} va asosiy N_e^{Baz} yonilg‘ilarida dvigatel quvvati qiymatlarining mumkin bo‘lgan nisbatlarini quyidagi formula bo‘yicha belgilaydi:

$$N_e^{AT} = (0.7 \dots 1.15) N_e^{Baz} \quad (1)$$

Avtotransport vositalarining ekspluatatsiya samaradorligini qiyosiy baholash transport ishlari uchun maxsus qisqartirilgan xarajatlar qiymatlari asosida amalga oshiriladi.

$$X_b = \sum_{i=1}^n T_{exi} + \frac{I_s \cdot (C + S_l)}{A_y}, \text{ sh.b/km} \quad (2)$$

bunda, T_{exi} – i-transport ishlari bajarishga sarflangan ekspluatatsiya xarajatlari,

sh.b/km (sh.b – shartli birlik so‘m, dollar yoki yevro);

I_s – kapital qo‘yilmalarning iqtisodiy samaradorligi koeffitsienti;

C - transportda ishlarni bajarish uchun zarur bo‘lgan kapital qo‘yilmalar, sh.b;

S_l – transport vositasini likvidatsiya qilish qiymati, sh.b;

A_y – avtomobilning yillik o‘rtacha bosib o‘tgan yo‘li, km.

Hozir zamon talablaridan kelib chiqib, iqtisodiy-ekologik talablar va transportni barqaror rivojlanish tendentsiyalarini hisobga oliagn holda, sog‘lom turmush muhitini, iqtisodiy barqarorlik, ijtimoiy adolat mezonlari, moddiy va ma’naviy farovonlik hisobga olib, baholash ishlari quyidagicha olib borishni tavsiya etish mumkin [40].

$$\left[\left(\frac{G_{yob} + S_{yob}}{A_y} + E_{zar} \right) / S_{xm} \right]_{baz} \geq \left[\left(\frac{(G_{yob} + G_{yob}) \cdot (S_{yob} + S_{yob})}{A_y} + E_{zar} \right) / S_{xm} \right]_{mod} \quad (3)$$

sh.b/yil

bunda, G_{yob}, G_{yob} – yillik yonilg‘i iste’moli, t/yil;

S_{yob}, S_{yob} - yonilg‘i yillik tannarxi, sh.b/t;

A_y – yillik bajarilgan ish hajmi, km/yil;

E_{zar} – yillik ekologik zarar, sh.b/km;

S_{xm} - avtomobilning xizmat qilish muddati, yil.

Mexanik transport vositalarining ekspluatatsion xususiyatlari tizimli yondashuvni hisobga olgan holda mashinalardan foydalanish samaradorligini har

tomonlama baholash imkonini beradigan mashinaning ishlash sifati ko'rsatkichlari orqali baholanadi.

Miqdoriy jihatdan jarayonning yonish tezligining o'zgaruvchanligi o'zgarish koeffitsiyenti k_w bilan baholanishi mumkin:

$$k_w = \frac{\delta_{wb}}{w_b} \quad (4)$$

bu yerda, δ_{wb} - yonish tezligining standart og'ishi, w_b - o'rtacha yonish tezligi.

Benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish parametrlari (qo'yi issiqlik ajralib chiqish qiymati misolida) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$H_u = H_1 \cdot m_1 + H_2 \cdot m_2, \text{ MJ/kg} \quad (5)$$

$$H_u = 33,91C + 125,6H(m\%) - 10,89(O-S) - 2,51(9H+W)$$

bunda, H_1 , H_2 - yonilg'i tarkibiy qismlarining qo'yi issiqlik ajralib chiqish qiymati, m_1 , m_2 - yonilg'i tarkibidagi komponentlarning massa yoki hajm ulushlari.

GM Chevrolet Cruze/Aveo/Lacetti yengil avtomobilining F16D3 dvigateli uchun benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali hisoblab chiqarilgan:

1. Taqqoslanadigan asosiy yonilg'i - Ai-91 benzini;
2. Qo'shimcha yonilg'i – vodorod 15%.

Yengil avtomobil ko'rsatkichlarini hisoblash bo'yicha ishlab chiqilgan metodologiya benzin-havo aralashmasiga vodorodni 15% motor yonilg'isi uchun bir vaqtning o'zida parallel hisoblash imkoniyatini hisobga olgan holda modernizatsiya qilingan Microsoft Excel dasturi yordamida amalga oshirildi. Bu bizga dastlabki ma'lumotlarning tegishli qiymatlarini tanlash va olingan qiyosiy natijalarni tahlil qilish imkonini beradi.

Avtomobillarning ishlash samaradorligi ko'p jihatdan ular jihozlangan ichki yonuv dvigatellarida ishlatiladigan motor yonilg'ilarining xususiyatlariga bog'liq.

Ekspluatatsiya sharoitida dvigatelning ish rejimlarining barqarorligiga erishish uchun moment (K_m) va tirsakli val aylanishlar soni (K_n) koeffitsiyentining kerakli qiymatlarini ta'minlash ham muhimdir.

Benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish ya'ni bazaviy va aralash yonilg'ida ishlaydigan dvigatelining tashqi tezlik xarakteristikasini matematik hisobi yuqoridagi vazifalarni bajarishga imkon beradi.

Tashqi tezlik xarakteristikasini matematik hisoblashning eng mashhur universal usuli S.R. Leyderman usuli bo'lib, bunda dvigatel quvvatining joriy qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_e = N_{\text{emax}}(n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2], \text{ kVt} \quad (6)$$

bunda, N_{emax} – bazaviy va aralash yonilg'ilarda ishlaydigan nominal rejimda dvigatelning maksimal quvvati;

a, b, c - eksperimental tadqiqotlar natijalari asosida aniqlanishi mumkin bo'lgan dvigatel turiga (elektr ta'minoti tizimlari, yonilg'iga) qarab yarim nominal koeffitsiyentlari;

n/n_N - joriy tirsakli val aylanishlar soniga va maksimal quvvatdagi tirsakli val aylanishlar sonining nisbati.

Tashqi tezlik xarakteristikasining kerakli nuqtasidagi yonilg'ini solishtirma sarfi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$g_e^{yo} = g_{eN}(n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2], \text{ g/kVt}\cdot\text{soat} \quad (7)$$

bu yerda, g_{eN} – aralash (benzin+vodorod) yonilg'ilarida ishlaganda dvigatel nominal quvvatiga to'g'ri keladigan yonilg'ining solishtirma sarfi;

n/n_N – tirsakli valning joriy aylanishlar sonini dvigatel nominal quvvatga to'g'ri keladigan tirsakli val aylanishlar soniga nisbati.

Yarim nominal koefitsiyentlarining qiymatlari quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$a = \frac{(K_m \cdot K_n(2-K_n)-1)}{(K_n(2-K_n)-1)}, \quad (8)$$

$$b = \frac{(2K_n(K_m-1))}{(K_n(2-K_n)-1)}, \quad (9)$$

$$c = \frac{(K_n(K_m-1))}{(K_n(2-K_n)-1)}, \quad (10)$$

bu yerda, $K_m = M_{emax}/M_{eN}$ – momentga moslashish koefitsiyenti;

$K_n = n_N/n_M$ - tirsakli val aylanishlar soni bo'yicha moslashuvchanlik.

Moslanuvchanlik va yarim nominal koefitsiyentlarining qiymatlarini aniqlash uchun bajarilgan hisob-kitoblar natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Dvigatel burovchi momenti, tirsakli val aylanishlar soni va yarim nominallar uchun moslashish koefitsiyentlari

Koefitsientlar	Benzin Ai-91	Benzin+Vodorod yonilg'isi (15%)
K_m	1,21	1,2
K_n	2,6	2,6
a	1,13	1,12
b	0,42	0,41
c	0,55	0,53

Odatda dvigatel uchun n/n_N qiymatlarini o'nta (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110%) nuqtaga o'rnatish tavsiya etiladi. Biz quvvatning empirik bog'liqligini, turli yonilg'ida ishlaydigan dvigatelning tirsakli val aylanishlar soniga mos yonilg'ini solishtirma sarfini olamiz. Amalda ular yettita nuqta bilan cheklangan (1-rasm).

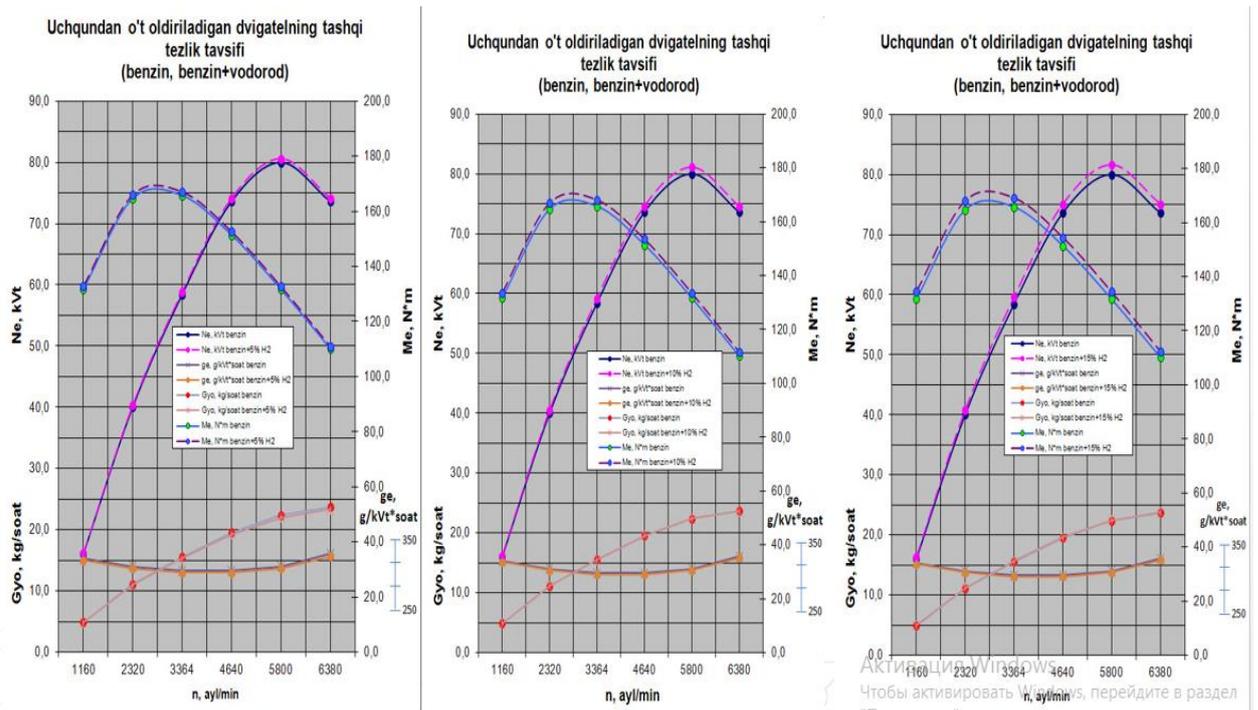
$$N_e^{b+v15\%} = N_{e\max}(n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 80,6 \text{ kVt}$$

$$g_e^{b+v15\%} = g_{eN}(n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 228,600 \text{ g/kVt}\cdot\text{soat}$$

Olingan quvvat va yonilg'i sarfining joriy qiymatlari asosida tashqi tezlik xarakteristikasini qurish uchun zarur bo'lgan moment va soatlik yonilg'i sarfining joriy qiymatlari quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$M_{ex} = 3 \cdot 10^4 N_{ex} / (\pi n_x), \text{ N}\cdot\text{m} \quad (11)$$

$$G_{tx} = 10^{-3} \cdot g_{ex} \cdot N_{ex}, \text{ kg/soat} \quad (12)$$



1-rasm. Vodorodning har xil konsentratsiya (benzin-havo-vodorod) laridan foydalanganda ichki yonuv dvigatelining tashqi tezlik xarakteristikalari

Bizga ma'lumki, standart suyuq motor yonilg'ilari sifat xususiyatlarini aniqlash uchun davriy ravishda tasniflash sinovlaridan o'tkaziladi. Bu ko'rsatkichlar standart ko'rsatkichlar bilan solishtiriladi.

Dissertatsiyaning 3-bobi «Benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar o'tkazish» deb nomlangan bo'lib, bu bobda dissertatsiya ishining tajriba sinov maqsadlari, metodikasi, jihozlari va nazorat-o'lchov asboblari hamda laboratoriya stendi tajriba sinov tadqiqotlar natijalari berilgan.

Eksperimental tadqiqotning dasturiga quyidagilar kiritiladi:

tadqiqot metodologiyasining umumiy masalalarini, nazariy yechimlarga asoslangan holda yechish;

metrologik ta'minot, kerakli asbob-uskunalar va jihozlar ta'minotini, ma'lumotlarni yig'ish, saqlash va qayta ishlash tartibi, natijalarni tahlil qilish;

dvigatelning tashqi tezlik xarakteristikasi orqali, benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berishning samaradorlik ko'rsatkichlarini baholash.

Tanlangan turdagi benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali uchqundan o't oldiriladigan ichki yonuv dvigatelining qismlari va qismlarining ishlashi va ishonchligini baholash uchun, nazariy hisoblarni ishonchligini tasdiqlash maqsadida sinov stendida eksperimental tadqiqotlar o'tkazildi (2-5-rasmlar).

