

**ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.124.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI

DADABOYEV RAVSHANBEK MAXAMADALI O‘G‘LI

**BENZIN-HAVO ARALASHMASIGA VODOROD QO‘SHISH
ORQALI DVIGATELLARNING DINAMIK KO‘RSATKICHLARINI
YAXSHILASH**

05.08.06 - “G‘ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish”

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

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Dadaboyev Ravshanbek Maxamadali o‘g‘li Benzin-havo aralashmasiga vodorod qo‘shish orqali dvigatellarning dinamik ko‘rsatkichlarini yaxshilash	5
Дадабоев Равшанбек Махамадали угли Улучшение динамических показателей двигателей за счет добавления водорода в бензиновоздушную смесь	19
Dadaboev Ravshanbek Makhamadali ugli Improving the dynamic performance of engines by adding hydrogen to the gasoline-air mixture	37
E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati Список опубликованных работ List of published works.....	42

**ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.09.2020.T.124.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI

DADABOYEV RAVSHANBEK MAXAMADALI O‘G‘LI

**BENZIN-HAVO ARALASHMASIGA VODOROD QO‘SHISH
ORQALI DVIGATELLARNING DINAMIK KO‘RSATKICHLARINI
YAXSHILASH**

05.08.06 - G‘ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PHD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4745 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiyasi Andijon davlat texnika institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.astiedu.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Kadirov Sarvar Mukadirovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Qosimov Karimjon
texnika fanlari doktori, professor

Inoyatxodjayev Jamshid Shuxratullayevich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Jizzax politexnika instituti

Dissertatsiya himoyasi Andijon davlat texnika instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.124.01 raqamli ilmiy kengashning 2025 yil « 05 » 09 soat 11⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: Andijon shahri, Boburshoh ko'chasi, 39-uy. Tel.:(99874)223-47-148 /faks (0-374) 223-43-67; e-mail: info@astiedu.uz).

Dissertatsiya bilan Andijon davlat texnika institutining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (L-raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: Andijon shahri, Boburshoh ko'chasi, 39-uy. Tel.:(99891) 612-30-06; /faks (0-374) 223-43-67; e-mail: asti-arm@umail.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 20.08 kuni tarqatildi.
(2025 yil 21.08 dagi № 1 -raqamli reestr bayonnomasi).



U.M.Turdialiyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

Sh.X.Yo'ldashev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.f.d., dotsent

K.K.Yuldashev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar
raisi, t.f.d.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda avtotransport vositalarida muqobil energiya manbalaridan foydalanish qamrovini kengaytirish, an'anaviy yonilg'ilarni tejash va ekologik muvozanatni saqlash masalasiga alohida ahamiyat berilmoqda. Bugungi kunda dunyo miqyosida gibrid avtomobillar, elektromobillar hamda vodorod yonilg'isida ishlovchi avtomobillar ishlab chiqarish ommalashmoqda. Dunyo statistikasi bo'yicha 2024-yilda jahonda umumiy 1.5 milliard dona avtomobil bor: shundan 45 million donasi elektromobillar hissasiga to'g'ri keladi¹. Bundan ko'rinib turibdiki, jahonda foydalanilayotgan avtomobillarning asosiy qismi hali ham ichki yonuv dvigatellari (IYD) bilan jihozlangan. Zamonaviy ichki yonuv dvigatellarini takomillashtirishdan asosiy maqsad yoqilg'i sarfini kamaytirish, dvigatel dinamikasini oshirish va ekologik talablarga javob beradigan darajadagi chiqindi gazlarni pasaytirishdan iborat. Bu jihatlarda ayniqsa benzinli dvigatellar uchun muhim bo'lib, uning samaradorligi yonish jarayonining tezligi, to'liqligi va yonilg'ining fizik-kimyoviy xususiyatlariga bog'liq. Shu nuqtai nazardan, benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shish orqali dvigatelning dinamik va yoqilg'i tejamkorlik xususiyatlarini yaxshilashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda ichki yonuv dvigatellarida vodorod yonilg'isidan foydalanish, vodorodni ishlab chiqarish hamda silindrga yuborish texnologiyalarini optimallashtirish, benzin-havo aralashmasiga vodoroddan qo'shimcha sifatida foydalanishda vodorodning yonish jarayoniga ta'siri hamda vodorod miqdorini dvigatel ish rejimiga nisbatan boshqarishni takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha sifatida qo'shishda vodorodni ishlab chiqarish, dvigatelga yuborish hamda vodorodni ishchi aralashmaning quyi yonish issiqligi, alanganing tarqalish tezligi, bosimning ko'tarilish tezligi va boshqa xususiyatlariga ta'sirini nazariy va amaliy jihatdan aniqlash bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Shu bilan birga, benzin-havo aralashmasiga vodorodning qo'shilishi dvigatel ish sikli davomida yonishni to'liq va unga sarflanadigan vaqtni qisqarishi hosil bo'lgan energiyaning kamroq yo'qotilishi va barqaror yonish hisobiga yuklama sharoitida dvigatellarining ekologik, yonilg'i samaradorligi va dinamikasini yaxshilash dolzarb vazifalardan hisoblanadi.

Respublikamizda, avtotransport vositalarida qayta tiklanuvchi va vodorod energetikasidan foydalanish sohasidagi ilmiy tadqiqot ishlarini jadallashtirish va ularni iqtisodiyotning turli sohalarida joriy etish hamda O'zbekistonning yashil iqtisodiyotga bosqichma-bosqich o'tishini ta'minlash bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 9-apreldagi PQ-5063-sonli "O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi va vodorod energetikasini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori², 2022-yil 25-mayda Innovatsion rivojlanish vazirligi tomonidan ishlab chiqilgan "Vodorod

¹ <https://www.acea.auto>

² <https://lex.uz/docs/-5362032>

energetikasi texnologiyalari sohasida vodorodni olish, saqlash va tashish texnologiyalarini yaratish bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, suvni elektroliz usulida parchalab, vodorodni ajratib olish jarayonida qo'llaniladigan mahalliy xomashyodan katalizator turlarini yaratish, ammiak va vodorodli yonilg'i elementlaridan foydalangan holda vodorod gazida harakatlanuvchi transport vositasining tajriba namunasini ishlab chiqishda vodorodning dvigatelning dinamik va ekologik ko'rsatkichlariga ta'sirini aniqlash muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-son "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejavchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"³, 2020-yil 10-iyuldagi PQ-4779-son "Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va iqtisodiyot tarmoqlarining yonilg'i-energetika mahsulotlariga bog'liqligini kamaytirish to'g'risida"⁴ hamda O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024-yil 29-martdagi VMQ-166-sonli "Atmosfera havosiga transport vositalarining salbiy ta'sirini kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida"⁵ Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlarga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II "Energiya va energiya resurslarini tejash" ustuvor yo'nalishiga muvofiq amalga oshirilgan.

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Ichki yonuv dvigatellarida alternativ yonilg'ilarni foydalanish yoki asosiy yonilg'iga qo'shimcha sifatida foydalanish bo'yicha mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan bir qator ilmiy-tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. Xususan, S.M. Qodirov, A.A. Mutalibov, B.I.Bazarov, Sh.J.Imomov, J.F.Ismatov, S.A.Kalaulov, A.X.Vasidov, Sh.A.Suvonqulov, O.Z.Odilov, I.A.Mishenko, V.V.Rumyansev, Yu.V.Galishev, V.V.Smolenskiy, R.Z.Kavtaradze, A.S.Zubakin, A.D.Deryachev, Chjan Sityan va boshqa bir qator olimlar tomonidan vodorod va alternativ yonilg'ilardan ichki yonuv dvigatellarida asosiy va qo'shimcha yonilg'i sifatida foydalanish orqali dvigatelning ekologik va yonilg'i tejamkorlik ko'rsatkichlariga ta'sirini turli xil usullar asosida o'rganilgan va takliflar ishlab chiqishgan.

Bu olimlarimizning ishlarida benzin-havo aralashmasiga dvigatelning har qanday rejimida vodorodni doimiy miqdorda qo'shish orqali dvigatelning dinamik va yonilg'i tejamkorlik ko'rsatkichlari o'zgarishi yetarlicha o'rganilmagan.

Dissertatsiya ishining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Andijon davlat

³<https://lex.uz/docs/-4486125>

⁴ <https://lex.uz/docs/-4890081>

⁵ <https://lex.uz/uz/docs/6858809>

texnika (Andijon mashinasozlik instituti) institutining ilmiy ishlar rejasiga muvofiq bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Benzinli yengil avtomobil dvigateliga vodorod qo'shish orqali dvigatelning dinamik va yonilg'i samaradorlik ko'rsatkichlarini yaxshilashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

benzinli dvigatellarda vodorod yonilg'isidan foydalanish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tahlil qilish;

dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishini aniqlashning takomillashtirilgan grafik uslubini ishlab chiqish;

benzin-vodorod aralashmasida dvigatel quvvatini vodorod miqdoriga nisbatan o'zgarishining matematik ifodasini ishlab chiqish;

silindrdagi bosimning ko'tarilish tezligi va alanganing tarqalish tezligini tirsakli val burchak tezlanishiga bog'liqligining matematik ifodasini ishlab chiqish;

benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shish hisobiga dvigatel tirsakli val burchak tezlanishining ortishi hamda uning dinamikasi yaxshilanishining matematik ifodasini ishlab chiqish.

Tadqiqot obyektining sifatida benzinli yengil avtomobil dvigateli. ($N_e = 106$ ot kuchi, 77 kVt, $V_h = 1,5$ l).

Tadqiqot predmeti - benzin-havo-vodorod aralashmasida ishlaydigan yengil avtomobil dvigatelining dinamik va yonilg'i sarf xususiyatlari.