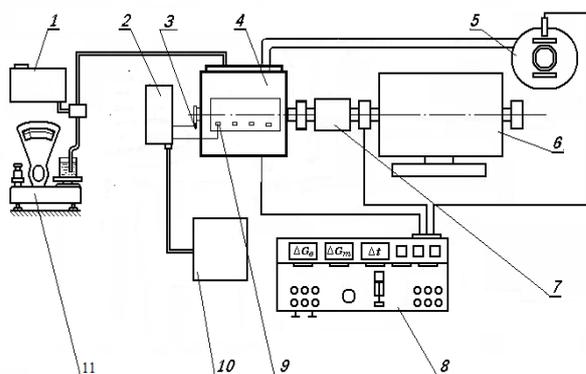
Dvigatelning stendda sinash ishlari "RAPIDO" (Germaniya, quvvati 80 kVt) tormoz sinov qo'rilmisida o'tkazildi. Dvigatelni sinovdan o'tkazishda o'lchangan

parametrlarni o'lashning aniqligini oshirish va mehnat sarfini kamaytirish maqsadida TAYLQEI laboratoriyasida o'lchangan parametrlarni raqamli ko'rsatuvchi avtomatlashtirilgan o'lchash majmuasi yaratilib ilmiy-tadqiqotlar olib borilgan.

Poligon tadqiqotlari "Uz Test" DUK bilan hamkorlikda, Turin Politexnika Universiteti qoshidagi Pskent poligonida "Uz Test" DUK sinov uskunalari va asboblardan foydalangan holda amalga oshirildi (6, 7-rasmlar).

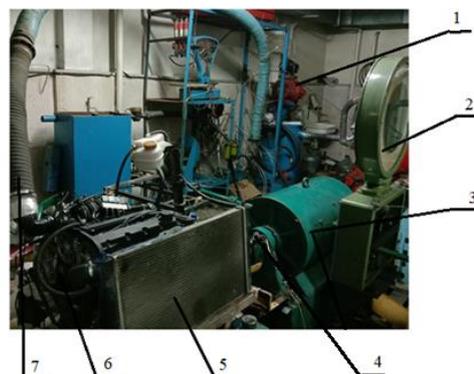
Vodorod elektrolizyoring texnologik xususiyatlari aniqlandi, benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali ichki yonuv dvigatellarining ko'rsatkichlari tahlil qilindi va benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali ishlaydigan yengil avtomobilning ekspluatatsiya ko'rsatkichlari olindi (6-rasm).

Vodorod generatorining ishlash prinsipi. Elektrolezor (4-rasm) yordamida suv ikki komponentli gazga, H-vodorod va O-kislorodga parchalanadi. Vodorod generatorining prinsipial sxema 8-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. Eksperimental tadqiqot stendining printsipial sxemasi.

- 1 - yonilg'i baki; 2 – signal kuchaytirgich; 3 – tirsakli val burilish burchagini ko'rsatuvchi kesikli disk; 4 - dvigatel; 5 - havo sarfini o'lchagich PF-100; 6 - muvozanatlashtiruvchi elektr tormozi; 7 – mufta; 8 – o'lchov majmuasining boshqaruv pulti; 9 – pyezodatchik svecha; 10 - kompyuter; 11 – avtomatlashtirilgan elektron yonilg'i sarfini o'lchovchi torozi.



3-rasm. Dvigatelni "Rapido" (Germaniya) sinov tadqiqot tormoz stendining umumiy ko'rinishi

- 1 - havo sarfini o'lchagich PF-100; 2 – tormozlash mexanizmi; 3 - RAPIDO balanslash mashinasi; 4 – tirsakli val aylanish sonini o'lchash uchun fotodatchik; 5 - radiator; 6 - dvigatel; 7 - kirish truboprovodi

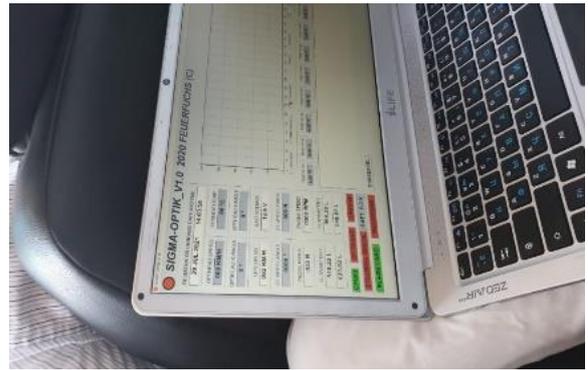
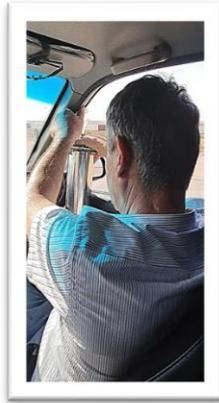
TAYLQEI laboratoriyasida (Toshkent avtomobil yo'llarini loyihalash, qurish va ekspluatatsiyasi instituti) olingan stend sinovlarida benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali uchqundan o't oldiriladigan ichki yonuv dvigatellarining asosiy ko'rsatkichlarini aniqlash natijalari jadval va tashqi tezlik xarakteristikalar ko'rinishida keltirilgan (2-jadval).



4-rasm. Laboratoriyada vodorod elektrolizyorini tadqiqotlari



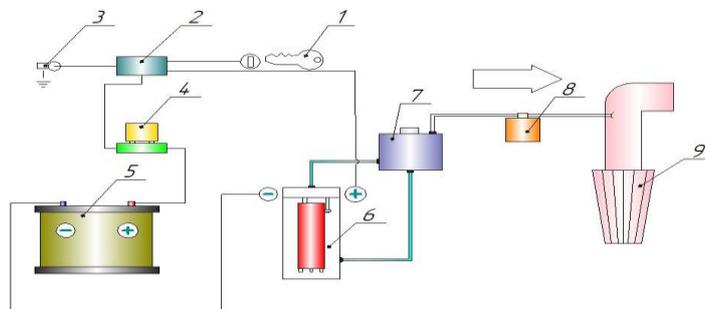
5-rasm. "Rapido" (Germaniya) sinov tadqiqot tormoz qoʻrilmasi boshqaruv pulti



6-rasm. Poligon ilmiy tadqiqot sinovlari



7-rasm. Eksploatatsiya ilmiy tadqiqotlar sinovlari



8-rasm. Vodorod generatori prinsipial sxemasi.

1-kalit; 2-rele; 3-massa; 4-saqlagich; 5-akkumlyator; 6-elektrolizyor; 7-rezervuar; 8-nam ushlagich; 9-havo filtri.

Stend sinovlarida asosiy va aralash yonilg'ida ishlaydigan ichki yonuv dvigatellarining ko'rsatkichlari ($n=5800 \text{ min}^{-1}$).

Nomlanishi	O'lchov birligi	Yonilg'i	
		Benzin Ai-91	Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali (15%)
Nominal quvvat	kVt	79,8	80,4
Burovchi moment	N·m	139,7	142,9
Yonilg'ini soatli sarfi	kg/soat	7,5	6,67
Yonilg'ini solishtirma sarfi	g/kVt·soat (MJ/kVt/soat)	283,8	277,8

Ushbu maqsadlar uchun ishlab chiqilgan dasturlar va usullarga muvofiq Janubiy (Pskent) poligonining sinov yo'llarida turli xil motor (asosiy yonilg'i benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali) yonilg'ilarida uchqundan o't oldiriladigan ichki yonuv dvigateli bilan jihozlangan yengil avtomobilning poligon tadqiqotlari o'tkazildi.

Ushbu tadqiqotlarning umumlashtirilgan natijalari jadval shaklida keltirilgan (3-jadval).

Yengil avtomobilni poligon tadqiqotlarining umumlashtirilgan natijalari

Yo'l yo'nalishi	Harakatlanish tezligi, km/soat	Yonilg'i sarfi, l/100km			
		Asosiy yonilg'i benzin		Benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali	
		Haqiqiy	O'rtacha	Haqiqiy	O'rtacha
-	90	7,49	7,5	6,67	6,67
-		7,52		6,68	
+		7,5		6,65	
+		7,51		6,67	
-	120	7,78	7,79	6,93	6,92
-		7,79		6,91	
+		7,81		6,89	
+		7,77		6,94	

Poligon tadqiqotlarini o'tkazish metodologiyasi benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali kerakli tezliklarda (40, 60, 80, 100 km/s) ishlaydigan ichki yonuv dvigatelinin chiqindi gazlari tarkibiy qismlarini (CO , CH , NO_x , O_2 , CO_2) aniqlashni o'z ichiga oladi (4, 5-jadvallar). Benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali ekologik baholash nafaqat zararli chiqindilar (CO , CH , NO_x) va issiqxona gazlari karbonat angidridni (CO_2) kamaytirish asosida amalga oshirildi.

Poligon tadqiqotlarida ichki yonuv dvigatelining chiqindi gazlari tarkiblarini aniqlash (15% vodorod)

Yonilg'i	Dvigatelning salt ishlashidagi tirsakli valining aylanishlar soni	Ruxsat etilgan konsentrasiya		Sinov natijalari	
		Uglerod oksidi, hajimda ko'p emas, % da	Uglevodorodlar (CH), hajimda ko'p emas, mln ⁻¹ , silindrlar soni (4)	Uglerod oksidi, % da	Uglevodorodlar (CH), mln ⁻¹
Benzin	$n_{\min}=800 \text{ min}^{-1}$	1,0	400	0,7	129
Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali	$n_{\min}=800 \text{ min}^{-1}$	1,0	400	0,33	97

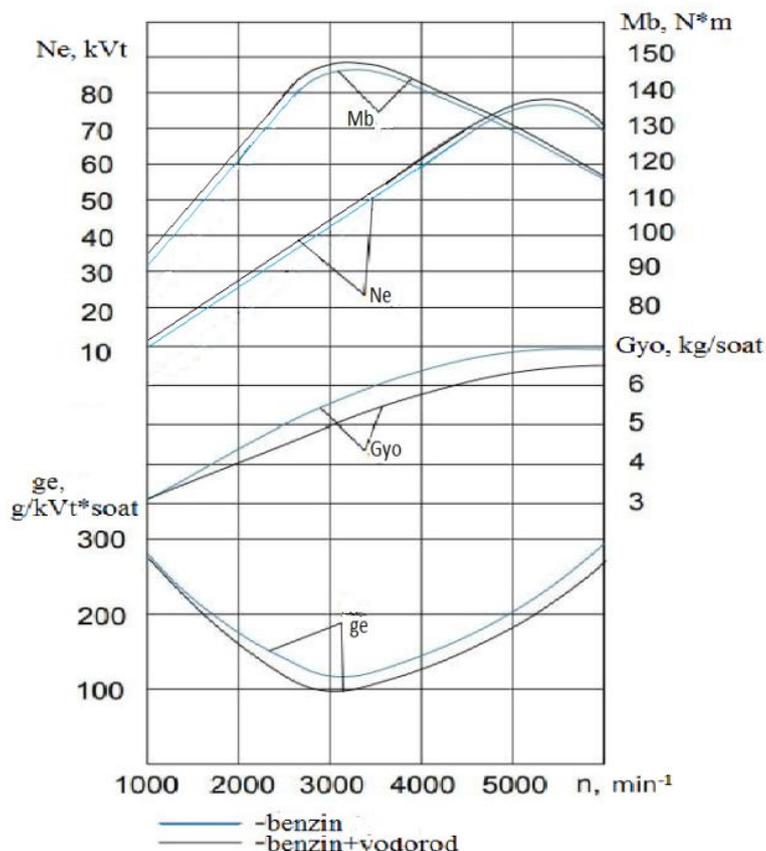
Stend sinovlari jarayonida chiqindi gazlar tarkibidagi zaharli gazlarning benzin va benzin havo aralashmasiga vodorod berish orqali olingan tadqiqot natijalarini qiyoslash

Yonilg'i	Chiqindi gazlar, % (ulushi)				
	CO	CH	NO _x	O ₂	CO ₂
Benzin	2,5	147	557	11,7	6,38
Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali (15%)	1,32 (52,8)	110 (74,8)	379 (68,0)	20,4	3,38 (53,0)
Kam chiqish farqi, %	47,2	25,2	32,0	-	47,0

Eksperimental tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali uchqundan o't oldiriladigan ichki yonuv dvigateli bilan jihozlangan yengil avtomobil uchun vodorodni motor yonilg'isi sifatida ishlatilganda, CO, CH va NO_x chiqindilarining asosiy yonilg'i-benzinga nisbatan keskin kamayishi kuzatiladi (40 dan 100 km/soatgacha tezlikda 20-45 % ga).

Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali motor yonilg'isi sifatida foydalanishning asosiy ilmiy g'oyasini tasdiqlovchi issiqxona gazi sifatida CO₂ ning (40 dan 100 km/soat tezlikda 10-47% ga) kamayishi eksperimental tadqiqotlar natijalari bilan tasdiqlangan.

Dissertatsiyaning 4-bobi «Benzin havo aralashmasiga vodorod berish orqali yengil avtomobillar ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish bo‘yicha nazariy va tajriba tadqiqotlarining tahlili» deb nomlangan. Bu bobda tadqiqotni amaliyotga joriy etish bo‘yicha tavsiyalar, tajriba sinov natijalarini solishtirish va baholash, ularning ekologik hamda iqtisodiy samaradorligi keltirilgan.



9-rasm. Asosiy yonilg‘i benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish bilan ishlaydigan ichki yonuv dvigateling tashqi tezlik xarakteristikasi

Asosiy yonilg‘i benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish bilan ishlaydigan yengil avtomobil ichki yonuv dvigatellarining F16D3 hisoblangan va eksperimental tashqi tezlik xarakteristikalarini taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, tadqiqot uchun vodorod tarkibidagi konsentratsiyasi ishonchli energiya-ekologik bahoga javob beradi.

9-rasmda benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish bilan ishlaydigan yengil avtomobil ichki yonuv dvigatellarining F16D3 hisoblangan va eksperimental tashqi tezlik xarakteristikalarini taqqoslash sinov stendi Rapido (Germaniya) da sinash natijasida olingan.

Bazaviy benzin (Ai-91), benzin havo aralashmasiga vodorod berish bo‘yicha hisoblangan va tajriba ma’lumotlarining qiyosiy natijalari 6-jadvalda keltirilgan.

Qiyosiy poligon va ekspluatatsion sinovlar jarayonida olingan maksimal yurish tezligi, 100 km/soat tezlikka tezlanish vaqti, turli yoqilg‘ida ishlaydigan avtomobil chiqindi gazlaridan CO, CH, NO_x, CO₂ emissiyasini o‘lchash benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish bo‘yicha qabul qilingan qarorlarning ilmiy asosligi 7-jadvalda keltirilgan.

Toshkent shaharidagi yo‘llarda shahar siklidagi yengil avtomobil dvigateliga asosiy yonilg‘i benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali o‘tqazilgan sinovlar natijalari 8-jadvalga berilgan.

6-jadval.

Yonuvchi aralashmalarni real ishlash sharoitiga yaqinlashtirilgan hisob-kitob va tajriba ma’lumotlarining qiyosiy natijalari ($n=5800 \text{ min}^{-1}$)

Ko‘rsatkichlar	Qo‘llaniladigan yonilg‘i					
	Benzin			Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali		
	Hisoblangan	Tajriba	Δ , %	Hisoblangan	Tajriba	Δ , %
Quvvati, kVt	76,8	79,8	3,9	77,6	80,4	3,6
Burovchi momenti, N·m	134,6	139,7	3,7	136,9	142,9	4,3
Solishtirma yonilg‘i sarfi, g/kVt·soat	272,36	283,8	4,2	265,6	277,8	4,5

7-jadval.

Poligon tadqiqotlarida olingan eksperimental ma’lumotlarning qiyosiy natijalari

Ko‘rsatkichlar		Yonilg‘i sarfi, l/100 km	
		Benzin	Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali
120 km/soatga erishgancha ketgan vaqt, sek	Tajriba	7,79	6,92
90 km/soat tezlikda yonilg‘i sarfi, l/100 km	Tajriba	7,5	6,67

8-jadval

Shahar siklida olingan tadqiqotlarida olingan eksperimental ma’lumotlarning qiyosiy natijalari

Harakatlanish yo‘nalishi	Bosib o‘tilgan yo‘l, km	Yonilg‘i sarfi, l/100 km			
		Benzinda		Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali	
		Haqiqiy o‘lchov natijasi	O‘rtacha qiymati	Haqiqiy o‘lchov natijasi	O‘rtacha qiymati
-	15	10,52	10,51	9,87	9,85
-		10,48		9,79	
+		10,54		9,86	
+		10,50		9,85	

2019-2022-yillar davomida Toshkent shahridagi “Inoyat fayz teks” XK va “Uz test” DUK o‘rtasida tuzilgan shartnomaga asosan, Toshkent shahrida va Pskent avtomobillarni sinash poligonida benzin va benzin-havo aralashmasiga vodorod berish bilan harakatlanuvchi yengil avtomobilning qiyosiy ekspluatatsiya va shahar siklidagi tadqiqot sinovlari o‘tkazildi. Tadqiqotlar natijasida benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali o‘tqazilgan poligon sinovi davomida

120 km/soat tezlikda – 11,17%, 90 km/soat tezlikda – 11,06% va shahar siklida - 6,29% yonilg‘i tejamkorligiga erishildi.

Bizga ma‘lumki, 1 kg uglerodning to‘liq yonishi bilan kimyoviy reaksiya natijasida 3,67 kg karbonat anhidrid ajralib chiqadi, bu taxminan 5,3 l/100 km ishlaydigan benzin yonilg‘isi iste‘moliga to‘g‘ri kelishi mumkin.

Shu bilan birga, uglerod miqdori past bo‘lgan yoki turli C:H nisbatlariga ega efirlar va spirtlardan foydalanish CO₂ emissiyasini sezilarli darajada kamaytiradi.

Vodorodni yonilg‘iga uglerod konsentratsiyasi qo‘shimchalar prinsipi bo‘yicha aniqlanadi:

$$S_{BV} = \sum_{i=1}^n G_i g_i, \quad (13)$$

bu yerda, G_i - i-yonilg‘i tarkibidagi uglerod ulushi;

g_i - yonilg‘i aralashmasidagi i-komponentning ulushi.

Masalan, benzin va vodorod aralashmali yonilg‘ilarida uglerodni hisoblash qo‘ydgacha amalga oshiriladi

$$S_{ben95+Vod5} = 85,5 \cdot 0,95 + 0 \cdot 0,05 = 81,22$$

$$S_{ben90+Vod10} = 85,5 \cdot 0,90 + 0 \cdot 0,1 = 76,95$$

$$S_{ben85+Vod15} = 85,5 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,15 = 72,67$$

Bunday holda, issiqxona effekti ko‘rsatkichi hisoblanadi:

$$K_{PE} = \frac{S_{BV}}{S_b} \quad (14)$$

bu yerda, S_{BV} – benzin vodorod yonilg‘isidagi uglerod konsentratsiyasi;

S_b – vodoroddagi uglerod konsentratsiyasi 0 ga teng.

Bunda, benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo‘shimcha berishda yonilg‘ining issiqxona effektini hisoblash

$$K_{ben95+Vod5} = \frac{S_{BV}}{S_b} = 0,94$$

$$K_{ben90+Vod10} = \frac{S_{BV}}{S_b} = 0,9$$

$$K_{ben85+Vod15} = \frac{S_{BV}}{S_b} = 0,85 \text{ ga teng bo‘ladi.}$$

Bu shuni ko‘rsatadiki, benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo‘shimcha 15% gacha berishda (Benzin 85%+ Vodorod 15%) ishlatilganda yonilg‘i tarkibidagi uglerod miqdori 12,8 % dan ko‘proq kamayadi.

Bitta yengil avtomashinani ekspluatatsiya qilishda havo ifloslanishidan atrof-muhitga yetkazilgan zararining oldini olish hisoblangan qiymatlarini tanlashda (CO - 6,24 so‘m/kg, CH - 23,4 so‘m/kg, NO_x - 327,6 so‘m/kg, CO₂ -414,36 so‘m/kg) avtomobil, yiliga 83,87 ming so‘m, atrof-muhitga zarar yetkazilishining oldi olingan.

Aralash yonilg‘ili dvigatel yonilg‘isining narxi quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi

$$T_{BV} = \sum_{i=1}^n C_i g_i, \text{ so‘m/l} \quad (15)$$

bu yerda, T_{BV} - aralash yonilg‘i narxi;

C_i – aralash yonilg‘ining i-komponentining narxi, so‘m/l;

g_i - aralash yonilg‘ining i-komponentining ulushi.

Yonilg'ilarning narxi va zichligi jadval shaklida keltirilgan (9-jadval).

9-jadval

Yonilg'i narxi va zichligi

No	Yonilg'i nomi	Yonilg'ining zichligi, kg/l (kg/m ³)	Yonilg'ining tannarxi, so'm/l
1	Benzin	760	6050
2	Vodorod	0,09	3430
3	Benzin+vodorod	760	5657

Tavsiya etilgan benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali ya'ni aralash yonilg'ining narxini hisoblash

$$T_{\text{benzin85+vodorod15}} = C_{\text{benzin}} \cdot 0,85 + C_{\text{vodorod}} \cdot 0,15 = 6050 \cdot 0,85 + 3430 \cdot 0,15 = 5657 \text{ so'm/l.}$$

bu yerda, C_{benzin} – benzin narxi; C_{vodorod} - vodorod narxi;

$C_{\text{benzin85+vodorod15}}$ – aralash yonilg'i narxi.

Benzin va benzin havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali ya'ni aralash yonilg'ilardan foydalanishning energiya va ekologik samaradorligini hisoblash jadval shaklida keltirilgan (10-jadval).

10-jadval.

Benzin va benzin havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali ya'ni aralash yonilg'ilardan foydalanishning energiya va ekologik samaradorligi

Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Yengil avtomobilning 1,6 litrli dvigatel		Izoh
		Benzin	Benzin+vodorod	
Yonilg'ining tannarxi	so'm/l	6050	5657	
Yonilg'ining 100 km ga sarfi	100km/l	7,5	6,67	
100 km ga sarflangan yonilg'i narxi	so'm/100 km	45 375	37 732	
Bosib o'tilgan yo'l bo'yicha nisbati	%	100	83	
Yillik bosib o'tilgan yo'l	ming.km	75	75	Toshkent bo'yicha
Yillik yonilg'i sarfi	mln.so'm	34,031 250	28,299	
Yillik yonilg'i tejamkorligi	mln.so'm	-	5,732 250	
Jihozlash xarajati	mln. so'm	-	2,5	
O'zini qoplash vaqti	yil	-	5 (5,25 oy)	
Bosib o'tilgan yo'l uchun chiqindi gazlar - uglerod oksidi - uglevodorodlar - azot oksidlari - qurum	kg/km (kg/yil)	0,0106 (795) 0,00129 (96,75)	0,009 (675,7) 0,001096(82,2) 0,00054 (40,5)	Chiqindi gazlarning solishtirma emissiyasi, kg/kg B (B85+V15) CO 0,01 (0,009)

		0,00064 (48) 0,0111 (832,5)	0,00944(707,6)	CH 0,00129 (0,00109) NOx 0,00064 (0,00054) CO ₂ 0,0111 (0,00944)
Bosib o'tilgan yo'l uchun atrof-muhitga yetkazilgan zarar - uglerod oksidi - uglevodorodlar - azot oksidlari - qurum	ming so'm	5,29 2,28 20,11 368,8	4,22 1,92 13,27 293,2	Kompensatsiya to'lovlari miqdori, so'm/kg: CO – 6,24 CH – 23,4 NOx – 327, 6 CO ₂ – 414,360
Jami yillik atrof-muhitga zarar	ming so'm	396,48	312,61	–
Yillik ekologik zararining oldi olindi	ming so'm	–	83,87	–
Yiliga bitta avtomobilni ishlatishning umumiy yillik energiya va atrof-muhitga ta'siri	mln. so'm	–	2,58387	

Sinov o'trazish uchun talablar, dasturlar va meyoriy hujjatlar ishlab chiqiladi. Sinov obyektining meyoriy hujjatlar talablariga muvofiqligini aniqlash va ishonchli natijalarni olish uchun ma'lum bir toifa yoki sinov turi uchun ma'lum standart dasturlar va sinov usullari talablari asosida bajariladi.

XULOSALAR

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ning "Benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali yengil avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish" mavzusidagi dissertatsiya ishi bo'yicha olib borilgan izlanishlar natijasida quyidagi xulosalar keltirilgan:

1. Muqobil yonilg'ida harakatlanuvchi transport vositalarining konstruktiv xususiyatlari va adabiyotlarning tahlili shuni ko'rsatdiki, vodorodni benzin yonilg'isiga ekologik toza qo'shimcha sifatida foydalanish, transport vositalarining ekologik muammolari, energiya va energiya ishlab chiqarishning zamonaviy va istiqbolli yechimi ekanligi isbotlangan.

2. Vodorod yonilg'isi bilan ishlaydigan turli transport vositalarining ishlash xususiyatlarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, benzingga vodorodni qisman berish, atmosferaga zararli moddalar, jumladan, issiqxona gazi karbonat anhidrid chiqindilarini kamayishiga olib kelgan.

3. Benzin-havo va vodorod aralashmasida ishlaydigan dvigatelli yengil avtomobilni ishlash ko'rsatkichlarini hisoblash yonilg'ining yonuvchanligini hisobga olgan holda amalga oshirilgan.

4. Vodorod olish uchun gaz generatori qurilmasi tizimini takomillashtirish qurilma samaradorligini oshishiga va yonilg'ini tannarxini 15 % gacha kamayishiga olib kelgan.

5. Benzin-havo va vodorod aralashmasida ishlaydigan dvigatelli yengil avtomobilni sinov ishlarini amalga oshirish natijasida Toshkent shahrida va Pskent avtomobillarni sinov poligonida benzin va benzin havo aralashmasiga vodorod berish bilan harakatlanuvchi yengil avtomobilning qiyosiy ekspluatatsiya va shahar siklidagi tadqiqot sinovlari o'tkazilgan. Tadqiqotlar natijasida benzin-havo aralashmasiga vodorod berish orqali o'tqazilgan poligon sinovi davomida 120 km/soat tezlikda – 11,17 %, 90 km/soat tezlikda – 11,06 % va shahar siklida - 6,29% yonilg'ini tejamliligiga erishilgan.

6. Benzin havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish foydalanishning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda yengil avtomobilni poligonda o'rganish usullari ishlab chiqilgan. Eksperimental tadqiqotlar solishtirma energiya sarfini 11% kamaytirishning hisoblangan qiymatini tasdiqladi.

7. Benzin-havo-vodorod yonilg'isini baholash mezonlari ishlab chiqilib, stend sinovlari natijasida benzin havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berishdan foydalanilganda, asosiy yonilg'ini benzin va aralashma yonilg'iga nisbatan NOx ning chiqindi gazlari 12-32% ga, CO₂ 10-45% ga, CO 10-47% gacha, CH 10-25% ga kamayishiga erishilgan.