Tadqiqot usullari. Tadqiqotlar eksperimentlarni rejalashtirish, o'tkazish, matematik tahlil, matematik statistika, matematik modellashtirish, korrelyatsion bog'lanish va regression tahlil qilish usullaridan foydalanilgan holda olib borildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

tirsakli valning burchak tezlanishini aniqlash usuli dinamometrik stendida olingan tezlik xarakteristikasining grafigini tahlil qilish hisobiga belgilangan burchak tezligiga erishish vaqtini aniqlash asosida takomillashtirilgan;

benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shish orqali silindrdagi yonish jarayoni yaxshilanishi hisobiga dvigatel quvvat o'zgarishini vodorod miqdoriga bog'liqligini ifodalovchi matematik ifoda ishlab chiqilgan;

benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shish hisobiga silindrdagi bosimning ko'tarilish va alanganing tarqalish tezligi hamda dvigatel tirsakli val burchak tezlanish ko'rsatkichlarining bog'liqligini ifodalovchi matematik ifoda ishlab chiqilgan;

benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shish hisobiga dvigatel tirsakli val burchak tezlanishining ortishi hisobiga dvigatel dinamikasi yaxshilanishini ifodalovchi matematik ifodasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

1.5 hajmli benzinli dvigatelning ishchi parametrlarini o'zgartirmagan holda uning yuqori dinamik ko'rsatkichlariga erishishi uchun zarur bo'lgan vodorod ishlab chiqaruvchi generator tizimi takomillashtirilgan;

benzin-havo-vodorod aralashmasida ishlaydigan dvigatelning laboratoriya sinovlarini o'tkazish dasturi ishlab chiqilgan;

benzin-havo aralashmasiga doimiy miqdorda vodorodni qo'shish orqali dvigatelning quvvat va burovchi momenti ortishi ilmiy-tajribaviy asoslangan;

vodorodni benzin yonilg'iga qo'shimcha sifatida foydalanish orqali dvigatelni dinamik va yonilg'i sarfi ko'rsatkichlari yaxshilanishi ilmiy-tajribaviy asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqotlar zamonaviy metodlar va o'lchov vositalaridan foydalangan holda Andijon Avtotexxizmat MCHJ hamda Toshkent davlat texnika universiteti laboratoriya bazalarida tajriba tadqiqotlarini o'tkazish hamda nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalarining o'zaro mosligi, olingan natijalarning amaliyotga joriy qilinganligi, shuningdek, turli ilmiy konferensiyalarda muammoning keng muhokamasi, O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining taqriz qilinadigan ilmiy jurnallarda tadqiqot natijalarining chop etilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki: dvigatel porshen va tirsakli valiga ta'sir etayotgan kuchlarning o'zgarish qonuniyatini, benzinli yengil avtomobil dvigatelida benzin-havo aralashmasiga doimiy miqdorda vodorodni qo'shish, benzinli dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishi, silindrdagi bosimning ko'tarilish tezligi, alanganing tarqalish tezligini va ularning o'zaro aloqadorligini hisoblashning takomillashtirilgan uslubi ishlab chiqilib amaliyotga tatbiq etilganligi hamda dvigatel elektr ta'minoti tizimiga yuklanish tushirmasdan eng yuqori miqdorda vodorod olish tizimi takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati benzinli dvigatellarning asosiy yonilg'isiga doimiy miqdorda vodorod qo'shish tizimi takomillashtirilganligi, dvigatelning o't oldirish tizimiga yuklama tushishi, dvigatelning ekologik, quvvat va yonilg'i sarfi ko'rsatkichlarini yaxshilanishi, dvigatel elektr ta'minoti tizimiga yuklanish tushirmasdan vodorod olishning eng yuqori miqdorini aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Benzinli yengil avtomobil dvigateliga vodorod qo'shish orqali dvigatelning dinamik va yonilg'i samaradorlik ko'rsatkichlarini yaxshilash bo'yicha olingan natijalar asosida:

benzinli yengil avtomobil dvigatellariga vodorodni doimiy miqdorda benzin yonilg'iga qo'shimcha sifatida qo'shish, dvigatelning quvvati, yonilg'i tejamkorligi va dinamik ko'rsatkichlarini oshirish bo'yicha tajriba-sinov ishlari Andijon "Avtotexxizmat" MCHJda ("Uzavtosanoat" AJ ning 2024-yil 18-dekabr 17/07-25-2010-sonli ma'lumotnomasi). Natijada benzinli yengil avtomobil dvigatellariga vodorodni doimiy miqdorda benzin yonilg'iga qo'shimcha sifatida qo'shish hisobiga dvigatelning yonilg'i samaradorligini 5-6 % ga yaxshilangan.

benzinli yengil avtomobil dvigatellariga vodorodni doimiy miqdorda benzin yonilg'iga qo'shimcha sifatida qo'shish usuli Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida joriy etilgan(("Uzavtosanoat" AJ ning 2024-yil 18-dekabr 17/07-25-2010-sonli ma'lumotnomasi). Natijada benzinli yengil avtomobil

dvigatellariga vodorodni doimiy miqdorda benzin yonilg'iga qo'shimcha sifatida qo'shish dvigatelning dinamik ko'rsatkichlarini 7-8 % ga ortishiga erishildi. Kutilayotgan yillik iqtisodiy samara har bir avtomobil uchun 3.7 mln. so'mni tashkil etgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya tadqiqot natijalari respublika va xalqaro miqyosida 7 ta ilmiy va ilmiy-texnik anjumanlarda, jumladan 6 ta xalqaro va 1 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi va materiallari bo'yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, 5 ta respublika, 2 ta xorijiy jurnal hamda 1 ta monografiya chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning kirish qismida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi, vazifalari, tadqiqot obyekti va predmetlari tavsiflangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati tavsiflab berilgan, tadqiqot natijalarining ishonchliligi, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilganligi, nashr qilingan ilmiy-uslubiy ishlar va dissertatsiya ishining tarkibi va hajmi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Masalani qo'yishi va tadqiqotning vazifalari”** deb nomlangan birinchi bobida benzinli yengil avtomobil dvigatellarda foydalanish mumkin bo'lgan alternativ yonilg'ilar va ularning energiya samaradorligini baholash bo'yicha tahlillar olib borilgan. Alternativ yonilg'ilar ichida vodorodning xususiyatlari boshqa yonilg'ilarga nisbatan yaxshiligi hamda benzinli ichki yonuv dvigatellarida benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shilganda dvigatelning dinamikasiga va yonilg'i samaradorligi xususiyatlari o'rganilgan va tadqiqotning maqsad va vazifalari aniqlangan.

Transport sohasida neft yonilg'isidan boshqa energiya manbalarini qidirish hozirgi zamonda dolzarb muammo hisoblanadi. Eng samarali ichki yonuv dvigateli kam yonilg'i sarflab, ekologik toza va yuqori quvvat ko'rsatkichlariga ega bo'lishi hisoblanadi.

Yonilg'ini ishlab chiqarish va undan ichki yonuv dvigatellarida foydalanishda energiya samaradorligi yonilg'ini xomashyo shaklidan uni mexanik ishga aylantirishgacha bo'lgan jarayonlar jamlanmasi asosida baholanadi hamda u quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$\sum z = z_1 + z_2 + z_3 + z_4, \quad (1)$$

bunda:

z_1 - xom ashyoni qidirish va qazib olish jarayonining samaradorligi; z_2 - xom ashyoni qayta ishlash samaradorligi; z_3 – iste'molchilar o'rtasida yonilg'ini taqsimlash samaradorligi; z_4 -transport vositalarida yonilg'idan foydalanish samaradorligi.

Dissertatsiyaning **“Benzin-havo aralashmasiga doimiy miqdorda vodorod qo'shishni dvigatelning dinamik va yonilg'i tejamkorlik ko'rsatkichiga ta'sirining nazariy asoslari”** deb nomlangan ikkinchi bobda ishchi aralashmaga vodorodni doimiy miqdorda qo'shishning silindrdagi yonish jarayoniga ta'siri, dvigatel ish rejimiga, alanganing tarqalish tezligi, quvvat va dinamik ko'rsatkichlariga ta'sirining nazariy asoslari va ularni baholash haqida yoritilgan.

Silindrdagi yonish davomiyligi ishchi aralashmaning haroratiga, siqilish darajasiga, silindrdagi qoldiq gazlar miqdoriga, aralashmaning uyurmali harakatiga, tirsakli valning burchak tezligiga, o't oldirish shamlarining joylashish va soniga, yonish kamerasi formasiga va ishchi aralashmaning tarkibiga bog'liq.

Dvigatelning dinamik xususiyatlari asosan uning turli rejimlarida amalga oshiriladi.

Noturg'un rejimlarda dvigatel burovchi momenti nafaqat drossel zaslonkasining holatiga va tirsakli valning burchak tezligiga, balki ularning o'zgarish tezligiga ham bog'liq.

$$A_r = \int_{\tau_b}^{\tau_o} N_e dt = \int_{\tau_b}^{\tau_o} M_{tv} \omega dt, \quad (2)$$

Bunda:

A_r – dvigatelning tezlanishda bajargan ishi (dinamikasi); τ_o, τ_k -tezlanish boshi va oxiridagi vaqt; N_e - dvigatel quvvati; M_{tv} - tirsakli val burovchi momenti; ω - tirsakli valning burchak tezligi.

Dvigatelning dinamik sifatlarini baholash uchun A_r dan foydalanish maqsadga muvofiq. Dvigatellardan olinadigan tezlanish ko'rsatkichlari bir xil vaqt oralig'ida yoki bir xil dvigatellarda o'zgartirishlar kiritilganda taqqoslanadi. Taqqoslash ishlari bir xil oraliqlarda $\omega_b - \omega_o$ amalga oshiriladi, bu yerda $\omega_b - \omega_o$ tezlanishning boshida va oxirida dvigatel tirsakli valining burchak tezligi.

Dvigatellarning dinamik ko'rsatkichlari deganda uning turli ish rejimlarida quvvat, burovchi momenti va tirsakli val burchak tezlanishlarini vaqt birligida o'zgarishi tushuniladi. Bu ko'rsatkichlar dvigatelning samaradorligini, ishlash sifatini va uning yuklanishdagi ish samaradorligini baholashda muhim ahamiyatga ega.

Bosimning ko'tarilish tezligi (Pa/s) yonish jarayonida bosimning vaqt o'tishi bilan o'zgarish tezligini anglatadi.

Bosimning ko'tarilish tezligini fizik-kimyoviy jarayonlarga asosan keltirilgan formulalar asosida dvigatel dinamikasiga ta'sirini tahlil qilamiz.

Yonish jarayonida bosimning ko'tarilish tezligi silindrdagi gaz aralashmasining kengayishi va issiqlik ajralib chiqishi oqibatida vujudga keladi.

$$\frac{dP}{dt} = \gamma * \frac{dQ}{dt}, \quad (3)$$

bunda:

$\frac{dP}{dt}$ — bosimning ko‘tarilish tezligi;
 γ — gazlarning adiabatik koeffitsiyenti;
 $\frac{dQ}{dt}$ — yonish jarayonida issiqlik hosil bo‘lishi o‘zgarishi.

Alanganing tarqalish tezligi yonilg‘i-havo aralashmasining yonishi davomida alanga frontining silindrning butun hajmi bo‘ylab tarqalish tezligini ifodalaydi. Bu tezlik quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$U_h = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda \cdot R \cdot T}{C_p}}, \quad (4)$$

bunda:

U_h — alangani tarqalish tezligi;
 λ — issiqlik o‘tkazuvchanligi;
 R — universal gaz doimiysi;
 T — yonish jarayonidagi harorat;
 C_p — issiqlik sig‘imi.

Bosimning ko‘tarilish tezligi va alanganing tarqalish tezligi, bu ikki ko‘rsatkich o‘zaro bir-biriga bog‘liqligini matematik ifodasini ishlab chiqish ketma-ketligi keltirilgan:

Bosimning ko‘tarilish tezligi va alanganing tarqalish tezligi orasida bog‘liqlikning asosiy ko‘rinishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dp}{dt} = C \cdot \rho \cdot U_h \cdot T, \quad (5)$$

bunda:

C — empirik koeffitsiyenti (yonish jarayoniga xos bo‘lgan qiymat).

Bosimning ko‘tarilish tezligi yuqori bo‘lganda, alanganing tarqalish tezligi ham ortadi, chunki yuqori harorat va reaktivlik kimyoviy reaksiyani tezlashtiradi. Bu bog‘liqlik dvigatelning yonish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Bosimning ko‘tarilish tezligi ($\frac{dp}{dt}$) va alanganing tarqalish tezligi (U_h) tirsakli valning burchak tezlanishlari ($\bar{\varepsilon}$) o‘zgarishining o‘zaro bog‘liqligini matematik ifodalashda yonish jarayonining dinamikasi va dvigatel mexanikasi birgalikda hisobga olinadi.