8. Benzin havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish bo'yicha bitta yengil avtomashinani ishlatishning umumiy yillik energiya va atrof-muhitga ta'siri 2, 58387 mln. so'm, oldi olingan yillik ekologik zarar esa 83,87 ming so'mni tashkil etgan.

9. Amaliy va ilmiy tadqiqotlar natijalari manfaatdor tashkilot Toshkent shahar ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi boshqarmasiga tadbiri qilingan.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ДЖАЛИЛОВ ЖАВЛОН ХАЛИЛОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПОДАЧИ ВОДОРОДА В
БЕНЗО-ВОЗДУШНУЮ СМЕСЬ**

05.08.06 – Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.1.PhD/T4513.

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 «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Исмамов Жуманиез Файзуллаевич**
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Халмухамедов Азиз Суратович**
доктор технических наук, доцент

Кадиршаев Тургунбай
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация: **Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится « ___ » _____ 2024 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. Темирийулчилар, 1. 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. Темирийулчилар, 1. Тел.:(99871) 299-00-01, факс: (99871) 293-57-54 e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

Автореферат диссертации разослан « _____ » _____ 2024 года.
(реестр протокола рассылки № __ от « _____ » _____ 2024 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. Учитывая, что в целях дальнейшего развития мировой экономики и качественного удовлетворения потребностей населения в транспортных услугах большое значение имеет устойчивое, безопасное и эффективное функционирование транспорта, большое значение придается рациональному и эффективному использованию энергоресурсов в сфере автомобильного транспорта, повышению их экологической безопасности. В настоящее время в развитых зарубежных странах ведущее место в сфере транспорта занимают вопросы, направленные на повышение показателей использования автомобильного транспорта за счет использования альтернативных и возобновляемых источников энергии в качестве топлива, обеспечения его экологической безопасности и определения его экономической эффективности. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию производства автотранспортных средств, а также повышению производительности труда, их эффективности и конкурентоспособности в процессе эксплуатации.

Важное значение приобретает проведение научно-исследовательских работ по повышению топливной экономичности автомобильного транспорта в мире, повышению экологической безопасности транспортных средств за счет обеспечения их возобновляемыми источниками энергии. Приоритетными в этом направлении являются исследования, в том числе по модернизации транспортных средств с минимальными изменениями конструктивных параметров в зависимости от реальных условий эксплуатации, снижению транспортных расходов и негативного воздействия транспортных средств на окружающую среду за счет использования экологически чистых топлив. В то же время путем оценки условий работы двигателей внутреннего сгорания автомобилей с помощью совершенствования процесса их работы в целях повышения их энергоэффективности решаются такие вопросы, как разработка методов выбора режимов работы двигателей, подходящих для определенных условия эксплуатации считаются неотложными задачами.

Использование водорода в качестве дополнительного топлива для легковых автомобилей, используемых в нашей республике, расширяет возможности повышения их технико-экономической эффективности, и с этой целью реализуются комплексные плановые мероприятия, направленные на определение рационального использования природных возобновляемых источников энергии, которые являются экологически чистыми и высокоэффективными. Об этом свидетельствует принятие ряда нормативных правовых актов, направленных на обеспечение экологической и энергетической безопасности транспортных систем, стимулирующие научно-исследовательскую и методическую работу в этой области. В частности, в стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы отдельно определены задачи по “обеспечению бесперебойных поставок нефтегазовой продукции отраслям экономики и населению” и “изучению влияния членства

Узбекистана во Всемирной торговой организации на металлургическую, текстильную, пищевую, автомобильную отрасли”⁵. При выполнении этих задач актуальна задача последовательной разработки и обоснования путей повышения топливной экономичности автомобилей, снижения их негативного воздействия на окружающую среду с учетом места транспортных средств в экономике и, в частности, в отраслях народного хозяйства, а также проведение исследований, связанных с разработкой методов оценки этих характеристик.

Данное диссертационное исследование в определенной степени направлено на реализацию и исполнение Постановлений Президента Республики Узбекистан от от 22 августа 2019 года № ПП-4422 «О оперативных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии»⁶, от 9 апреля 2024 года № ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан»⁷, Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан от 29 марта 2024 года №ПКМ-166 «О мерах по снижению негативного воздействия транспортных средств на атмосферный воздух»⁸ и других нормативных документов, касающихся данной сферы.

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 альтернативных видов топлива в двигателях транспортных средств, в том числе Х. Бюхнер, Р. Делл, Г. Лукас, С.О. Баде Шреста, Г.А. Карим, З. Хуанг, Цзиньхуа Ван, Ферран А. Айала, Инге Саанум, Г. Вошни, К. Цайлингер, У. Вибике, Х. Роттенгрубер, Г. Зицлер, К. Уокер, Б. Эдер, Д. Каласс, М. Ларсон, С.А. Салман, Э. Ризен, Э. Греггеби, А. Блимберг и другие проводили исследования по проблемам использования водорода в качестве топлива.

А.И. из стран СНГ. Мищенко, В.А. Вагнер, В.А. Звонов, Ю.В. Галишев, А.И. Гайворонский, В.И. Ерохов, Г.Н. Злотин, Н.А. Ивашенко, А.А. Капустин, Н.Н. Патрахальцев, А.С. Соколик, В.М. Фомин, А.С. Хачиян, Н.А. Хрипач, А.П. Шайкин, А.А. Голосов, А.А. Скрипник, В.А. Федоров, З.Р. Кавтарадзе, А.В. Шибанов, А.А. Зеленцов, С.С. Сергеев, И.И. Тимченко, Д. Рамадан, В. Баадер, В.Л. Чумаков, Н.В. Красношеков, А.Д. Передерия, Т.И. Андрюхин, А.Н. Захарченко и другие провели исследования по проблемам использования водорода.

⁵ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года, “О стратегии развития нового узбекистана на 2022 — 2026 годы”.

⁶ <https://lex.uz/docs/-4486125>.

⁷ <https://lex.uz/docs/-5362032>.

⁸ <https://lex.uz/pdfs/6858809>.

Среди ученых нашей страны А.А. Муталибов, С.М. Кадыров, Б.И. Базаров, Ш.Ю. Имомов, Ж.Ф. Исматов, С.А. Калауов, А.Х. Васидов, Р.Н. Ахматжанов, О.Г. Эргашев и другие провели исследования, направленные на использование альтернативных видов топлива в двигателях внутреннего сгорания и улучшение эксплуатационных характеристик автомобилей.

В то же время анализ работ наших ученых, представленных выше, показал, что недостаточно раскрыты вопросы эффективного использования водорода в условиях эксплуатации, а также не освещены способы использования водорода в качестве топлива с дополнительными подачами в двигателе внутреннего сгорания.

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 исследования – является повышение эксплуатационных (экологических и экономических) показателей легковых автомобилей за счет введения водорода в бензовоздушную смесь в качестве дополнительного топлива.

Задачи исследования:

анализ конструктивных особенностей транспортных средств, работающих на альтернативном топливе;

анализ эксплуатационных характеристик различных транспортных средств, работающих на водородном топливе;

теоритический расчет процессов двигателя легкового автомобиля, работающего в бензино-воздушной и водородной смеси;

усовершенствование системы устройства водородного генератора для получения водорода;

проведение опытно-испытательных работ легкового автомобиля с двигателем с искровым зажиганием, работающим на бензино-воздушной и водородной смеси;

применение результатов прикладных исследований в заинтересованных организациях для использования в проектировании и производстве двигателей.

В качестве объекта исследования был выбран двигатель легкового автомобиля F16D3 ($N_e=109$ л.с./80 кВт, $V_h=1,6$ л).

Предметом исследования являются эксплуатационные (экономические и экологические) показатели легковых автомобилей с двигателями, работающими на бензино-воздушных и водородных смесях.

Методы исследования. В процессе исследований используются теоретические методы исследования, теории движения и эксплуатационных свойств транспортных средств, регрессионный анализ, метод интерполяции, анализ и синтез технических систем, теория и численный расчет двигателей

внутреннего сгорания, экспериментальные исследования на полигонах, а также использованы стандартные и частные методы для городских циклов, экономия топлива и методы экспериментального изучения количества токсичных веществ, выбрасываемых транспортными средствами.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

методом интерполяции разработан метод оценки эффективности рабочего цикла двигателя с учетом концентрации горючей смеси;

графоаналитическим методом усовершенствована методика расчета внешне скоростные и топливно экономические показатели легкового автомобиля с учетом количества водорода, подаваемого в топливную смесь бензиновых двигателей;

экспериментальными методами разработаны критерии оценки горючей смеси бензин-воздух-водород путем добавления водорода к бензин-воздушной смеси;

с помощью метода корреляционно-регрессионного анализа была определена нормальная скорость горения бензино-водородно-воздушной смеси на основе физико-химических свойств топлив.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствованы системы водородного генераторного устройства для получения водорода необходимого состава;

обоснованы преимущества использования водорода в качестве дополнительного топлива для двигателей внутреннего сгорания по сравнению с двигателями, работающими на бензине;

разработана методика и программа проведения экспериментальных (полигонных, эксплуатационных) исследований по добавлению водорода в бензовоздушные смеси;

в целях снижения токсичности выхлопных газов, повышения экологической безопасности и экономии топлива обоснованы научно-технические принципы использования водорода в качестве дополнительного топлива.

Достоверность результатов исследования. Исследования проводились с использованием современных методов и измерительных инструментов. Используя основные технические и математические законы планирования экспериментальных испытаний, разработанные теоретические правила подтверждаются результатами экспериментальных исследований.

Научно-практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что разработана и внедрена в практику усовершенствованная методика расчета тягово-скоростных характеристик, надежности и топливной экономичности легкового автомобиля, работающего при добавке водорода в бензино-воздушную смесь, и разработан метод выбора необходимого содержания водорода.

Практическая значимость полученных результатов исследования заключается в том, что для дополнительной подачи водорода в бензовоздушную смесь для использования в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания усовершенствованы системы водородно-генераторной установки, определено требуемое содержание водорода в бензовоздушной смеси для использования водорода в качестве дополнительного топлива и, как следствие, снижением затраты, повышение эксплуатационные показатели легковых автомобилей и их конкурентоспособности.

Применение результатов исследования. По результатам научных исследований по повышению эксплуатационных характеристик, топливной экономичности и экологических показателей легковых автомобилей за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь:

с учетом концентрации горючей смеси методика оценки эффективности рабочего цикла двигателя внедрена Министерством экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан (справка Министерства от 5 марта 2024 г. №03-03/3-2267). В результате на различных транспортных средствах, работающих на альтернативном водородном топливе, в частности, на легковом автомобиле, оснащенный двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием, достигнута экономия энергии до 11%, что привело к снижению экологических проблем;

совершенствование методики расчета внешне скоростных показателей и топливной эффективности легкового автомобиля, внедренной в Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан (справка Министерства от 5 марта 2024 года №03-03/3-2267). В результате достигнута экономия топлива за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь - 11,17% при скорости 120 км/ч, 11,06% при скорости 90 км/ч и 6,29% в городском цикле;

путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь критерии оценки бензино-воздушно-водородной горючей смеси внедрены в Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан (справка Министерства от 5 марта 2024, № 03-03/3-2267). В результате достигнуто снижение выбросов NO_x на 12-32%, CO_2 на 10-45%, CO на 10-47%, CH на 10-25%;

определение нормальной скорости горения бензино-водородо-воздушной смеси введено в Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан (справка Министерства от 5 марта 2024 года №03-03/3-2267). В результате общий годовой энерго-экологический эффект от использования одного автомобиля составляет 2,58387 млн. и достигнутый ежегодный предотвращенный экологический ущерб составляет 83,87 тыс.сум.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации обсуждались на 3 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования.

Всего по теме и материалам диссертации опубликовано 16 научных работ. Из них 10 научных статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных к публикации Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), в том числе 3-в республиканских и 7-в зарубежных журналах. Получено 1 свидетельство об официальной регистрации программы, созданной для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В вводной части диссертации обоснованы актуальность, цель и задачи научно-исследовательской работы, освещены объект и предметы исследования, показано соответствие с приоритетными направлениями развития науки и техники в нашей стране, приводятся научная новизна и практическая значимость исследования, внедрение результатов исследования в практику, а также сведения о публикациях и составе диссертационной работы.

В последнее время многие зарубежные исследовательские центры компаний-производителей двигателей проводят исследования, направленные на экономию топлива, проблемы загрязнения окружающей среды, замену традиционных жидких углеводородных топлив новыми видами топлива.

В первой главе диссертации озаглавленной «**Актуальность проблемы, цели и задачи исследования**». В данной главе анализируются результаты научных исследований и экспериментальных испытаний, проведенных многими учеными по вопросу повышения показателей производительности легкового автомобиля путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь.

В результате этого была достигнута основная цель диссертационной работы, обоснование выполняемых работ, исходя из работы по повышению эксплуатационных (экологических и экономических) показателей легковых автомобилей за счет введения водорода в бензовоздушную смесь в качестве дополнительного топлива для выполнения поставленных задач.

Во всем мире эксплуатируется более 1,5 миллиарда автомобилей, оснащенных двигателями внутреннего сгорания. Их число постоянно увеличивается. Доля потребления традиционного нефтяного топлива автотранспортом составляет более 90%.