Tirsakli valning burchak tezlanishi:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\omega}{dt}, \quad (6)$$

bunda:

ω — tirsakli valning burchak tezligi.

Bosimning ko‘tarilish tezligini tirsakli val burchak tezlanishiga bog‘liqligi quyidagi ifoda asosida aniqlanadi:

$$\frac{dp}{dt} = k \cdot \rho \cdot R_u \cdot T \cdot \varpi(\bar{\varepsilon}), \quad (7)$$

bunda:

k — empirik koeffitsiyenti;

$\varpi(\varepsilon)$ — tirsakli valning burilish burchagiga bog‘liq bo‘lgan reaksiya tezligi.

Alangani tarqalish tezligi tirsakli valning burilish burchagi bilan bog‘liqligi:

$$U_h(\bar{\varepsilon}) = \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p}} \cdot \varpi(\bar{\varepsilon}), \quad (8)$$

bunda:

Yonish hududi kengaygan sari tirsakli val burchak tezligi alanganing tarqalish tezligini oshiradi. Shu sababli, yuqori burchak tezlanishda ($\bar{\varepsilon}$) alanganing tarqalish tezligi ortadi.

Bosimning ko‘tarilish tezligi, alanganing tarqalish tezligi va tirsakli valning burchak tezlanishi orasidagi bog‘lanishni quyidagicha umumlashtiriladi:

$$\frac{dp}{dt} = C_1 \cdot \rho \cdot R_u \cdot T(\bar{\varepsilon}) \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\bar{\varepsilon}))}, \quad (9)$$

$$U_h(\alpha \bar{\varepsilon}) = C_2 \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p}} \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\bar{\varepsilon}))}, \quad (10)$$

Ikki asosiy tenglamani birlashtirib, umumiy bog‘liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dp}{dt} = A \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\varepsilon))} \cdot \bar{\varepsilon}, \quad (11)$$

$$U_h(\bar{\varepsilon}) = B \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\varepsilon))} \cdot \sqrt{\bar{\varepsilon}}, \quad (12)$$

bunda:

A va B o‘zgarishlar dvigatelning parametrlariga bog‘liq.

Tirsakli valning burchak tezlanishiga ta’sir ko‘rsatadigan parametrlarni matematik ifodalash uchun yonish jarayonining dinamikasi va dvigatel kinematikasi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash zarur. Quyidagi matematik munosabatni ishlab chiqamiz:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{M_{yon}}{J}, \quad (13)$$

bunda:

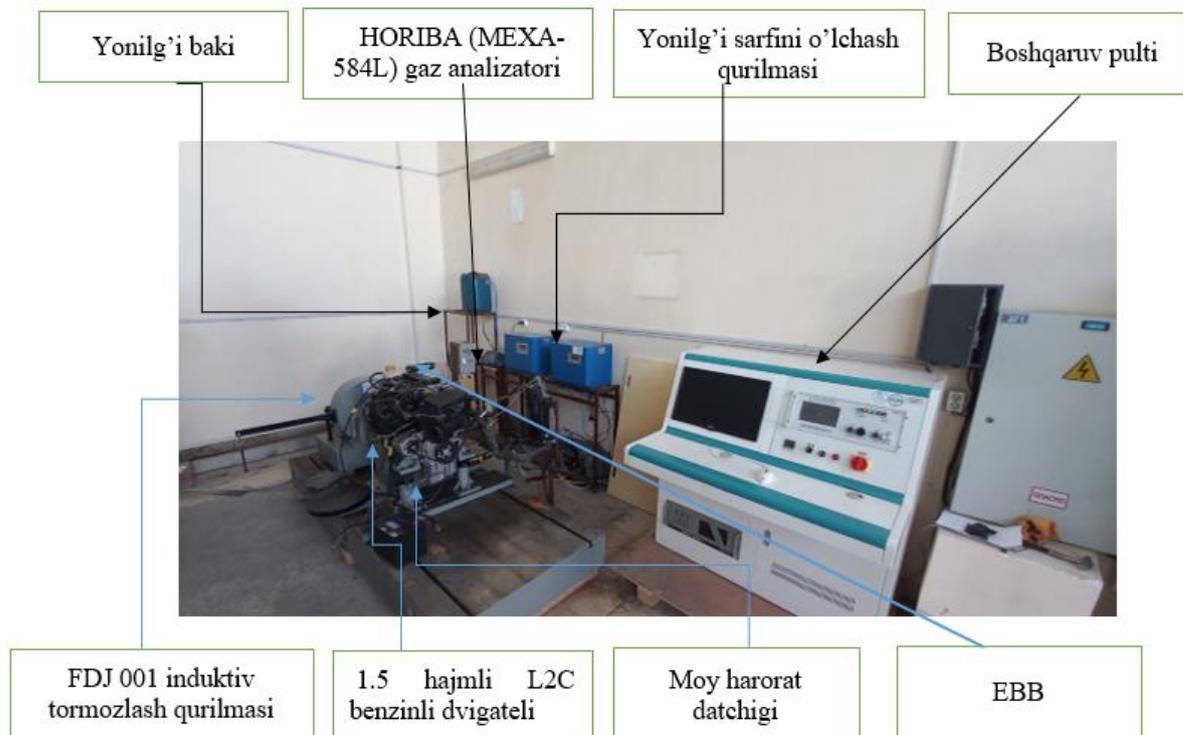
M_{yon} — yonish jarayonida hosil bo‘ladigan burovchi moment;

J — tirsakli val va uning aylanuvchi qismlarining inersiya momenti.

Silindrdagi yonish jarayonida hosil bo‘lgan bosimning ko‘tarilish tezligi va alanganing tarqalish tezligi o‘zgarishini dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishga bog‘liqligini quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

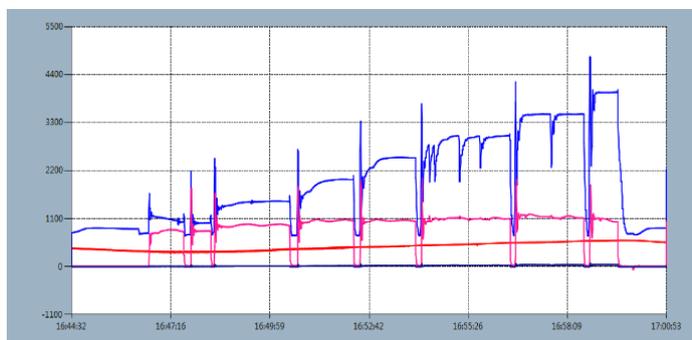
$$\bar{\varepsilon} = \frac{k \cdot \rho \cdot R_u \cdot T \cdot e^{-Ea/(R_u \cdot T)} \cdot A \cdot l}{j}, \quad (14)$$

Dissertatsiyaning **3-bobi** «Benzinli dvigatellarga doimiy miqdorda berilgan vodorod qo‘shimchasi orqali o‘tkazilgan eksperimental sinov natijalari» deb nomlangan. Bu bobda dissertatsiya ishining tajriba-sinov o‘tkazish dasturi, metodikasi, jihozlari, nazorat-o‘lchov asboblari, laboratoriya stendi, tajriba-sinov ishlarining natijalari berilgan.



1-rasm. IYDlarni sinash stendi (FDJ 001 dinamometrik sinov stendi)

Vodorod yonilg‘isi benzin-havo aralashmasiga doimiy miqdorda qo‘shilganda ishchi aralashmaning to‘liq va sifatli yonishini ta‘minlash. Bu orqali dvigatel quvvatni oshirish va yonilg‘i sarfini sezilarli foizga kamaytirishga yordam beradi. Vodorod generatorining ichki yonuv dvigatelga ulashning prinsipial sxemasi 1-rasmda tasvirlangan.



2-rasm. FDJ-001 dinonometrik sinov stendda olingan grafik

Toshkent davlat texnika universiteti laboratoriyasida turli markali benzin va ularga doimiy miqdorda vodorod qo‘shilganda dvigatelning yuklama rejimidagi

ko'rsatkichlarini aniqlash bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borildi hamda tegishli dalolatnomalar tuzildi.

Dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishini aniqlash uslubi. FDJ 001 sinov stendida olingan grafikdan foydalanib dvigatel tirsakli valining yuklama rejimda ω_1 dan ω_2 ga o'tgandagi vaqtni aniqlashimiz mumkin (3-rasm). Natijalarni aniqligini oshirish uchun kompyuter dasturlaridan foydalanilgan.



3-rasm. Dvigatel tirsakli valining yuklama rejimda ω_1 dan ω_2 ga o'tgandagi vaqtni aniqlash.

4-rasmdan foydalanib, tirsakli valning ω_1 dan ω_2 gacha bo'lgan vaqtini Auto CAD dasturi yordamida aniqlaymiz. x va y o'qlarini masshtabga solamiz. X o'qi vaqtning raqamli qiymatini va y o'qi bo'yicha tirsakli valning aylanish chastotasini aniqlaymiz.

Dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishi quydagi formula orqali aniqlanadi:

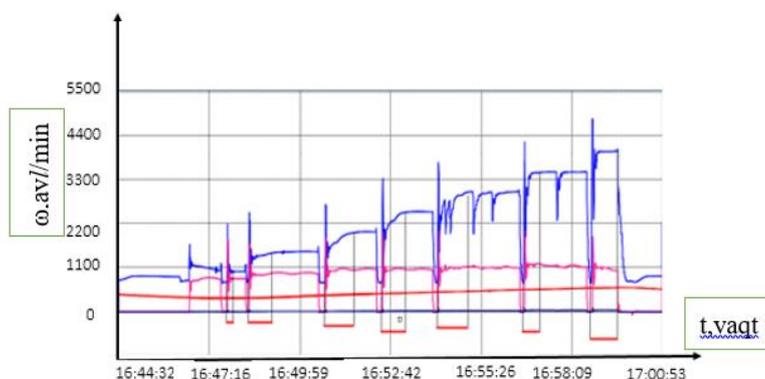
$$\bar{\epsilon} = (\omega_2 - \omega_1) / t, \quad (15)$$

bunda:

ω_1 – tirsakli valning dastlabki burchak tezligi;

ω_2 – tirsakli valning belgilangan burchak tezligi;

t – vaqt, tirsakli valning dastlabki va yakuniy (belgilangan) burchak tezligi orasidagi vaqt.



4-rasm. Tirsakli val burchak tezligining ω_1 dan ω_2 erishishi uchun sariflangan vaqt qiymatini Auto CAD dasturida aniqlash.

Dvigatel tirsakli valining yuklama sharoitida ω_1 dan ω_2 qiymatga erishishidagi burchak tezlanishi benzin va unga vodorod qo‘shilgandagi qiymatlari hisoblab chiqilgan. Bunda tirsakli valning aylanishlar soni ayl/min dagi natijalar olingan bo‘lib, uni rad/sek ga o‘tkazib olamiz va 15-formuladan foydalanib tirsakli valning burchak tezlanishi aniqlandi (1-jadval).

1-jadval.

Benzin va unga vodorod qo‘shilganda dvigatel tirsakli valning burchak tezlanishi

№	n	ω_1 , ayl/min	ω_2 , ayl/min	$\bar{\epsilon}$ -tirsakli valning burchak tezlanish (rad/sek ²)		$\bar{\epsilon}$ -tirsakli valning burchak tezlanishi (rad/sek ²)	
				AI-80 benzin	AI-80 benzina vodorod qo‘shilganda	AI-92 benzin	AI-92 benzina vodorod qo‘shilganda
1	n ₁	800	1000	2,093333	2,136054	3,37381	3,697778
2	n ₂	800	1500	2,442222	2,930667	3,961836	4,665152
3	n ₃	800	2000	3,270833	3,806061	4,993651	5,325926
4	n ₄	800	2500	3,706944	4,954074	5,954074	6,43939
5	n ₅	800	3000	4,69932	5,61626	6,599291	7,217037
6	n ₆	800	3500	5,434615	6,637838	7,12766	7,965
7	n ₇	800	4000	5,537229	8,169106	7,442963	7,612121

Biz dvigatel tirsakli valning burchak tezlanishini hisoblashda avtomobillarning shahar sharoitidagi asosiy harakatlanishidagi tirsakli valning aylanishlar soniga nisbatan hisoblab chiqilgan.

Dissertatsiyaning **4-bobi «Eksperiment natijalarini statistik qayta ishlash usullari va tahlili»** deb nomlangan. Bu bobda tajriba-sinov natijalarining statistik qayta ishlash qanday usullarda amalga oshirilganligi, olingan natijalarining grafik usulda solishtirish hamda texnik-iqtisodiy samaradorligi keltirilgan.

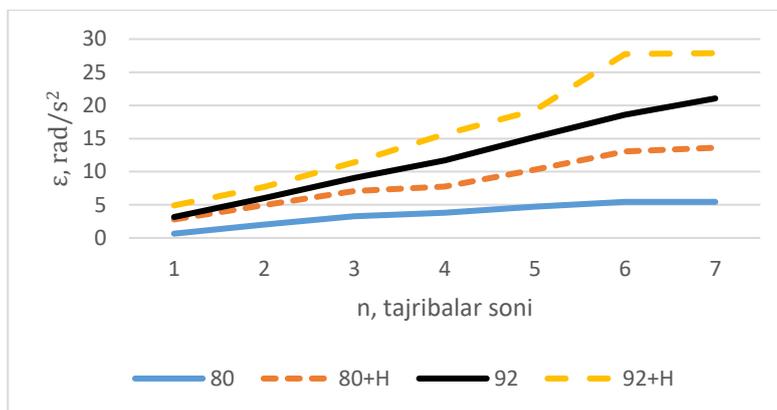
Tadqiqot natijalariga standart og‘ish, korrelyatsion bog‘lanish, regression tenglama, matematik tahlil, matematik statistika, matematik modellashtirish usullaridan hamda ishlab chiqilgan tenglamaning adekvatligini baholash uchun Student-Fisher mezonidan foydalanilgan holda olib borildi.

Tajriba-sinov ishlarida olingan natijalar asosida vodorodni dvigatelning dinamik ko‘rsatkichlari orasidagi o‘zaro bog‘liqlikni matematik ifodalari ishlab chiqilgan.

Dvigatel tirsakli valning burchak tezlanishini dvigatel dinamikasiga bog‘liqligining regression tenglamasi:

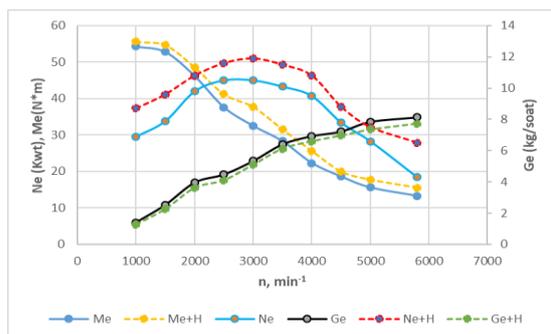
$$\bar{\epsilon} = 1,94x + 7,7 \quad (16)$$

FDJ 001 induktiv tormozlash qurilmasi yordamida dvigatelning yuklama rejimidagi ko‘rsatkichlar AI-80 va AI-92 benzinda va unga doimiy miqdorda vodorod qo‘shilgandagi olingan natijalar asosida dvigatel tirsakli valning burchak tezlanishi o‘zgarish grafigi 5-rasmda tasvirlangan.

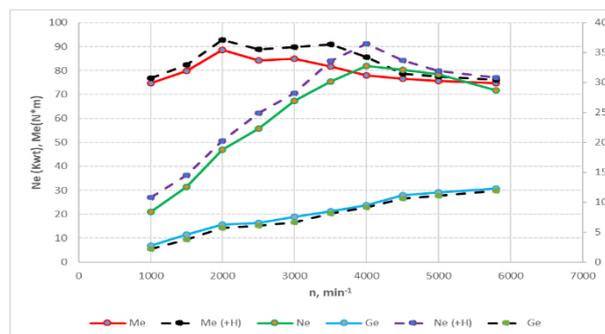


5-rasm. Dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishining o'zgarish grafigi. (n_1 - 800-1000; n_2 - 800-1500; n_3 - 800-2000; n_4 - 800-2500; n_5 - 800-3000; n_6 - 800-3500; n_7 - 800-4000;).

Sinov ishlarida dvigatel parametrlarini o'zgartirmagan holda vodorodning miqdorini bosqichma-bosqich o'zgartirib eng maqbul miqdori aniqlandi. Dvigatelga generatoridan foydalangan holda vodorod berishda generator dvigatel elektr ta'minotiga yuklanish bermasligi uchun generator tizimiga kuchlanish rostlagich o'ratildi.



a



b

6-rasm. AI-92 benzin va unga doimiy miqdorda vodorod qo'shilgandagi drossel zaslonkasining turli xolatidagi dvigatelning yuklama rejimi ko'rsatkichlari (a-25%; b-50%;).

Dvigatelning yuklama rejimida benzin-havo aralashmasiga nisbatan benzin-havo-vodorod aralashmasidan foydalanilganda quvvat, burovchi moment, yonilg'i sarfi ko'rsatkichlari yaxshilandi (6-rasmlar). Vodorodning alanganish energiyasi benzin yonilg'isiga nisbatan kichik. Bu grafik asosida benzin yonilg'isiga vodorod qo'shilganda alanganing tarqalish tezligini va bosimning ko'tarilish tezligini ortishi hisobiga dvigatelning quvvati va burovchi moment ortishi ilmiy-tajribaviy asoslangan.

Benzin-vodorod dvigatel yonilg'isining narxi quydagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$C_{100} = S * P \text{ so'm/l} \quad (17)$$

bu yerda:

C_{100} - yonilg'ining 100 km ga sarfi narxi;
 P – 1 litr yonilg'i narxi, so'm/l;

Benzin yonilg'isiga vodorodni qo'shishdagi yillik iqtisodiy samaradorlik 2-jadval berilgan.

Yillik yonilg'i sarfi, so'mda

$$C_{yil} = C_{100} * \frac{S_{yil}}{100}, \text{ so'm}; \quad (18)$$

Bunda: C_{yil} -yillik yonilg'i sarfi; S_{yil} - yillik bosib o'tadigan yo'li.

$$T = C_{yil}^{benzin} - C_{yil}^{vodorod}$$

$$T_q = \frac{J}{T}, \text{ yil}; \quad (19)$$

Bunda: J - jihozlash harajatlari; T - yillik yonilg'i tejamkorlik;

2-jadval.

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

№	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	1,5 litirli L2C markali dvigatel	
			benzin	Benzin+vodorod
1	100 km ga sarflangan yonilg'i narxi	so'm/100 km	79 083	67 350
2	Yillik bosib o'tadigan yo'l	mimg km	31	31
3	Yillik yonilg'i sarfi	mln.so'm	24,515 730	20,778 500
4	Yillik yonilg'i tejamkorligi	mln.so'm	-	3,737 230
5	Jihozlash xarajati	mln. so'm	-	637 000
6	O'zini qoplash vaqti	Yil	-	5,7

UMUMIY XULOSA

Dissertatsiya ishi bo'yicha olib borilgan izlanishlar natijasida quyidagi xulosalarni keltirish mumkin:

1. Ilmiy tadqiqot ishlarining tahlili shuni ko'rsatdiki, ichki yonuv dvigatellarida alternativ yonilg'ilardan foydalanish an'anaviy yonilg'larni tejalishi va atrof-muhitning yaxshilanishiga olib keladi. Alternativ yonilg'ilar ichida vodorodni elektroliz usulda avtomobilning o'zida ishlab chiqarib foydalanish istiqbollik yo'nalish hisoblanadi.

2. Benzin-havo aralashmasiga vodorodni qo'shimcha berish orqali dvigatel konstruksiyasida keskin o'zgartirishni talab etmaydi. Benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shish texnologiyasini qo'llash orqali dvigatelning ko'rsatkichlari yaxshilanadi. Respublikamizda harakatlanayotgan avtomobillarga vodorod yonilg'isini ishlab chiqaruvchi elektrolizor texnologiyasini qo'llash tabiiy

boyliklarni tejash, ekologiyani yaxshilash hamda kam yonilg'i sarflab dvigateldan yuqori quvvat olish imkoniyatlari yaratilishi asoslandi.

3. Vodorod gazining ishlab chiqarishning xususiy holatdagi eng yuqori qiymati, ya'ni ichki yonuv dvigateli elektr ta'minotiga ortiqcha yuklanish bermagan holatdagi qiymati aniqlandi. Bunda dvigatel konstruksiyasi va ish faoliyatiga deyarli o'zgartirish kiritilmadi. Benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shish orqali ishchi aralashmada alanganing normal tarqalish tezligi oshishi hisobiga dvigatelning ish samaradorligi yaxshilanishi ta'minlandi. Alanganing normal tarqalish tezligi oshishi hisobiga zararli gazlar miqdori kamaydi.

4. FDJ 001 induktiv tormozlash sinov dastgohida olib borilgan tajribalar asosida turli markali benzin va ularga vodorod qo'shilgandagi dvigatel tirsakli valining burchak tezlanish aniqlash metodikasi takomillashtirildi. Tajriba-sinov ishlarida olingan natijalarga statistik ishlov berilib, ular o'zaro taqqoslash orqali benzin-havo aralashmasiga vodorod qo'shilganda dvigatel tirsakli valining burchak tezlanishi 6-8% ga erishildi.

5. Tajriba-sinov ishlarida olingan natijalar asosida benzin-havo-vodorod aralashmasida dvigatel quvvat o'zgarishining vodorod miqdoriga bog'liqligining matematik modelini ishlab chiqildi.

6. Turli markali benzin va ularga vodorod gazi qo'shish orqali o'tkazilgan tajriba sinovlari natijalariga ko'ra dvigatelning o'rtacha soatlik yonilg'i sarfi 5-6% ga yaxshilanishi hisobiga kutilayotgan yillik iqtisodiy samara har bir avtomobil uchun 3.7 mln. so'mni tashkil etadi.