Нормы содержания токсичных веществ (CO, CH, NO_x, PM) в выхлопных газах автомобилей постоянно ужесточаются (Евро-3, 2005 г.; Евро-5, 2008 г.; Евро-6, 2015 г.). Снижение этих опасных токсичных веществ лежит в основе экологической и химической опасности автомобилей, поскольку наиболее опасные для человека супертоксиканты, в том числе

канцерогенные углеводороды (НС) и их производные, до сих пор не контролируются.

К альтернативным топливам, используемым в двигателях внутреннего сгорания транспортных средств, используемых в мире, относятся: метанол, денатурированный этанол и другие спирты; с бензином или дизельным топливом и смесями, содержащими спирт; природный газ (сжатый или сжиженный); сжиженный газ; водород; жидкое топливо, полученное из угля и биологических материалов.

Единственный газ, выделяющийся при сжигании водорода, - это водяной пар, являющийся формой природной воды. Источником этого процесса является электролиз водорода из воды. Этот замкнутый цикл, лежащий в основе идеи водородной энергетики, делает водород одним из самых экологически чистых видов топлива.

В первой главе диссертации озаглавленной «**Теоретические основы и методы. Повышение эксплуатационных показателей автомобиля за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь**». В данной главе приведены теоретическое обоснование механизма повышения эксплуатационных показателей автомобиля за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь, расчет рабочего цикла двигателя, прогнозирование и оценка его показателей.

В настоящее время разработаны и внедрены международные, государственные, отраслевые нормативные документы и многие международные организации уделяют большое внимание использованию водородного топлива.

Критериями оценки двигателей внутреннего сгорания являются максимальная эффективная мощность ($N_{e_{max}}$), максимальное значение крутящего момента ($M_{e_{max}}$), число оборотов коленчатого вала (n) в $N_{e_{max}}$ и $M_{e_{max}}$, удельный расход топлива или энергии, количество токсичных веществ в выхлопных газах и др.

Следует отметить, что правило 83 ЕЭК ООН определяет возможные соотношения значений мощности двигателей на альтернативном N_e^{AT} и базовом N_e^{Baz} топливе по следующей формуле:

$$N_e^{AT} = (0.7 \dots 1.15) N_e^{Baz} \quad (1)$$

Сравнительная оценка эффективности эксплуатации транспортных средств проводится на основе специально сокращенных значений затрат на транспортные работы.

$$X_b = \sum_{i=1}^n T_{exi} + \frac{I_s \cdot (C+S_l)}{A_y}, \text{ у.е./км} \quad (2)$$

здесь, T_{exi} – эксплуатационные расходы, затраченные на i -транспортные работы, у.е./км (у.е. – условная единица сум, доллар или евро);

I_s – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

C - капитальные вложения, необходимые для проведения транспортных работ, у.е.;

S_l – ликвидационная стоимость транспортного средства, у.е.;

A_y – среднегодовой пробег автомобиля, км.

В настоящее время, исходя из требований времени, с учетом экономических и экологических требований и тенденций устойчивого развития транспорта, можно рекомендовать проводить оценочные работы следующим образом с учетом здоровой среды обитания, экономической стабильности, критерии социальной справедливости, материального и духовного благополучия.

$$\left[\left(\frac{G_{yob} + S_{yob}}{A_y} + E_{zar} \right) / S_{xm} \right]_{baz} \geq \left[\left(\frac{(G_{yob} + G_{yob}) \cdot (S_{yob} + S_{yob})}{A_y} + E_{zar} \right) / S_{xm} \right]_{mod} \quad (3)$$

здесь, G_{yob}, G_{yob} – годовой расход топлива, т/год;

S_{yob}, S_{yob} - годовая стоимость топлива, у.е/т;

A_y – годовой пробег, км/год;

E_{zar} – годовой экологический ущерб, у.е./км;

S_{xm} – срок службы автомобиля, год.

Эксплуатационные характеристики механических транспортных средств являются показателями качества машины, позволяющими комплексно оценить эффективность использования машин с учетом системного подхода.

Количественно изменчивость процесса скорости горения можно оценить коэффициентом изменения k_w :

$$k_w = \frac{\delta_{wb}}{w_b} \quad (4)$$

где δ_{wb} – стандартное отклонение скорости горения, w_b – средняя скорость горения.

Параметры добавления водорода в бензино-воздушную смесь (на примере величины валового тепловыделения) рассчитываются по следующей формуле:

$$H_u = H_1 m_1 + H_2 m_2, \text{ МДж/кг} \quad (5)$$

$$H_u = 33,91C + 125,6H(m\%) - 10,89(O-S) - 2,51(9H+W)$$

где H_1, H_2 – величина валового тепловыделения компонентов топлива, m_1, m_2 – массовые или объемные доли компонентов в топливе.

Рассчитано для двигателя F16D3 легкового автомобиля GM Chevrolet Cruze/Aveo/Lacetti путем добавления водорода в бензин и бензин-воздушную смесь:

1. Основным сопоставимым топливом является бензин Ai-91;
2. Дополнительное топливо - водород 15%.

Разработанная методика расчета показателей легковых автомобилей выполнена с использованием модернизированной программы Microsoft Excel с учетом возможности одновременного параллельного расчета для моторного

топлива с 15% содержанием водорода в бензино-воздушной смеси. Это позволяет выбрать подходящие значения исходных данных и проанализировать полученные сравнительные результаты.

Производительность автомобилей во многом зависит от свойств моторного топлива, используемого в двигателях внутреннего сгорания, которыми они оснащены.

Также важно обеспечить необходимые значения коэффициента крутящего момента (K_m) и числа оборотов коленчатого вала (K_n) для достижения стабильности режимов работы двигателя в условиях эксплуатации.

Добавление водорода в бензин и бензино-воздушную смесь, т.е. математический расчет внешних скоростных характеристик двигателя, работающего на базовом и смесевом топливе, позволяет решить вышеперечисленные задачи.

Самый популярный универсальный метод математического расчета внешней скоростной характеристики - метод С.Р. Лейдермана, при котором текущее значение мощности двигателя определяется по следующей формуле:

$$N_e = N_{e_{max}}(n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2], \text{ kVt} \quad (6)$$

здесь $N_{e_{max}}$ — максимальная мощность двигателя в номинальном режиме, работающем на базовых и смесевых топливах;

a, b, c - полуноминальные коэффициенты, зависящие от типа двигателя (системы электрического питания, топлива), которые можно определить по результатам экспериментальных исследований; n/n_N – соотношение текущей величины и числа оборотов коленчатого вала на максимальной мощности.

Удельный расход топлива в требуемой точке внешней скоростной характеристики определяется по следующей формуле:

$$g_e^{kn} = g_{eN}(n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2], \text{ г/кВт}\cdot\text{соат} \quad (7)$$

где, g_{eN} – удельный расход топлива, соответствующий номинальной мощности двигателя при работе на смешанном (бензин+водород) топливе;

n/n_N - отношение текущего числа оборотов коленчатого вала к числу оборотов коленчатого вала, соответствующему номинальной мощности двигателя.

Значения полуноминальных коэффициентов рассчитываются по следующим формулам:

$$a = \frac{(K_m \cdot K_n(2 - K_n) - 1)}{(K_n(2 - K_n) - 1)}, \quad (8)$$

$$b = \frac{(2K_n(K_m - 1))}{(K_n(2 - K_n) - 1)}, \quad (9)$$

$$c = \frac{(K_n(K_m - 1))}{(K_n(2 - K_n) - 1)}, \quad (10)$$

где $K_m = M_{e_{max}}/M_{eN}$ – поправочные коэффициент к крутящему моменту; $K_n = n_N/n_M$ – подстраиваемость по числу оборотов коленчатого вала.

Результаты расчетов, выполненных для определения значений подстраиваемости и полуноминальных коэффициентов, представлены в таблице 1.

Обычно рекомендуется устанавливать значения n/n_N для двигателя равными десяти (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110%); получаем эмпирическую зависимость мощности, относительного расхода топлива, соответствующего числу оборотов коленчатого вала двигателя, работающего на различных видах топлива. На практике они ограничиваются семью точками (рис. 1).

Таблица 1

Поправочные коэффициенты для крутящего момента двигателя, оборотов коленчатого вала и полуноминальных значений.

Коэффициенты	Бензин АИ-91	Бензин+Водородное топливо 15%
K_M	1,21	1,2
K_n	2,6	2,6
a	1,13	1,12
b	0,42	0,41
c	0,55	0,53

$$N_e^{b+v15\%} = N_{e \max} (n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 80,6 \text{ кВт}$$

$$g_e^{b+v15\%} = g_{eN} (n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 228,600 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

На основании полученных текущих значений мощности и расхода топлива рассчитываются текущие значения крутящего момента и часового расхода топлива, необходимые для построения внешней скоростной характеристики, по следующим формулам:

$$M_{ex} = 3 \cdot 10^4 N_{ex} / (\pi n_x), \text{ N}\cdot\text{m} \quad (11)$$

$$G_{tx} = 10^{-3} \cdot g_{ex} \cdot N_{ex}, \text{ kg/soat} \quad (12)$$

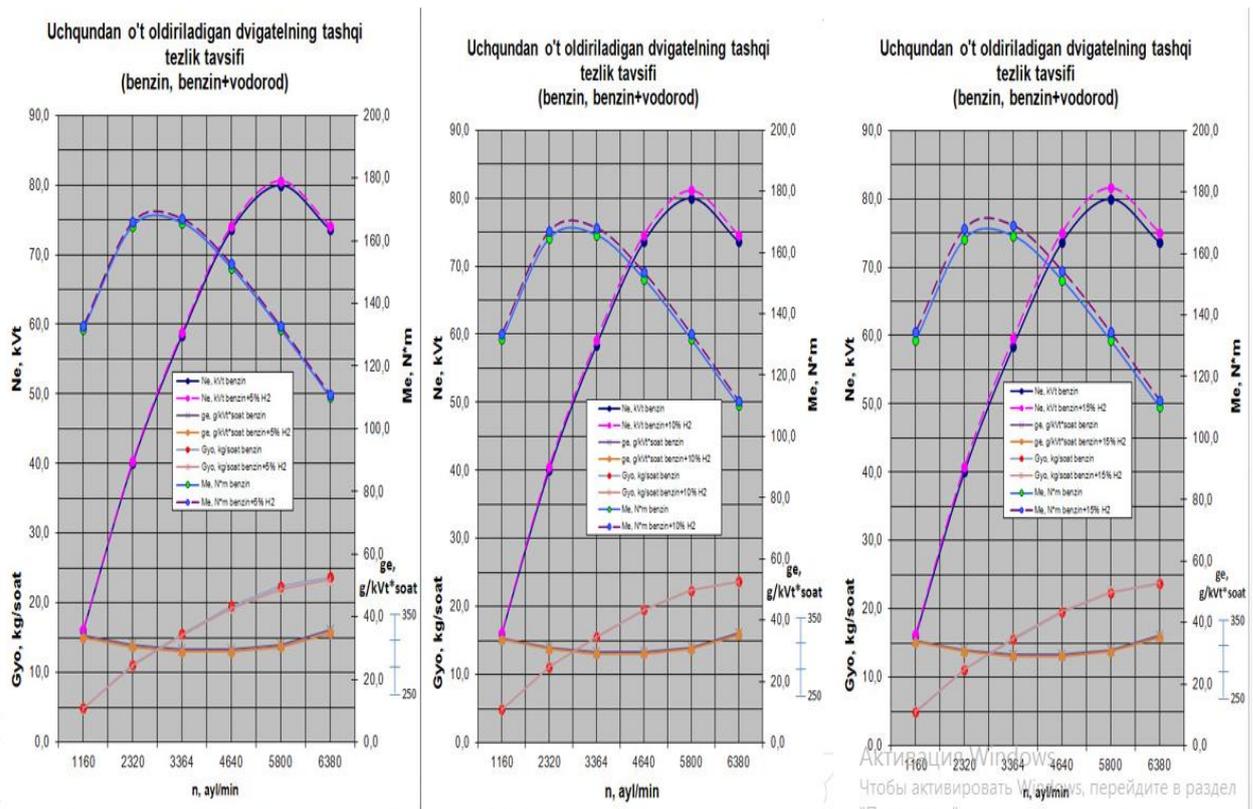


Рисунок 1. Внешние скоростные характеристики двигателя внутреннего сгорания при использовании различных концентраций водорода (бензин-воздух-водород)

Как известно, стандартные жидкие моторные топлива периодически подвергаются классификационным испытаниям для определения качественных характеристик. Эти показатели сравниваются со стандартными показателями.

В третьей главе диссертации озаглавленной «**Экспериментальные исследования по повышению эксплуатационных показателей легковых автомобилей путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь**», изложены цели, методика, оборудование и контрольно-измерительные приборы диссертационной работы, а также результаты экспериментальных испытаний на лабораторном стенде.

Программа экспериментальных исследований включает в себя:

решение общих вопросов методологии исследования на основе теоретических решений;

метрологическое обеспечение, необходимое оборудование и расходные материалы, порядок сбора, хранения и обработки данных, анализа результатов;

оценка показателей эффективности добавления водорода в бензино-воздушную смесь через внешнюю скоростную характеристику двигателя.

Для оценки работоспособности и надежности узлов и деталей двигателя внутреннего сгорания, воспламеняемых от искры дополнительным впрыском водорода в бензин и бензовоздушную смесь выбранного типа, с

целью подтверждения надежности теоретических расчетов на испытательном стенде были проведены экспериментальные исследования (рис.2-5).