7. Turli markali benzin va ularga vodorod gazi qo'shish orqali o'tkazilgan tajriba sinovlari natijalariga ko'ra dvigatelning dinamik ko'rsatkichlari 7-8 %ga ortishiga erishildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2020.Т.124.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
АНДИЖАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ
АНДИЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

ДАДАБОЕВ РАВШАНБЕК МАХАМАДАЛИ УГЛИ

**УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ДОБАВЛЕНИЯ ВОДОРОДА В
БЕНЗИНОВОЗДУШНУЮ СМЕСЬ**

05.08.06 – Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ
НАУКАМ**

Андижан – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2024.2.PhD/Г4745

Диссертация выполнена в Андижанском государственном техническом институте. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.astiedu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Кадиров Сарвар Мукадирович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Косимов Каримжон
доктор технических наук, профессор

Иноятходжасв Жамшид Шухратуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

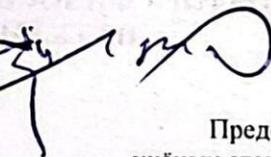
Джизакский политехнический институт

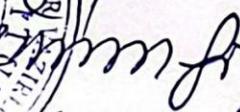
Защита диссертации состоится « 05 » 09 2025 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.Т.124.1 при Андижанский государственный технический институт по адресу: 170119, г. Андижан, просп. Бобура, 39. Тел: (99874) 223-47-18; факс: (99874) 223-43-67; e-mail: info@astiedu.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Андижанский государственный технический института (зарегистрировано за № 1 Адрес 170119, г. Андижан, просп. Бобура, 56. Тел: (99891) 612-30-06; факс: (99874) 223-43-67; e-mail: asti-arm@umail.uz

Автореферат диссертации разослан « 20 » 08 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 1 от « 20 » 08 2025 года).




У.М.Турдиалиев
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор


Ш.Х.Йулдашев
Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, кандидат технических наук, доцент.


К.К.Юлдашев
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, доктор технических наук.

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется расширению использования альтернативных источников энергии на автотранспортных средствах, экономии традиционного топлива и сохранению экологического баланса. В настоящее время по всему миру набирает популярность производство гибридных автомобилей, электромобилей, а также автомобилей, работающих на водородном топливе. Мировая статистика показывает, что в 2024 году в мире насчитывается в общей сложности 1,5 миллиарда автомобилей: из них 45 миллионов - электромобили. 18-20% автомобилей, произведенных в 2024 году, составляют электромобили и гибридные автомобили⁶. Отсюда очевидно, что основная часть автомобилей, используемых в мире, до сих пор оснащена двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Основной целью совершенствования современных двигателей внутреннего сгорания является снижение расхода топлива, повышение динамических характеристик двигателя и уменьшение выбросов отработавших газов до уровня, соответствующего экологическим требованиям. Эти аспекты особенно важны для бензиновых двигателей, эффективность которых зависит от скорости и полноты процесса сгорания, а также от физико-химических свойств топлива. С этой точки зрения, улучшение динамических характеристик и топливной экономичности двигателя путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь имеет важное значение.

В мире ведутся научные исследования, направленные на использование водородного топлива в двигателях внутреннего сгорания, оптимизацию технологий производства и подачи водорода в цилиндр, изучение влияния водорода на процесс сгорания при его использовании в качестве добавки к бензиново-воздушной смеси, а также совершенствование управления количеством водорода в зависимости от режима работы двигателя. В этом направлении проводятся исследования, в частности, по производству водорода и его подаче в двигатель при использовании в качестве добавки к бензиновоздушной смеси, а также теоретическому и практическому определению влияния водорода на низшую теплоту сгорания рабочей смеси, скорость распространения пламени, скорость повышения давления и другие характеристики. В то же время, добавление водорода в бензино-воздушную смесь является актуальной задачей для улучшения экологических показателей, топливной эффективности и динамики двигателей в условиях нагрузки. Это достигается за счет полного сгорания топлива и сокращения времени, затрачиваемого на этот процесс в течение рабочего цикла двигателя, что приводит к меньшим потерям выработанной энергии и обеспечивает устойчивое горение.

В нашей республике осуществляются широкомасштабные меры по активизации научно-исследовательских работ в области использования

⁶ <https://www.acea.auto>

возобновляемых источников энергии и водородной энергетики на автотранспортных средствах, их внедрению в различные сферы экономики, а также обеспечению поэтапного перехода Узбекистана к “зеленой экономике”. Постановлением Президента Республики Узбекистан от 9 апреля 2021 года No ПП-5063 "О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан" определены задачи по созданию технологий получения, хранения и транспортировки водорода в области технологий водородной энергетики, разработанные Министерством инновационного развития 25 мая 2022 года. При выполнении этих задач, в частности, при создании видов катализаторов из местного сырья, используемых в процессе электролитического разложения воды и извлечения водорода, при разработке опытного образца транспортного средства, движущегося на водородном газе с использованием аммиака и водородных топливных элементов, важно определить влияние водорода на динамические и экологические показатели двигателя.

Данная диссертационная работа в определенной степени служит реализации задач, установленных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-4422 от 22 августа 2019 года "О неотложных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии,"⁷ "ПП-4779 от 10 июля 2020 года "О повышении энергоэффективности экономики и снижении зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции,"⁸ Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан ПКМ-166 от 29 марта 2024 года "О мерах по снижению негативного воздействия транспортных средств на атмосферный воздух,"⁹ а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II “Энергия и энергосбережение ресурсов”.

Степень изученности проблемы. Отечественными и зарубежными учеными проведен ряд научно-исследовательских работ по использованию альтернативных видов топлива в двигателях внутреннего сгорания или в качестве добавки к основному топливу.

В частности, С.М. Кадыровым, А.А. Муталибовым, Б.И. Базаровым, Ш.Ж. Имомовым, Ж.Ф. Исмаатовым, С.А. Калауловым, А.Х. Васидовым, Ш.А. Сувонкуловым, О.З. Одиловым, И.А. Мищенко, В.В. Румянцевым, Ю.В. Галишевым, В.В. Смоленским, Р.З. Кавтарадзе, А.С. Зубакиным, А.Д. Дерячевым, Чжан Ситяном и рядом других ученых было изучено влияние использования водорода и альтернативных видов топлива в качестве

⁷ <https://lex.uz/docs/-4486125>

⁸ <https://lex.uz/docs/-4890081>

⁹ <https://lex.uz/uz/docs/6858809>

основного и дополнительного топлива в двигателях внутреннего сгорания на экологические показатели и топливную экономичность двигателя. Исследования проводились на основе различных методов, и по их результатам были разработаны соответствующие предложения.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного и научно-исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научных работ Андижанского государственного технического института (Андижанского машиностроительного института).

Целью исследования. Улучшение динамических и топливно-экономических показателей двигателя путем добавления водорода в бензиновый двигатель легкового автомобиля.

Задачи исследования:

усовершенствован метод определения углового ускорения коленчатого вала на основе определения времени достижения заданной угловой скорости за счет анализа графика скоростной характеристики, полученного на динамометрическом стенде;

разработка усовершенствованного графического метода определения углового ускорения коленчатого вала двигателя;

разработка математического выражения зависимости мощности двигателя от содержания водорода в бензино-водородной смеси;

разработка математического выражения зависимости скорости повышения давления в цилиндре и скорости распространения пламени от углового ускорения коленчатого вала;

Разработка математического выражения для увеличения углового ускорения коленчатого вала двигателя и улучшения его динамики за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь.

Объектом исследования является бензиновый двигатель легкового автомобиля ($N_e = 106$ л.с., 77 кВт, $V_h = 1,5$ л).

Предметом исследования являются динамические характеристики и показатели расхода топлива двигателя легкового автомобиля, работающего на смеси бензина, воздуха и водорода.

Методы исследования. Исследования проводились с использованием методов планирования и проведения экспериментов, математического анализа, математической статистики, математического моделирования, корреляционного и регрессионного анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствован метод определения углового ускорения коленчатого вала двигателя путем обработки графиков, полученных на динамометрическом стенде при испытании двигателей марки FDJ 001, с использованием компьютерной графики;

разработано математическое выражение, отражающее зависимость изменения мощности двигателя от количества водорода, за счет улучшения

процесса сгорания в цилиндре путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь;

разработано математическое выражение, отражающее зависимость между повышением давления в цилиндре, скоростью распространения пламени и угловым ускорением коленчатого вала двигателя за счет добавления водорода в бензино-воздушную смесь;

разработано математическое выражение, отражающее улучшение динамики двигателя за счет увеличения углового ускорения коленчатого вала двигателя при добавлении водорода в бензино-воздушную смесь.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Усовершенствована система генерации водорода, необходимая для достижения высоких динамических показателей бензинового двигателя объемом 1,5 литра без изменения его рабочих параметров;

Разработана программа проведения лабораторных испытаний двигателя, работающего на смеси бензин-воздух-водород;

Научно-экспериментально обосновано увеличение мощности и крутящего момента двигателя путем добавления постоянного количества водорода в бензино-воздушную смесь;

Научно-экспериментально обосновано улучшение динамических показателей и показателей расхода топлива двигателя путем использования водорода в качестве добавки к бензиновому топливу.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается проведением экспериментальных исследований на лабораторных базах ООО Андижон "Автотеххизмат" и Ташкентского государственного технического университета с использованием современных методов и измерительных приборов, а также соответствием результатов теоретических и практических исследований, внедрением полученных результатов в практику, широким обсуждением проблемы на различных научных конференциях, публикацией результатов исследований в рецензируемых научных журналах Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Научно-практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что под динамикой двигателя обычно понимаются силы, действующие на поршень и коленчатый вал двигателя, однако в данном случае были изучены теоретические основы закономерностей образования и изменения этих сил. Важное значение имеет то, что разработана и внедрена в практику усовершенствованная методика расчета углового ускорения коленчатого вала бензинового двигателя, скорости повышения давления в цилиндре, скорости распространения пламени и их взаимосвязи при добавлении постоянного количества водорода в бензино-воздушную смесь в бензиновом двигателе легкового автомобиля. Кроме того, усовершенствована система получения

максимального количества водорода без перегрузки системы электроснабжения двигателя.

Практическая значимость результатов исследования заключается в усовершенствовании системы добавления постоянного количества водорода в основное топливо бензиновых двигателей. Повышение нагрузки на систему зажигания двигателя ухудшает экологические показатели, мощность и расход топлива. Максимальное количество получаемого водорода без перегрузки системы электроснабжения двигателя было определено в ходе опытно-экспериментальных работ.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по улучшению динамических показателей и топливной эффективности двигателя путем добавления постоянного количества водорода в бензиновый двигатель легкового автомобиля проведены следующие мероприятия;

Получены акты о результатах опытно-экспериментальных работ и их внедрении, проведенных в ООО "Автотеххизмат" в Андижана, по постоянному добавлению водорода в качестве присадки к бензиновому топливу в двигателях легковых автомобилей с целью повышения мощности двигателя, топливной экономичности и динамических показателей (Акт ООО "Автотеххизмат" г. Андижан от 24.10.2024 г.).

В результате постоянного добавления водорода в фиксированном количестве в качестве присадки к бензину в двигателях легковых автомобилей улучшена топливная эффективность двигателя на 5-6%.

Акты о результатах опытно-экспериментальных работ и их внедрении получены от Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (акты ТГТУ от 02.11.2024 года). В результате постоянного добавления определенного количества водорода в качестве добавки к бензину в двигатели легковых автомобилей удалось достичь увеличения динамических показателей двигателя на 7-8%.

Ожидаемый годовой экономический эффект от диссертационной работы составляет 3,7 млн. сумов на каждый автомобиль (справка АО "Узавтосаноат" № 17/07-25-2010 от 18 декабря 2024 года).

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации были обсуждены на 7 международных и республиканских научных и научно-технических конференциях, в том числе на 6 международных и 1-ой республиканской научно-практической конференции.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), 4 в республиканских, 3 в зарубежном журнале и 1 монография.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации "**Постановка проблемы и задачи исследования**" проведен анализ альтернативных видов топлива, которые можно использовать в бензиновых двигателях легковых автомобилей, и оценка их энергоэффективности. Среди альтернативных видов топлива изучены преимущества свойств водорода по сравнению с другими видами топлива, а также исследованы динамические характеристики двигателя и показатели топливной эффективности при добавлении водорода в бензиновоздушную смесь в бензиновых двигателях внутреннего сгорания. На основе проведенного анализа определены цели и задачи исследования.

В современной транспортной сфере поиск других источников энергии, кроме нефтяного топлива, является актуальной проблемой. Наиболее эффективным двигателем внутреннего сгорания является экологически чистый и высокие показатели мощности с меньшими расходами топлива.

Энергоэффективность при производстве топлива и его использовании в двигателях внутреннего сгорания оценивается на основе совокупности процессов от преобразования топлива из сырьевой формы до его превращения в механическую работу и определяется по следующей формуле:

$$\sum z = z_1 + z_2 + z_3 + z_4, \quad (1)$$

Где:

z_1 -эффективность процесса поиска и разработки сырья; z_2 - эффективность переработки сырья; z_3 -эффективность распределения топлива среди потребителей; z_4 -эффективность использования топлива в транспортных средствах.

Во второй главе диссертации, "**Теоретические основы влияния добавления постоянного количества водорода в бензино-воздушную смесь на динамические показатели и топливную экономичность двигателя**" освещены влияние добавления постоянного количества водорода в рабочую смесь на процесс горения в цилиндре, теоретические основы влияния на режим работы двигателя, нормальную скорость распространения пламени, мощность и динамические показатели и их оценка.

Продолжительность горения в цилиндре зависит от температуры рабочей смеси, степени сжатия, количества остаточных газов в цилиндре, турбулентного движения смеси, угловой скорости коленчатого вала, расположения и количества свечей зажигания, формы камеры сгорания и состава рабочей смеси.

Динамические показатели двигателя в основном определяются в режимах нагрузки и ускорения двигателя.

В неустановившихся режимах крутящий момент двигателя зависит не только от положения дроссельной заслонки и угловой скорости коленчатого вала, но и от скорости их изменения.

$$A_r = \int_{\tau_b}^{\tau_o} N_e d\tau = \int_{\tau_b}^{\tau_o} M_{tv} \omega d\tau, \quad (2)$$

A_r – работа, совершенная двигателем при ускорении; τ_b , τ_o - начало и конец ускорения, N_e -мощность; M_{tv} –крутящий момент; ω -угловая скорость коленчатого вала.

Для оценки динамических качеств двигателя целесообразно использовать A_r . Показатели ускорения двигателей сравниваются при внесении изменений в двигатель, за одинаковый промежуток времени или на одинаковых двигателях. Сравнительные работы выполняются при одинаковых интервалах $\omega_b - \omega_o$, где $\omega_b - \omega_o$ угловая скорость коленчатого вала двигателя в начале и в конце ускорения.

Динамические характеристики двигателей это изменение мощности, крутящего момента и угловых ускорений коленчатого вала в единицу времени при различных режимах работы двигателя. Эти показатели имеют важное значение для оценки эффективности двигателя, качества его работы и производительности при нагрузке.

Скорость повышения давления (Па/с) означает скорость изменения давления по времени в процессе горения.

Проанализируем влияние скорости повышения давления на динамику двигателя на основе приведенных формул, связанных с физико-химическими процессами.

Скорость повышения давления в процессе горения возникает в результате расширения газовой смеси в цилиндре и выделения тепла.

$$\frac{dP}{dt} = \gamma * \frac{dQ}{dt}, \quad (3)$$

Где:

$\frac{dP}{dt}$ — скорость повышения давления;

γ — адиабатический коэффициент газов;

$\frac{dQ}{dt}$ — изменение теплоты в процессе горения.

Скорость распространения пламени характеризует скорость распространения фронта горения по всему объему цилиндра при сгорании топливно-воздушной смеси. Эта скорость выражается следующей формулой:

$$U_h = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda \cdot R \cdot T}{C_p}}, \quad (4)$$

Где:

U_h — Скорость распространения пламени;

λ — теплопроводность;

R — универсальная газовая постоянная;

T — температура в процессе горения;

C_p — теплоёмкость.

Основная формула зависимости между скоростью повышения давления и скоростью распространения пламени выражается следующим образом:

$$\frac{dp}{dt} = C \cdot \rho \cdot U_h \cdot T, \quad (5)$$

Где:

C — эмпирический коэффициент (значение, характерное для процесса горения), ρ — плотность рабочей смеси.

При высокой скорости повышения давления увеличивается и скорость распространения пламени, поскольку высокая температура и реактивность ускоряют химическую реакцию. Данная зависимость играет важную роль в повышении эффективности сгорания топлива в двигателе.

При математическом выражении зависимости изменения скорости повышения давления ($\frac{dp}{dt}$) и скорости распространения пламени (U_h) от углового ускорения коленчатого вала ($\bar{\varepsilon}$) совместно учитываются динамика процесса горения и механика двигателя.

Угловое ускорение коленчатого вала:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\omega}{dt}, \quad (6)$$

Где:

ω — угловая скорость коленчатого вала.

Зависимость скорости повышения давления от углового ускорения коленчатого вала определяется на основе следующего выражения:

$$\frac{dp}{dt} = k \cdot \rho \cdot R_u \cdot T \cdot \varpi(\bar{\varepsilon}), \quad (7)$$

Где:

k — эмпирический коэффициент;

$\varpi(\bar{\varepsilon})$ — скорость реакции в зависимости от угла поворота коленчатого вала.

Зависимость скорости распространения пламени от угла поворота коленчатого вала:

$$U_h(\bar{\varepsilon}) = \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p} \cdot \varpi(\varepsilon \bar{\varepsilon})}, \quad (8)$$

При увеличении зоны сгорания коленчатый вал увеличивает угловую скорость и скорость распространения пламени. Поэтому при высоком угловом ускорении ($\bar{\varepsilon}$) скорость распространения пламени увеличивается.

Зависимость между скоростью повышения давления, скоростью распространения пламени и угловым ускорением коленчатого вала обобщается следующим образом:

$$\frac{dp}{dt} = C_1 \cdot \rho \cdot R_u \cdot T(\bar{\varepsilon}) \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\bar{\varepsilon}))}, \quad (9)$$

$$U_h(\alpha \bar{\varepsilon}) = C_2 \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p}} \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\bar{\varepsilon}))}, \quad (10)$$

Общая зависимость, дв основных уравнений, выражается следующим образом:

$$\frac{dp}{dt} = A \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\bar{\varepsilon}))} \cdot \bar{\varepsilon}, \quad (11)$$

$$U_h(\varepsilon) = B \cdot e^{-Ea/(R \cdot T(\bar{\varepsilon}))} \cdot \sqrt{\bar{\varepsilon}}, \quad (12)$$

Где:

Константы А и В зависят от параметров двигателя.

Для математического выражения параметров, влияющих на угловое ускорение коленчатого вала, необходимо определить взаимосвязь между динамикой процесса сгорания и кинематикой двигателя. Разработаем следующее математическое соотношение:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{M_{yon}}{J}, \quad (13)$$

Где:

M_{yon} - крутящий момент, образующийся в процессе горения;

J - момент инерции вращения коленчатого вала и его элементов.

Зависимость скорости повышения давления, возникающего в результате процесса горения в цилиндре, и скорости распространения пламени от углового ускорения коленчатого вала двигателя определяется следующим выражением:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{k \cdot \rho \cdot R_u \cdot T \cdot e^{-Ea/(R_u \cdot T)} \cdot A \cdot l}{j}, \quad (14)$$

Третья глава диссертации озаглавлена “**Результаты экспериментальных испытаний, проведенных с добавлением постоянного количества водорода в бензиновые двигатели**”. В данной главе представлены программа и методика проведения опытно-экспериментальных работ диссертационного исследования, используемое оборудование, контрольно-измерительные

приборы, лабораторный стенд, а также результаты проведенных экспериментов.



рис. 1. Стенд для испытания ДВС (FDJ 001 динамометрический испытательный стенд)

Обеспечение полного и качественного сгорания рабочей смеси при постоянном добавлении водородного топлива в бензино-воздушную смесь в определенном количестве. Это поможет увеличить мощность двигателя и значительно снизить расход топлива. Принципиальная схема подключения водородного генератора к двигателю внутреннего сгорания показана на рисунке 1.

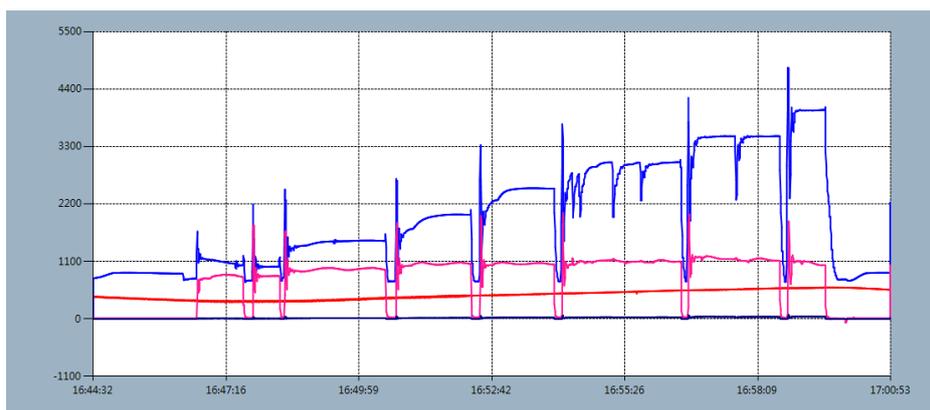


Рис. 2. График, полученный на динамометрическом испытательном стенде FDJ-001

В лаборатории Ташкентского государственного технического университета были проведены научно-исследовательские работы по определению показателей двигателя в нагрузочном режиме при использовании различных марок бензина с добавлением к ним постоянного

количества водорода. По результатам исследований были составлены соответствующие акты.

Методика определения углового ускорения коленчатого вала двигателя. Используя график, полученный на испытательном стенде FDJ 001, можно определить время перехода коленчатого вала двигателя от ω_1 к ω_2 в режиме нагрузки (рис.3). Для повышения точности результатов были использованы компьютерные программы.

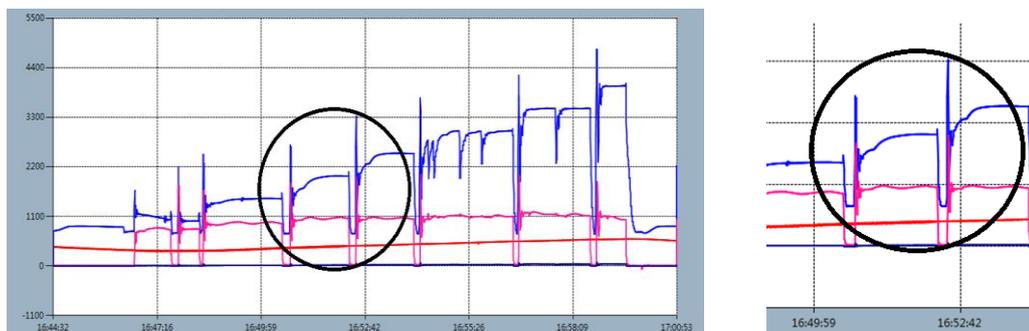


Рис. 3. Определение времени перехода коленчатого вала двигателя от ω_1 к ω_2 в нагруженном режиме.