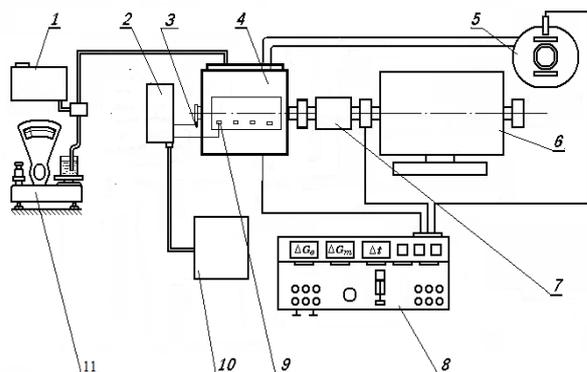


Рисунок 2. Принципиальная схема стенда экспериментальных исследований.

1–топливный бак; 2 – усилитель сигнала; 3–диск с вырезом, показывающий угол поворота коленчатого вала; 4–двигатель; 5–счетчик расхода воздуха РГ-100; 6–балансирующий электротормоз; 7–муфта; 8–пульт управления измерительным комплексом; 9–свеча зажигания; 10–компьютер; 11–автоматизированные электронные весы измерения расхода топлива.

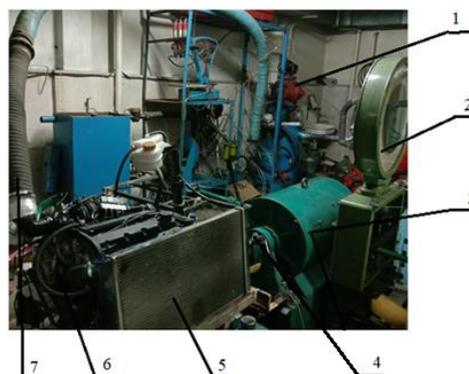


Рисунок 3. Обзор испытательного тормозного стенда двигателя «Rapido» (Германия)

1–счетчик расхода воздуха РГ-100; 2– тормозной механизм; 3 – балансирующий станок RAPIDO; 4–фотодатчик измерения количества оборотов коленчатого вала; 5– радиатор; 6–двигатель; 7–впускной трубопровод.

Стендовые испытания двигателя проводились на базе тормозного испытательного стенда «RAPIDO» (Германия, мощность 80 кВт). С целью повышения точности измерения параметров при испытаниях двигателей и снижения трудозатрат в лаборатории ТИПСЭАД создан автоматизированный измерительный комплекс с цифровым отображением измеряемых параметров и проведены научные исследования.

Полигонные исследования проводились на Пскентском полигоне Туринского политехнического университета, в сотрудничестве с ГУП «UzTest» с использованием испытательного оборудования и приборов ГУП «UzTest» (рис.6, 7).

Полигонные испытания проводились на Пскентском полигоне Туринского политехнического университета ГУП «UzTest» с использованием испытательного оборудования и инструментов ГУП «UzTest» (рис. 6, 7).

Определены технологические характеристики электролизера водорода, проанализирована работа двигателей внутреннего сгорания при добавлении водорода в бензин и бензино-воздушную смесь, получены показатели эффективности работы легкового автомобиля при добавлении водорода в бензин и бензино-воздушную смесь. (рис. 6).

Принцип работы генератора водорода. С помощью электролизера (рис. 4) вода расщепляется на два составляющих газа: H-водород и O-кислород. Принципиальная схема генератора водорода представлена на рис. 8.

Результаты определения основных параметров двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием путем добавления водорода в бензин и

бензино-воздушную смесь и внешние скоростные характеристики при стендовых испытаниях, проведенных в лаборатории ТИПСЭАД (Ташкентский институт проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог), представлены в виде таблицы (табл. 2).



Рисунок 4. Исследование водородного электролизера в лаборатории



5. Панель управления испытательного исследовательского тормозного устройства «Rapido» (Германия).

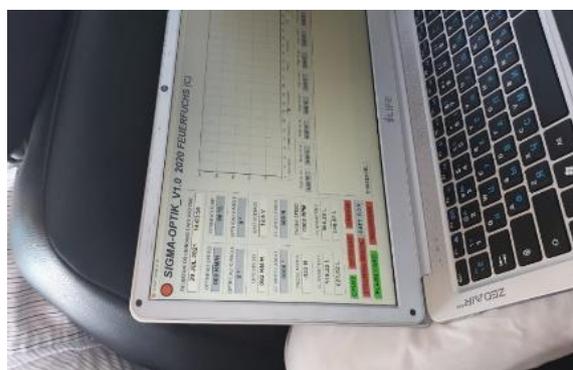


Рисунок 6. Полигонные научно-исследовательские испытания.



Рисунок 7. Эксплуатационные научно-исследовательские испытания

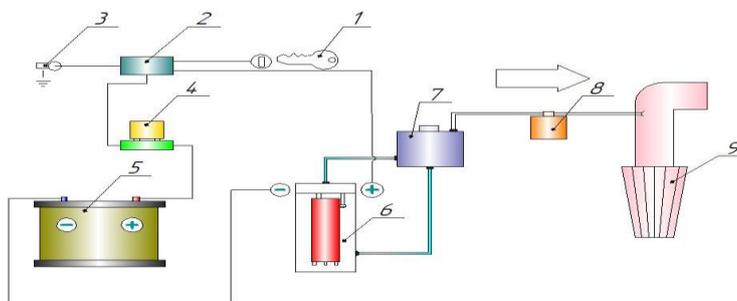


Рисунок 8. Принципиальная схема генератора водорода.

1-ключ; 2-реле; 3-масса; 4-предохранитель; 5-аккумулятор; 6-электролизер; 7-резервуар; 8-уловитель влаги; 9-воздушный фильтр.

Таблица 2

Показатели двигателей внутреннего сгорания, работающих на основном и смешанном топливе, при стендовых испытаниях ($n=5800 \text{ мин}^{-1}$).

Название	Единица измерения	Топливо	
		Бензин АИ-91	Путем подачи водорода в бензин-воздушную смесь
Номинальная мощность	кВт	79,8	80,4
Крутящий момент	Н·м	139,7	142,9
Часовой расход топлива	кг/ч	7,5	6,67
Удельный расход топлива	г/кВт·ч (МДж/кВт·ч)	283,8	277,8

В соответствии с разработанными для этих целей программами и методами на испытательных дорогах Южного (Пскентского) полигона были проведены полигонные исследования легкового автомобиля, оснащенного двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием, на различных видах топлива (путем добавления водорода в основное топливо бензин и бензино-воздушная смесь).

Обобщенные результаты этих исследований представлены в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

Обобщенные результаты полигонных испытаний легкового автомобиля

Направление дороги	Скорость движения, км/ч	Расход топлива, л/100км			
		Основным топливом является бензин		Добавление водорода в бензино-воздушную смесь	
		Истинное	Среднее	Истинное	Среднее
-	90	7,49	7,5	6,67	6,67
-		7,52		6,68	
+		7,5		6,65	
+		7,51		6,67	
-	120	7,78	7,79	6,93	6,92
-		7,79		6,91	
+		7,81		6,89	
+		7,77		6,94	

Методика проведения полигонных исследований предполагает определение компонентов выхлопных газов (CO , CH , NO_x , O_2 , CO_2) двигателя внутреннего сгорания, работающего на необходимых скоростях (40, 60, 80, 100 км/ч), путем добавления водорода в бензин и бензино-воздушную смесь (таблицы 4, 5). Экологическая оценка при добавлении водорода в бензин и бензино-воздушную смесь проводилась не только по снижению вредных выбросов (CO , CH , NO_x) и парниковых газов углекислого газа (CO_2).

Результаты экспериментальных исследований показывают, что при использовании водорода в качестве моторного топлива для автомобиля, оснащенного двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием, путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь происходит резкое снижение выбросов CO, CH и NO_x (на 20-45% при скоростях от 40 до 100 км/ч) по сравнению с основным топливом-бензином.

Основная научная идея использования в качестве моторного топлива добавление водорода в бензино-воздушную смесь подтверждается результатами экспериментальных исследований по снижению содержания CO₂ как парникового газа (на 30-55% при скорости от 40 до 100 км/ч).

Таблица 4

Определение состава выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания при полигонных исследованиях (водород 15%)

Топливо	Число оборотов коленчатого вала двигателя на холостом ходу	Допустимая концентрация		Результаты испытаний	
		Оксид углерода, незнач. кол. по объему, в %	Углеводороды (CH), незнач. кол. по объему, мл ⁻¹ , кол-во цилиндров 4	Оксид углерода, в %	Углеводороды (CH), млн ⁻¹
Бензин	$n_{\min}=800 \text{ min}^{-1}$	1,0	400	0,7	129
Путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь	$n_{\min}=800 \text{ min}^{-1}$	1,0	200	0,33	97

Таблица 5

Сравнение результатов исследований, полученных при добавлении водорода в бензин и бензино-воздушную смесь по определению токсичных веществ в выхлопных газах при стендовых испытаниях

Топливо	Отработавшие газы, % (доля)				
	CO	CH	NO _x	O ₂	CO ₂
Бензин	2,5	147	557	11,7	6,38
Путем добавления водорода в бензин-воздушную смесь (15%)	1,32 (52,8)	110 (74,8)	379 (68,0)	20,4	3,38 (53,0)
Разница выхода, %	47,2	25,2	32,0	-	47,0

В четвертой главе диссертации озаглавленном «Анализ теоретических и экспериментальных исследований по повышению эксплуатационных

показателей легковых автомобилей путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь», представлены рекомендации по внедрению результатов исследований, сравнение и оценка результатов экспериментов, их экологическая и экономическая эффективность.

Сравнение расчетных и экспериментальных внешнескоростных характеристик двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей F16D3, работающих на основном топливе бензине и при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь, показывает, что концентрация содержания водорода для исследования соответствует достоверной энерго-экологической оценке.

На рисунке 9 показано сравнение расчетных и экспериментальных внешнескоростных характеристик двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей F16D3, работающих на бензине и при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь, полученных в результате испытаний на испытательном стенде Rapido (Германия).

Сравнительные результаты расчетных и экспериментальных данных базового бензина (Ai-91) и при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь представлены в таблице 6.

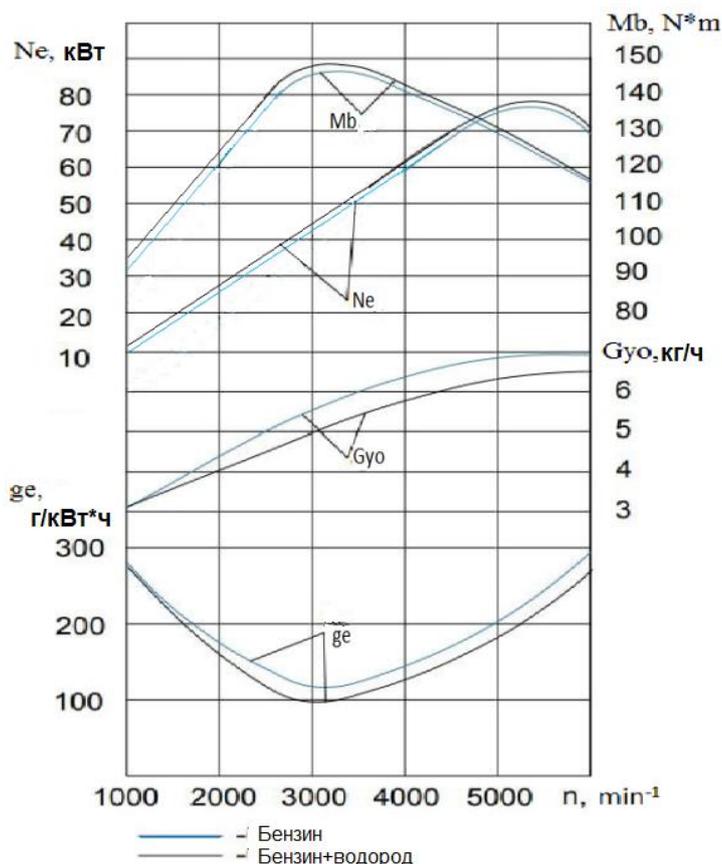


Рисунок 9. Внешнескоростная характеристика двигателя внутреннего сгорания, работающих на бензине в качестве основного топлива и при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь.

В таблице 7. приведены измерения выбросов CO, CH, NO_x, CO₂ с выхлопными газами автомобилей, работающих на различных видах топлива, при максимальной скорости, разгоне до 100 км/ч, полученных в ходе сравнительных полигонных и эксплуатационных испытаний а также научная обоснованность принятых решений по добавлению водорода в бензино-воздушную смесь.

В таблице 8 приведены результаты испытаний, проведенных на основном топливе бензине и при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь двигателя легкового автомобиля в городском цикле города Ташкента.