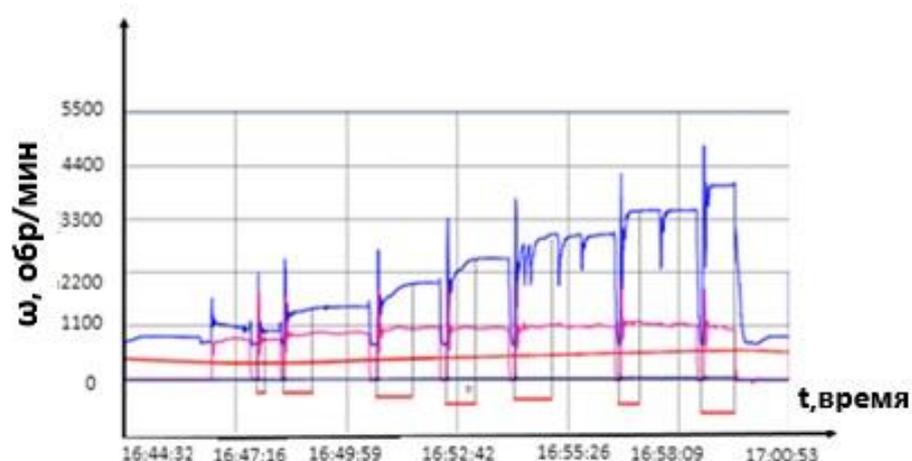


Рис. 4. Определение в программе Auto CAD значения времени, необходимого для изменения угловой скорости коленчатого вала от ω_1 до ω_2 .

Используя рис. 4, определим время перехода коленчатого вала от ω_1 до ω_2 с помощью программы Auto CAD. Масштабируем оси x и y . По оси x определим числовое значение времени, по оси y - частоту вращения коленчатого вала.

Угловое ускорение коленчатого вала двигателя определяется по следующей формуле:

$$\bar{\varepsilon} = (\omega_2 - \omega_1) / t, \quad (15)$$

Где:

ω_1 – начальная угловая скорость коленчатого вала

ω_2 – заданная угловая скорость коленчатого вала

t – время, между начальной и конечной угловыми скоростями коленчатого вала.

Рассчитаны значения углового ускорения коленчатого вала двигателя при достижении им величины от ω_1 до ω_2 в условиях нагрузки для случаев использования бензина и смеси бензина с водородом. Получены результаты в числе оборотов коленчатого вала в об/мин, мы переводим это на рад/с и определяем угловое ускорение коленчатого вала, используя формулу 15.

Таблице 1.1.

Угловое ускорение коленчатого вала двигателя при бензине и добавленного водорода

№	n	ω_1 , об/мин	ω_2 , об/мин	$\bar{\varepsilon}$ - угловое ускорение коленчатого вала (рад/сек ²)		$\bar{\varepsilon}$ - угловое ускорение коленчатого вала (рад/сек ²)	
				Бензин АИ-80	при добавлении водорода к бензину АИ- 80	Бензин АИ-92	при добавлении водорода к бензину АИ- 92
1	n ₁	800	1000	2,093333	2,136054	3,37381	3,697778
2	n ₂	800	1500	2,442222	2,930667	3,961836	4,665152
3	n ₃	800	2000	3,270833	3,806061	4,993651	5,325926
4	n ₄	800	2500	3,706944	4,954074	5,954074	6,43939
5	n ₅	800	3000	4,69932	5,61626	6,599291	7,217037
6	n ₆	800	3500	5,434615	6,637838	7,12766	7,965
7	n ₇	800	4000	5,537229	8,169106	7,442963	7,612121

Мы рассчитали угловое ускорение коленчатого вала двигателя относительно числа оборотов коленчатого вала при основном движении автомобилей в условиях города. Расчетные значения приведены в таблице 1.

Четвертая глава диссертации "**Методы и анализ статистической обработки результатов эксперимента**". В этой главе описаны методы статистической обработки результатов экспериментальных испытаний, приведено графическое сравнение полученных результатов, а также представлена технико-экономическая эффективность.

Результаты исследования получены с использованием методов стандартного отклонения, корреляционной зависимости, регрессионного уравнения, математического анализа, математической статистики,

математического моделирования, а также критерия Стюдента-Фишера для оценки адекватности полученного уравнения.

На основе полученных результатов экспериментальной работы выработаны математические выражения взаимосвязи между динамическими показателями водорода и двигателя.

Математическую модел зависимости углового ускорения коленчатого вала двигателя от динамики двигателя;

$$\bar{\varepsilon} = 1,94x + 7,7 \quad (16)$$

Изменение углового ускорения коленчатого вала двигателя, определенное с помощью индуктивного тормозного устройства FDJ 001 полученных при нагрузочном режиме двигателя на бензине АИ-80 и АИ-92 и с добавлением к нему постоянного количества водорода, представлено на рис. 5.

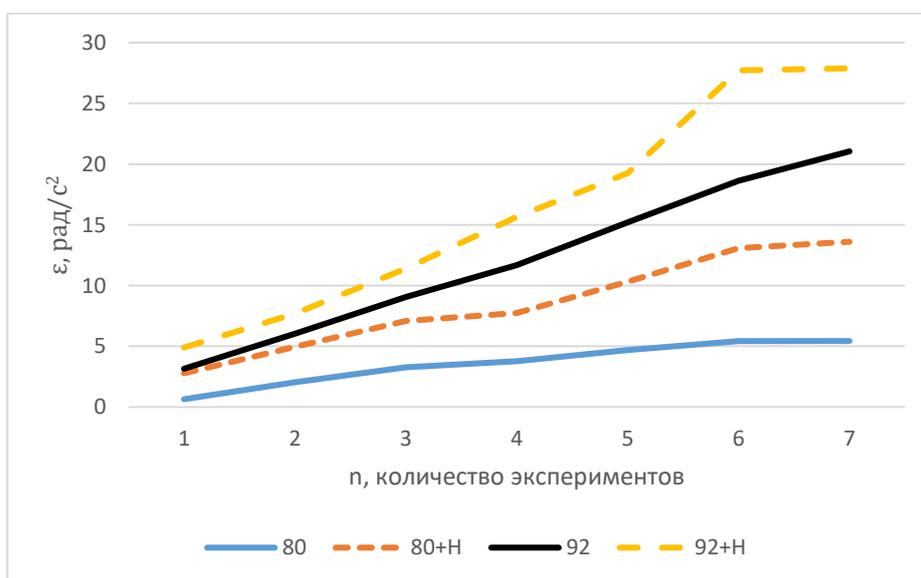


Рис. 5. График изменения углового ускорения коленчатого вала двигателя (n_1 - 800-1000; n_2 - 800-1500; n_3 - 800-2000; n_4 - 800-2500; n_5 - 800-3000; n_6 - 800-3500; n_7 - 800-4000;).

В период испытаний определены оптимальное количество водорода путем поэтапного изменения эго количества без изменения параметров двигателя. При подаче водорода в двигатель с использованием генератора был установлен регулятор напряжения, чтобы генератор не перегружал электропитание двигателя.

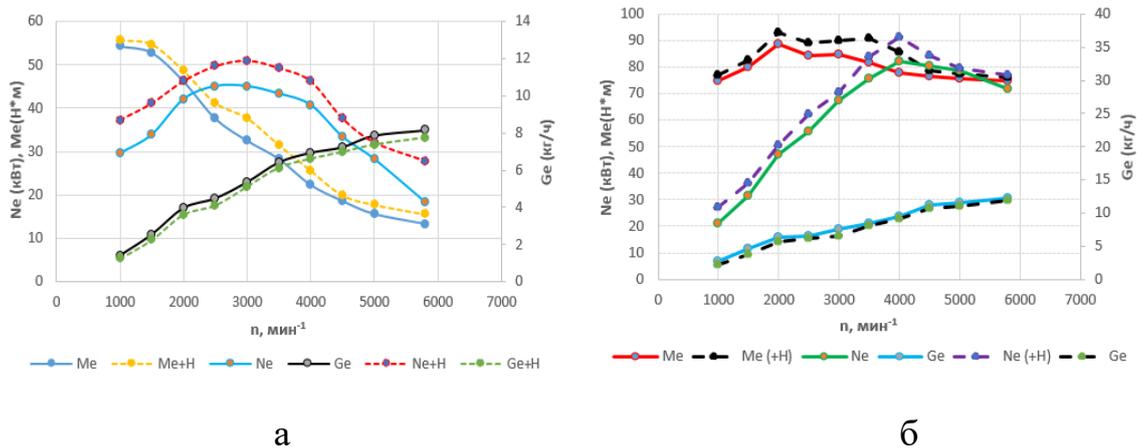


Рис. 6. Показатели режима нагрузки двигателя при различных положениях дроссельной заслонки для бензина АИ-92 с добавлением постоянного количества водорода (а-25%; б-50%; с-75%; д-100%).

При использовании бензино-воздушно-водородной смеси в режиме нагрузки двигателя по сравнению с бензино-воздушной смесью увеличиваются показатели мощности, крутящего момента и расхода топлива (рис. 6). Энергия воспламенения водорода меньше, чем у бензинового топлива. Кривы рис.6 подтверждают научно-экспериментальную обоснованность увеличения мощности двигателя и крутящего момента за счет повышения скорости распространения пламени и скорости нарастания давления при добавлении водорода к бензиновому топливу.

Стоимость топлива бензино-водородного двигателя рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{100} = S \cdot P \tag{17}$$

Где: C_{100} - Стоимость топлива на 100 км пробега; сум/100 км. P – Цена за 1 литр топлива, сум/л;

Годовая экономическая эффективность добавления водорода в бензиновое топливо представлена в таблице 2.

Годовой расход топлива, сум.

$$C_{\text{год}} = C_{100} \cdot \frac{S_{\text{год}}}{100} , \tag{18}$$

Где: $S_{\text{год}}$ - годовой пробег.

$$T = C_{\text{год}}^{\text{бензин}} - C_{\text{год}}^{\text{водород}}$$

T -годовая экономия топлива, J -расходы на оборудование

$$T_0 = \frac{J}{T} , \text{ год;} \tag{19}$$

Таблице 2.

Энергоэффективность использования смешанного топлива путем добавления водорода в бензино-воздушную смесь

№	Показатели	Единица измерения	Двигатель L2C объёмом 1,5 литра	
			Бензин	Бензин +водород
1	Стоимость топлива на 100 км пробега	сум/100 км	79 083	67 350
2	Годовой пробег	тыс.км	31	31
3	Годовой расход топлива	млн.сум	24,515 730	20,778 500
4	Годовая экономия топлива	млн.сум	-	3,737 230
5	Расходы на оборудование	млн.сум	-	737 000
6	Срок окупаемости	год	-	5,7

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

По результатам исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, можно сделать следующие выводы:

1. Анализ научно-исследовательских работ показал, что использование альтернативных видов топлива в двигателях внутреннего сгорания приводит к экономии традиционного топлива и улучшению состояния окружающей среды. Среди альтернативных видов топлива перспективным направлением считается производство и использование водорода методом электролиза непосредственно в самом автомобиле.