Таблица 6

Сравнительные результаты расчетов и экспериментальных данных, приближенные к реальным условиям эксплуатации горючих смесей ($n=5800\text{мин}^{-1}$)

Показатели	Использованное топливо					
	Бензин			Путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь		
	Расчетный	Опыт	Δ , %	Расчетный	Опыт	Δ , %
Мощность, кВт	76,8	79,8	3,9	77,6	80,4	3,6
Крутящий момент, Н·м	134,6	139,7	3,7	136,9	142,9	4,3
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	272,36	283,8	4,2	265,6	277,8	4,5

Таблица 7

Сравнительные результаты экспериментальных данных полученных при полигонных исследованиях

Показатели		Расход топлива, л/100 км	
		Бензин	Путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь.
Время достижения скорости 120 км/ч, с	Опыт	7,79	6,92
Расход топлива при скорости 90 км/ч, л/100 км	Опыт	7,5	6,67

Таблица 8

Сравнительные результаты экспериментальных данных полученных при испытаниях в городском цикле

Направление движения	Пройденный путь, км	Расход топлива, л/100 км			
		На бензине		Путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь	
		Фактический результат измерения	Среднее значение	Фактический результат измерения	Среднее значение
-	15	10,52	10,51	9,87	9,85
-		10,48		9,79	
+		10,54		9,86	
+		10,50		9,85	

На основании договора, заключенного между ЧП «Inoyat Fayz Teks» и ГУП «Uz Test» в течение 2019-2022 годов в городе Ташкенте и на Пскентском автомобильном полигоне, проведены сравнительные эксплуатационные и городские исследовательские испытания легкового автомобиля передвигающегося на бензине и при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь. В результате полигонных исследований достигнута экономия топлива за счет добавления водорода в бензин-воздушную смесь - 11,17% при скорости 120 км/ч, 11,06% при скорости 90 км/ч и в городском цикле - 6,29%.

Известно, что при полном сгорании 1 кг углерода в результате химической реакции выделяется 3,67 кг углекислого газа, что может соответствовать расходу топлива бензина при пробеге около 5,3 л/100 км.

Однако использование эфиров и спиртов с различным соотношением С:Н и низким содержанием углерода значительно снижает выбросы CO₂.

Концентрация углерода в водородном топливе определяется по аддитивному принципу:

$$S_{BV} = \sum_{i=1}^n G_i g_i, \quad (13)$$

где G_i – процент углерода в i -топливе;

g_i – процентное содержание i -компонента в топливной смеси.

Например, расчет углерода в бензине и водородосодержащих топливах проводится следующим образом

$$S_{ben95+Vod5} = 85,5 \cdot 0,95 + 0 \cdot 0,05 = 81,22$$

$$S_{ben90+Vod10} = 85,5 \cdot 0,90 + 0 \cdot 0,1 = 76,95$$

$$S_{ben85+Vod15} = 85,5 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,15 = 72,67$$

В этом случае показателем парникового эффекта является:

$$K_{PE} = \frac{S_{BV}}{S_b} \quad (14)$$

где S_{BV} – концентрация углерода в бензин-водородном топливе;

S_b – концентрация углерода в водороде - 0.

При этом расчет парникового эффекта топлива при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь будет равен

$$K_{ben95+Vod5} = \frac{S_{BV}}{S_b} = 0,94$$

$$K_{ben90+Vod10} = \frac{S_{BV}}{S_b} = 0,9$$

$$K_{ben85+Vod15} = \frac{S_{BV}}{S_b} = 0,85$$

Это означает, что содержание углерода в топливе снижается более чем на 12,8% при использовании бензина с дополнительным содержанием водорода в воздушной смеси до 15% (Бензин 85%+Водород 15%).

При выборе расчетных значений предотвращения ущерба окружающей среде от загрязнения атмосферного воздуха при эксплуатации одного легкового автомобиля (СО- 6,24 сум/кг, СН- 23,4 сум/кг, NO_x - 327,6 сум/кг, СО₂ - 414,36 сум/кг), предотвращен экологический ущерб автомобиля на 83,87 тыс.сум в год.

Цена смешанного моторного топлива рассчитывается по следующей формуле

$$T_{BV} = \sum_{i=1}^n C_i g_i, \text{ сум/л} \quad (15)$$

где T_{BV} – цена смешанного топлива;

C_i – цена i -компонента топливной смеси, сум/л;

g_i – доля i -компонента топливной смеси.

Цена и плотность топлива представлены в виде таблицы (табл. 9).

Таблица 9.

Стоимость и плотность топлива

Название топлива	Плотность топлива, кг/л (кг/м ³)	Стоимость топлива, сум/л
Бензин	760	6050
Водород	0,09	2120
Бензин+водород	760	5657

Путем добавления водорода в рекомендуемую бензино-воздушную смесь, т.е. расчет стоимости смесового топлива

$$T_{\text{бензин85+водород15}} = C_{\text{бензин}} \cdot 0,85 + C_{\text{Водород}} \cdot 0,15 = 6050 \cdot 0,85 + 3430 \cdot 0,15 = 5657 \text{ сум/л.}$$

здесь, $C_{\text{бензин}}$ – цена бензина; $C_{\text{Водород}}$ – цена водорода;

$C_{\text{бензин85+водород15}}$ – цена смешанного топлива.

Расчет энергетической и экологической эффективности использования бензина и смесовых топлив путем добавления водорода в смесь бензина с воздухом представлен в виде таблицы (табл. 10).

Таблица 10

Энергетическая и экологическая эффективность использования бензина и смесовых топлив за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь.

Показатели	Единица измерения	Двигатель 1,6 л легкового автомобиля		Комментарий
		Бензин	Бензин+водород	
Стоимость топлива	сум/л	6050	5657	
Расход топлива на 100 км	100км/л	7,5	6,67	
Стоимость топлива на 100 км	сум/100км	45 375	37 732	
Отношение по пройденному пути	%	100	83	
Пройденный путь за год	тыс.км	75	75	По Ташкенту
Расход топлива за год	млн.сум	34,031 250	28,299	

Экономия топлива за год	млн.сум	-	5,732 250	
Затраты на оснащение	млн. сум	-	2,5	
Срок окупаемости	год	-	5 (5,25 мес.)	
Выхлопные газы для пройденного пути - углерод оксиди - углеводородлар - азот оксидлари - курум	кг/км (кг/год)	0,0106 (795) 0,00129 (96,75) 0,00064 (48) 0,0111 (832,5)	0,009 (675,7) 0,001096(82,2) 0,00054 (40,5) 0,00944(707,6)	Удельные выбросы отходящих газов, кг/кг Б85+В15 СО 0,01 0,009 СН 0,00129 0,00109 NO _x 0,00064 0,00054 СО ₂ 0,0111 0,00944
Вред окружающей среде для пройденного пути - оксид углерода - углеводороды - оксиды азота - копоть	тыс сум	5,29 2,28 20,11 368,8	4,22 1,92 13,27 293,2	Размер компенсационных выплат, сум/кг: СО – 6,24 СН – 23,4 NO _x – 327, 6 СО ₂ – 414,360
Общий годовой ущерб окружающей среде	тыс сум	396,48	312,61	–
Предотвращенный экологический ущерб за год	тыс сум	–	83,87	–
Общий годовой энергетический и экологический эффект от использования одного автомобиля в год	млн. сум	–	2,58387	

Будут разработаны требования, программы и нормативные документы по проведению испытаний. С целью определения соответствия объекта испытаний требованиям нормативных документов и получения достоверных результатов испытания будут проводится на основании требований определенных стандартных программ и методов испытаний для определенной категории или вида испытаний.

ВЫВОДЫ

В результате исследования, выполненного по диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Повышение эксплуатационных показателей легковых автомобилей за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь» можно сделать следующие выводы:

1. Анализ особенностей конструкции транспортных средств на альтернативном топливе и анализ литературы показали, что использование водорода в качестве экологической добавки к бензиновому топливу, а также экологических проблем транспортных средств, энергетики и энергопроизводства, является современным и перспективным решением.

2. Анализ эксплуатационных характеристик различных транспортных средств, работающих на водороде, показывает, что двигатель внутреннего сгорания с искровым зажиганием является новым решением энергетических и экологических проблем легкового автомобиля. При этом бензин частично заменяется водородом, сокращаются выбросы вредных веществ в атмосферу, в том числе углекислого газа, вызывающего парниковый эффект. Исходя из этого, возникает необходимость улучшения характеристик легкового автомобиля, оснащенного двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием на бензино-водородной смеси.

3. Расчет эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем, работающим на бензино-воздушной и водородной смеси, проводился с учетом воспламеняемости топлива.

4. Совершенствование системы газогенераторного устройства получения водорода позволит начать производство водорода в нашей республике. Это приведет к созданию предприятия по производству водородного электролизера и подготовке квалифицированного персонала для его установки и обслуживания на легковых автомобилях, в результате чего будут созданы дополнительные рабочие места.

5. В городе Ташкенте и на Пскентском автомобильном полигоне проведены сравнительная эксплуатационная и исследовательские испытания городского цикла легкового автомобиля передвигающегося на бензине и бензино-воздушной смеси с добавлением водорода. В результате исследований достигнута экономия топлива за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь при скорости 120 км/ч - 11,17%, при скорости 90 км/ч - 11,06% и в городском цикле - 6,29 %.

6. Концентрация водорода в бензино-воздушной смеси основана на концентрации водорода в составе, что обеспечивает повышение производительности легкового автомобиля, оснащенного двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием, при сохранении основных регулировочных параметров двигателя.

7. С учетом особенностей использования добавки водорода в бензино-воздушную смесь разработаны методы исследования легкового автомобиля

на полигоне. Экспериментальные исследования подтвердили расчетное значение снижения удельного энергопотребления на 11%.

8. В результате стендовых испытаний по сравнению с основным топливом бензином и смесевым топливом при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь наблюдается снижение NOx в выхлопных газах на 12-32% и CO₂ на 10-45%.

9. Суммарный годовой энергетический и экологический эффект от использования одного легкового автомобиля при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь составляет 2,58387 млн.сум, а ежегодный предотвращенный экологический ущерб составляет 83,87 тыс.сум.

10. Результаты практических и научных исследований были внедрены в Ташкентский городской отдел экологии, охраны окружающей среды и изменения климата и в учебном процессе Ташкентского государственного транспортного университета.

**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

DJALILOV JAVLON KHALILOVICH

**INCREASING THE PERFORMANCE OF PASSENGER VEHICLES BY
SUPPLYING HYDROGEN TO THE PETROL-AIR MIXTURE**

05.08.06 – Wheeled and tracked vehicles and their operation

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

Tashkent-2024

The theme of the doctor of philosophy (PhD) in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.1.PhD/T4513.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume) on the website www.tstu.uz and on the website of "Ziyonet" Information and Educational Portal www.ziyonet.uz.

Scientific advisor: **Ismatov Jumaniez Fayzullaevich**
candidate of technical sciences, docent

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

Kadirshaev Turgunbay
candidate of technical sciences, professor

Leading organization: **Jizzakh Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place « ___ » _____ 2024 at _____ at the meeting of Scientific council № DSc.15/31.08.2022.T.73.03 at the at Tashkent State Transport University (Adress:100167, Tashkent city, Temiryulchilar str, 1. Phone: (+99871)2990001, fax: (99871)293-57-54, e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

The dissertation registered in Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (is registered number № _____). Adress:100167, Tashkent city, Temiryulchilar str, 1. Phone: (+99871)2990001, fax: (99871)293-57-54, e-mail: rectorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

The abstract of the dissertation was distributed on « ___ » _____ 2024 y.
(Protocol at the register № ___ on « ___ » _____ 2024 y.)

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

K.Z. Ziyaev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
PhD in technical sciences, docent

A.A. Mukhitdinov
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 THE TECHNICAL SCIENCES

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

Research compliance with the priorities of the republic's science and technology development. This research is part III of republican science and technology development. It was carried out within the priority direction "Energy, energy - resource efficiency, transport, machinery and equipment construction".

The purpose of the research is to increase the operational (environmental and economic) indicators of passenger cars by adding hydrogen to the gasoline-air mixture as an additional fuel.

Tasks of the research:

analysis of structural features of alternative fuel vehicles;

to analyze the performance characteristics of various vehicles running on hydrogen fuel;

calculation of the processes of a passenger car engine operating in a gasoline-air and hydrogen mixture;

improvement of the hydrogen generator device system for obtaining hydrogen;

carrying out pilot-testing of a passenger car with a spark-ignition engine running on a gasoline-air and hydrogen mixture;

applying the results of case studies in interested organizations for use in the design and production of engines.

The object of research engine F16D3 (Ne=109 hp / 80 kW, Vh=1.6 l) of the passenger car.

The subject of research is the operational (economical and environmental) indicators of passenger cars with engines running on gasoline-air and hydrogen mixtures.

Research methods. In the process of research, theoretical research methods, theories of movement and operational properties of vehicles, regression analysis, interpolation method, analysis and synthesis of technical systems, theory and numerical calculation of internal combustion engines, experimental research test sites and using standard and proprietary methods in the urban cycle, fuel economy and methods of experimental study of the amount of toxic substances emitted by vehicles were used.

The scientific novelty of the research is as follows:

using the interpolation method, a method of evaluating the efficiency of the engine operating cycle was developed taking into account the concentration of the combustible mixture;

the method of calculating the external speed and fuel efficiency indicators of a passenger car, taking into account the amount of hydrogen supplied to the fuel mixture of gasoline engines, has been improved by the graphoanalytical method;

by experimental methods, by adding hydrogen to the gasoline-air mixture, the criteria for evaluating the gasoline-air-hydrogen combustible mixture were developed;

using the correlation-regression analysis method, the normal combustion speed of the gasoline-hydrogen-air mixture was determined based on the physical and chemical properties of fuels.

The practical results of the research are as follows:

improved hydrogen generator device systems to obtain hydrogen of the required content;

the advantages of using hydrogen as an additional fuel for internal combustion engines compared to engines running on gasoline fuel were justified;

a methodology and program for conducting experimental (polygon, operational) research on adding hydrogen to gasoline-air mixtures was developed;

the scientific and technical principles of using hydrogen as an additional fuel in order to reduce the toxicity of waste gases, increase environmental safety and fuel economy were established.

Reliability of research results. Researches were carried out using modern methods and measurement tools. Using the basic technical and mathematical laws of experimental test planning, the developed theoretical rules are confirmed by the results of experimental studies.

Scientific and practical significance of research results. The scientific significance of the research results is explained by the fact that an improved method of calculating the traction-speed, reliability and fuel economy characteristics of a passenger car working when hydrogen is added to the gasoline-air mixture is developed and put into practice, and the method of choosing the required content of hydrogen is developed.

The practical significance of the obtained research results is the improvement of the systems of the device for adding hydrogen to the gasoline-air mixture for use as fuel in internal combustion engines, the determination of the required composition of hydrogen for the use of hydrogen in the gasoline-air mixture as an additional fuel, and as a result of this, consumption. It is explained by the reduction of costs and the increase in the operational performance of passenger cars and their competitive endurance.

Implementation of research results. Based on the results of the scientific research on increasing the operational performance, fuel economy and environmental performance of passenger cars by adding hydrogen to the gasoline-air mixture:

taking into account the concentration of the combustible mixture, the method of evaluating the efficiency of the engine's operating cycle was implemented by the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan (Ministry's Order No. 03-03/3-2267 of March 5, 2024 reference). As a result, various vehicles running on alternative hydrogen fuel, in particular, a light car equipped with a spark-ignition internal combustion engine,

achieved energy savings of up to 11%, which led to a reduction in environmental problems;

improvement of the method of calculating the external speed and fuel efficiency indicators of a passenger car, introduced in the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan (Ministry Order No. 03-03/3 dated March 5, 2024 reference number 2267). As a result, fuel economy was achieved by adding hydrogen to the gasoline-air mixture -11.17% at a speed of 120 km/h, 11.06% at a speed of 90 km/h, and 6.29% in the urban cycle;

by adding hydrogen to the gasoline-air mixture, the criteria for evaluating the gasoline-air-hydrogen combustible mixture were implemented in the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan (Ministry Order No. 03 of March 5, 2024 reference number 03/3-2267). As a result, reduction of NO_x emissions by 12-32%, CO₂ by 10-45%, CO by 10-47%, CH by 10-25% was achieved;

determination of the normal burning rate of the gasoline-hydrogen-air mixture was introduced in the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan (Ministry's Decree No. 03-03/3-2267 of March 5, 2024 reference). As a result, the total annual energy and environmental impact of using one car is 2.58387 mln. 83.87 thousand soums, and the annual environmental damage prevented was achieved.

Approval of research results. The research results of the dissertation were discussed at 3 international and 2 national scientific-practical conferences.

Publication of research results.

A total of 16 scientific works were published on the subject and materials of the dissertation. Of these, 10 scientific articles were published in scientific publications recommended to publish the main scientific results of Doctor of Philosophy (PhD) dissertations of the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, including 3 in the republic and 7 in foreign journals. 1 certificate of official registration of the program created for IBM has been received.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The length of the dissertation is 113 pages.

THE MAIN CONTENT OF THE DISSERTATION

In the introductory part of the dissertation, the relevance, purpose and tasks of the research work are justified, the object and subjects of the research are highlighted, the compatibility with the priority directions of the development of science and technology in our country is shown, the scientific novelty and practical importance of the research, the results of the research information on its introduction into practice, published works and the content of the dissertation work is given.

Recently, many foreign research centers of engine manufacturing companies have been conducting research aimed at fuel saving, environmental pollution problems, and the replacement of traditional liquid hydrocarbon fuels with new types.

The 1st chapter of the dissertation is called "**The nature of the problem, the purpose and tasks of the research**". This chapter analyzes the results of scientific research and experimental tests conducted by many scientists on the issue of increasing the performance of a passenger car by adding hydrogen to gasoline-air mixtures.

As a result, the main **goal of the thesis work** is to improve the operational (environmental and economic) indicators of a passenger car by adding hydrogen to the gasoline-air mixture. To achieve this goal, the following main **tasks** were defined:

- analysis of structural features of alternative fuel vehicles;
- to analyze the performance characteristics of various vehicles running on hydrogen fuel;
- calculation of the processes of a passenger car engine operating in a gasoline-air and hydrogen mixture;
- improvement of the hydrogen generator device system for obtaining hydrogen;
- carrying out pilot-testing of a passenger car with a spark-ignition engine running on a gasoline-air and hydrogen mixture;
- applying the results of case studies in interested organizations for use in the design and production of engines.

Chapter 2 of the dissertation "**Theoretical foundations and methods. Theoretical basis of increasing the operational performance of a car by adding hydrogen to the gasoline-air mixture**". This chapter covers the theoretical justification of the mechanism of increasing the performance of a car by adding hydrogen to the gasoline-air mixture, the calculation of the engine's duty cycle, the prediction and evaluation of its performance.

Chapter 3 of the dissertation is entitled "**Experimental research on increasing the performance indicators of passenger cars by adding hydrogen to the gasoline-air mixture.**" In this chapter, the objectives, methodology, equipment and control-measuring devices of the dissertation work, as well as the results of the laboratory stand experimental tests are presented.

- The experimental research program includes:
- solving general issues of research methodology based on theoretical solutions;
 - supply of metrological and necessary equipment, data collection and processing procedure and analysis of results;
 - evaluation of the performance indicators of adding hydrogen to the gasoline-air mixture according to the external speed characteristic.

The 4th chapter of the dissertation is entitled "**Analysis of theoretical and experimental studies on increasing the operational performance of passenger cars by adding hydrogen to the gasoline-air mixture.**" This chapter presents

recommendations for the implementation of research, comparison and evaluation of pilot test results, and their environmental and economic efficiency.

CONCLUSIONS

As a result of research carried out on the dissertation work of the Doctor of Philosophy (PhD) on the topic "Increasing the operational performance of passenger cars by adding hydrogen to the gasoline-air mixture", the following conclusions were made:

1. Design features of alternative fuel vehicles and analysis of the literature showed that the use of hydrogen as an environmentally friendly additive to gasoline fuel has proven to be a modern and promising solution to the environmental problems of vehicles, energy and energy production.

2. An analysis of the performance characteristics of various hydrogen-fueled vehicles shows that partial addition of hydrogen to gasoline has led to a reduction in emissions of harmful substances into the atmosphere, including the greenhouse gas carbon dioxide.

3. Calculation of the performance indicators of a passenger car with an engine running on a mixture of gasoline-air and hydrogen was carried out taking into account the flammability of the fuel.

4. Improvement of the system of the gas generator device for obtaining hydrogen led to an increase in the efficiency of the device and a decrease in the cost of fuel up to 15%.

5. As a result of the testing of a passenger car with an engine running on a gasoline-air and hydrogen mixture, research tests on the comparative operation and urban cycle of a passenger car moving with hydrogen to the gasoline and gasoline-air mixture were conducted in the city of Tashkent and at the Pskent vehicle testing ground. As a result of the research, fuel economy was achieved at a speed of 120 km/h – 11,17% , at a speed of 90 km/h – 11,06 % , and in the urban cycle – 6,29 % during the range test conducted by adding hydrogen to the gasoline-air mixture.

6. Taking into account the specific characteristics of the use of adding hydrogen to the gasoline-air mixture, the methods of testing a passenger car at the landfill have been developed. Experimental studies have confirmed the calculated value of reducing the relative energy consumption by 11%.

7. The criteria for the evaluation of gasoline-air-hydrogen fuel were developed, and as a result of stand tests, when using hydrogen addition to the gasoline-air mixture, compared to the main fuel gasoline and mixed fuel, the exhaust gases of NO_x decreased by 12-32%, CO₂ by 10- 45%, CO 10-47%, CH 10-25% reduction was achieved.

8. The total annual energy and environmental impact of using one passenger car for adding hydrogen to the gasoline-air mixture is 2,58387 mln. soums, and the annual environmental damage prevented amounted to 83,87 thousand soums.

9. The results of practical and scientific researches were applied to the interested organization Tashkent City Department of Ecology, Environmental Protection and Climate Change.

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

I-bo'lim (I часть; I part)

1. J.F. Ismatov, J.Kh. Jalilov, S.G. Bekmurodov, A. Khujamov, A.J. Fayzullaev. Improving The Economic And Environmental Performance Of Engines Through The Use Of Alternative Fuels // The American Journal of Engineering and Technology. ISSN 2689-0984, Volume 3 Issue 04, 2021., p. 123-129, (IF=5.705).

2. Ж.Ф. Исмамов, Ж.Х. Джалилов, А.Ж. Файзуллаев. Применение водорода в виде добавки автомобильных двигателях // Universum: технические науки: научный журнал.-№4(85). Часть 2. М., Изд. «МЦНО», 2021.- с. 22-24. (02.00.00; №1).

3. Ж.Ф. Исмамов, Ж.Х. Джалилов, А.Ж. Файзуллаев, У.К. Юсупов. Повышение экологической безопасности автомобилей путем добавки водорода к бензину // Universum: технические науки: научный журнал.-№5(86). Часть 2. М., Изд. «МЦНО», 2021.- с. 93-98. (02.00.00; №1).

4. Ж.Х. Джалилов. Повышение эксплуатационных показателей автомобиля путем добавления водорода в бензо-воздушную смесь // "Экономика и социум".- №9(100) 2022.-с. 316-327.

5. S.M. Qodirov, J.F. Ismatov, R.M. Dadaboyev, J.X. Djalilov. Benzinli dvigatellarda benzin-vodorod yonilg'isidan foydalanganda dvigatelning quvvati va burovchi momentiga ta'sirini o'rganish // Mashinasozlik ilmiy-texnika jurnali. - Maxsus son, 2022. (ОАК Раёсатининг қарори (30.12.2021 й. №310/14.2)).

6. Г.П. Ниязова, Ж.Х. Джалилов. Снижение токсичности отработавших газов бензиновых двигателей малой мощности за счёт добавления в топливо масел растительного происхождения // Universum: технические науки: научный журнал.-№5(98). Часть 4. М., Изд. «МЦНО», 2022.- с. 62-63. (02.00.00; №1).

7. J.X. Djalilov, I.I. Usmanov, V.M. Meliev, Sh.I. Alimov, Z. Choriyev. Use of hydrogen in internal combustion engines // International Bulletin of Engineering and Technology (ISSN: 2770-9124)., 3(4), 2023, p. 5-17., (SJIF=5.71, IF=9.1).

8. I.I. Usmanov, K.I. Magdiyev, V.M. Meliev, Sh.I. Alimov, J.X. Djalilov. Ekologik transport // Образование наука и инновационные идеи в мире. - ISSN 2181-3187., №18, часть-8, апрель-2023 (SJIF=3.5).

9. Ж.Ф. Исмамов, Ж.Х. Жалилов. Муқобил композит ёнилғилардан фойдаланиш орқали энгил автомобилларнинг ёқилғи-иктисодий ва экологик кўрсаткичларини яхшилаш // Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali.-№4/2023., ISSN 2091-5527 - с.72-76. (05.00.00; №13).

10. Ж.Х. Жалилов, Ж.Ф. Исмамов, Р.Р. Тилляходжаев. Водородни ёнилғи сифатида ички ёнув двигателларида ишлатиш // Темир йўл транспорти: долзарб масалалар ва инновациялар., ISSN 2181-953X.; №1 2024.-с. 138-142.

(ОАК тартиб қоида комиссиясининг қарори (28.11.2020 й. №11/22а); ОАК Раёсатининг қарори (30.11.2020 й. №288/14)).

II-bo‘lim (II часть; II part)

11. Ж.Ф. Исматов, Ж.Х. Жалилов, А. Хўжамов, С.Г. Бекмуродов. Ички ёнув двигателлар ёнилғи-ҳаво аралашмасига водородни кўшимча бериш орқали унинг иқтисодий ва экологик кўрсаткичларини яхшилаш // Ўзбекистон Республикаси Ички ишлар вазирлиги академияси “Йўл ҳаракати хавфсизлигини таъминлаш муаммолари” Республика илмий-амалий онлайн конференция материаллари тўплами, 2020-йил 28-май, 282-285 б.

12. J. Ismatov, J. Djalilov. Formalization of the Concepts of "Adiabaticization" and Reduction of Heat Losses in the Operating Cycle of Diesel Engines // AIP Conference Proceedings 2432, 020013 (2022), p. 020013-1-020013-13. <https://doi.org/10.1063/5.0089977>.

13. J. Ismatov, F. Matmurodov, M. Fayziev, J. Djalilov. Provision of carbon-free emission of exhaust gases on vehicles // V Международный научный форум по компьютерным и энергетическим наукам. E3S Web of Conferences 419, 01009 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341901009>.

14. J. F. Ismatov, S.M. Qodirov, X.A. Qurbonov, J.X. Djalilov. Dizel dvigatellarga vodorodni qo‘shimcha yonilg‘i sifatida qo‘llashni nazariy asoslash // Akademik Charjav Abdirovtin‘ tuvilganina 90 jil toliw munasibetine bag‘ishlangan “Hozirgi zaman ilimi ham bilimlendirivini‘ ahmiyetli mashqalalari” atamasinda‘gi xalqaraliq ilimiy-ameliy konferenciyasi. -MATERIALLARI TOPLAMI, 2023., 639-640 b.

15. Ж.Ф. Исматов, А.Ж. Файзуллаев, Ж.Х. Жалилов. Енгил автомобиллар экологик кўрсаткичларини яхшилаш // Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, “Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари” мавзусидаги IV халқаро илмий-техник анжумани тўплами, Тошкент, 2024-йил 26-27 апрель, 453-454 б.

16. J. F. Ismatov, J.X. Djalilov. Issiqlik dvigatellarining indikator diagrammasini qurish dasturi // № DGU 22360, 2023.