2. Добавление водорода в бензино-воздушную смесь не требует кардинальных изменений в конструкции двигателя. Применение технологии добавления водорода в бензино-воздушную смесь способствует улучшению рабочих показателей двигателя. Обосновано, что применение электролизерной технологии производства водородного топлива для автомобилей, движущихся в нашей республике, создает возможности для экономии природных ресурсов, улучшения экологической обстановки и получения высокой мощности двигателя при низком расходе топлива.

3. Определено максимальное значение производства водородного газа в частном случае, то есть в ситуации, когда двигатель внутреннего сгорания не создает чрезмерной нагрузки на электроснабжение. При этом конструкция двигателя и его рабочие характеристики практически не подверглись изменениям. Добавление водорода в бензино-воздушную смесь обеспечило повышение эффективности работы двигателя за счет увеличения нормальной скорости распространения пламени в рабочей смеси. Благодаря

увеличению нормальной скорости распространения пламени количество вредных газов уменьшилось.

4. На основе экспериментов, проведенных на испытательном стенде индуктивного торможения FDJ 001, была усовершенствована методика определения углового ускорения коленчатого вала двигателя при использовании различных марок бензина и добавлении к ним водорода. Результаты, полученные в ходе экспериментальных испытаний, были статистически обработаны и сравнены между собой, что показало: при добавлении водорода в бензиновоздушную смесь угловое ускорение коленчатого вала двигателя увеличилось на 6-8%.

5. На основе результатов, полученных в ходе опытно-экспериментальных работ, разработана математическая модель зависимости изменения мощности двигателя от количества водорода в смеси бензин-воздух-водород.

6. По результатам экспериментальных испытаний, проведенных с добавлением водородного газа к бензину различных марок, ожидаемый годовой экономический эффект составляет 3,7 млн. сумов в год на каждый автомобиль за счет улучшения среднечасового расхода топлива двигателя на 5-6%.

7. По результатам экспериментальных испытаний, проведенных с использованием различных марок бензина и добавлением к ним газообразного водорода, удалось достичь увеличения динамических показателей двигателя на 7-8%.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2020.T.124.01
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT THE
ANDIJAN STATE TECHNICAL INSTITUTE**

ANDIJAN STATE TECHNICAL INSTITUT

DADABOYEV RAVSHANBEK MAXMADALI OGLI

**IMPROVING ENGINE DYNAMIC PERFORMANCE BY ADDING HYDROGEN
TO THE GASOLINE-AIR MIXTURE**

05.08.06 – Wheeled and tracked vehicles and their operation

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

Andijan - 2025

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T-4745.

The doctoral dissertation is made in the Andijan state technical institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website (www.astedu.uz) and on the Information of the Educational Portal "ZiyoNet" (www.ziyo.net).

Scientific supervisor:

Kadirov Sarvar Mukadirovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Kosimov Karimjon
doctor of technical sciences, professor

Inoyatkhodjaev Jamshid Shukhratullaevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Jizzakh polytechnic institute

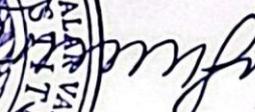
The defense will take place "05" 09 2025 at 10⁰⁰ at the meeting of scientific council PhD.03/30.09.2020.T.124.01 at Andijan state technical institute located at 39, Boburshox street, Andijan, 170119. Tel: (99874) 223-47-18; fax: (99874) 223-43-67; e-mail: info@astiedu.uz.

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Andijan state technical institute (registration number 1). (Address: 170119, st. Boburshox 56, Andijan Tel: (99891) 612-30-06; fax: (99874) 223-43-67); e-mail: asti-arm@umail.uz.

Abstract of dissertation sent out on "20" 08 2025.
(mailing report № 1 on "20" 08 2025).




U.M. Turdialiyev
Chairman of scientific council for awarding
degree, doctor of technical sciences


Sh.X. Yo'ldashev
Scientific secretary of scientific council for
awarding degree, doctor of philosophical technical sciences


K.K. Yuldashev
Chairman of scientific council seminar at the
Scientific Council for the awarding
academic degrees, doctor of technical sciences

Introduction (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study. Enhancing engine performance and fuel efficiency by introducing of hydrogen into the gasoline engine of a passenger vehicle.

Research objectives.

Analysis of scientific research on the use of hydrogen fuel in gasoline engines;
Development of an improved graphical method for determining the angular acceleration of an engine crankshaft;

Development of a mathematical expression for the relationship between engine power and hydrogen content in a gasoline-hydrogen mixture;

Development of a mathematical expression for the relationship between the rate of pressure increase in the cylinder and flame propagation speed, and the angular acceleration of the crankshaft;

Development of a mathematical expression for increasing the angular acceleration of the engine crankshaft and improving its dynamics by adding hydrogen to the gasoline-air mixture

The object of the research. The object of the research is a gasoline engine ($N_e = 106$ h.p, 77 kW, $V_h = 1.5$ l).

Subject of research. The subject of the study is the dynamic characteristics and fuel consumption indicators of a passenger car engine operating on a mixture of gasoline, air, and hydrogen.

Research methods. The research was conducted using methods of experiment planning and implementation, mathematical analysis, mathematical statistics, mathematical modeling, and correlation and regression analysis.

The scientific novelty of the research consists of the following:

The method for determining the angular acceleration of the crankshaft has been improved based on the determination of the time to achieve the specified angular velocity by analyzing the graph of the velocity characteristic obtained on the dynamometer stand;

A developed mathematical expression reflecting the relationship between engine power change and the amount of hydrogen, due to improved combustion process in the cylinder by adding hydrogen to the gasoline-air mixture;

A developed mathematical expression reflecting the relationship between increased cylinder pressure, flame propagation speed, and angular acceleration of the engine crankshaft due to the addition of hydrogen to the gasoline-air mixture;

A developed mathematical expression reflecting the improvement of engine dynamics due to increased angular acceleration of the engine crankshaft when hydrogen is added to the gasoline-air mixture.

The practical outcomes of the research are as follows:

The hydrogen generation system has been improved, which is essential for achieving high dynamic performance of a 1.5-liter gasoline engine without altering its operating parameters;

A program has been developed for conducting laboratory tests on an engine operating with a gasoline-air-hydrogen mixture;

The increase in engine power and torque through the addition of a constant amount of hydrogen to the gasoline-air mixture has been scientifically and experimentally substantiated;

The improvement of dynamic performance indicators and fuel consumption metrics of the engine through the use of hydrogen as an additive to gasoline fuel has been scientifically and experimentally substantiated.

Reliability of the research results. The reliability of the research results is substantiated by conducting experimental studies at the laboratory facilities of "Andijon Avtotexhizmat" LLC and Tashkent State Technical University using modern methods and measuring instruments. This reliability is further supported by the correspondence between theoretical and practical research results, the implementation of the obtained results in practice, extensive discussion of the problem at various scientific conferences, and the publication of research findings in peer-reviewed scientific journals of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

The scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the research results lies in the fact that while engine dynamics is usually understood as the forces acting on the piston and crankshaft of the engine, in this case, the theoretical foundations of the patterns of formation and change of these forces were studied. It is important that an improved methodology has been developed and implemented for calculating the angular acceleration of the crankshaft of a gasoline engine, the rate of pressure increase in the cylinder, the flame propagation speed, and their interrelation when adding a constant amount of hydrogen to the gasoline-air mixture in the gasoline engine of a passenger car. Furthermore, the system for obtaining the maximum amount of hydrogen without overloading the engine's power supply system has been improved.

The practical importance of the research results lies in the improvement of a system for adding a constant amount of hydrogen to the main fuel of gasoline engines. Increasing the load on the engine's ignition system adversely affects its environmental performance, power output, and fuel consumption. The maximum amount of hydrogen that can be generated without overloading the engine's electrical system was determined through experimental work.

Implementation of the research results. Acts on the results of experimental research and their implementation for increasing power, fuel efficiency, and dynamic performance of engines by adding a constant amount of hydrogen as an additive to gasoline fuel in passenger car engines have been received from "Andijan Avtotexhizmat" LLC and Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (certificate of JSC "Uzavtosanoat" No. 17/07-25-2010 dated December 18, 2024). As a result of adding a constant amount of hydrogen as an additive to gasoline fuel for passenger car engines, the fuel efficiency of the engine improved by 5-6%,

and the dynamic performance of the engine increased by 7-8%. Due to this, the annual economic effect amounted to 3.7 million soums per car.

Approbation of the research results. The results of the dissertation research were discussed at 7 international and republican scientific and scientific-technical conferences, including 6 international and 1 republican scientific-practical conference.

Publication of research results. A total of 15 scientific works have been published on the dissertation topic, including 7 articles in scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan for publishing the main scientific results of doctoral dissertations (PhD), 4 in national journals, 3 in a foreign journal, and 1 monograph.

Structure and Volume of the Dissertation. The dissertation comprises an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The dissertation is 120 pages in length.

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

I-bo'lim (I-chast; I-part)

1. Dadaboyev R.M., N.Karimxodjayev. “Avtomobillarning ekologik havfsizligi va vodorod yoqilg'isidan foydalanish istiqbollari” nomli monografiya // “Omadbek print number one” MCHJ. ISBN 978-9943-9343-3-7. Andijon 2022 yil.
2. Дадабоев Р.М., Мирзаабдуллаев Ж.Б Усманов Ж. Влияние добавления водорода в бензин-воздушную смесь на динамические показатели двигателя. // «Издательство «Инновационное машиностроение» Технический журнал «Автоматизация. Современные технологии» Москва.2025/01. DOI: 10.36652/0869-4931-2025-79-1-3-9. (05.00.00; №4).
3. Дадабоев Р.М. Использование водородного топлива в бензиновых двигателях. // Универсум: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 12(93). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12729> (02.00.00 №1)
4. Dadaboyev R.M. Vodorod yoqilg'isidan benzinli dvigatellarda foydalanish. //FarPI ilmiy-texnik jurnali. 2021.maxsus son №1, 12-16 b. (05.00.00. №20)
5. Dadaboyev R.M., Kodirov S.M., Ismatov J.F., Исползование и анализ бензо-водородной смеси для повышения динамических показателей автомобиля чевролет Спарк. // Машинасозлик. 2022. №2 336-343 б. (05.00.00 ОАК Р. 310/14.2, 30.12.2021).
6. Dadaboyev R.M., Kodirov S.M., Ismatov J.F, Karimxodjayev.N, Use and analysis of gasoline-hydrogen mixture to increase dynamic characteristics of chevrolet spark vehicle. // Scientific and Technical journal of NamIE jurnali. Volume 7 Issue 3, 2022. 273-279 b. (05.00.00. №33).
7. Dadaboyev R.M. Ichki yonuv dvigatel yonilg'ilariga vodorod gazi qo'shilishining ishchi aralashma xususiyatlariga ta'siri. // Mashinasozlik. 2024. maxsus son №1,160-166b. (05.00.00 ОАК Р. 310/14.2, 30.12.2021).
8. Dadaboyev R.M., DjalilovJ.X. Benzinli dvigatellarda vodorod asosidagi yonilg'isini uzatish usullarini tahlili. // The scientific vehicles and roads jurnali. 2024 №4, 93-98b. (05.00.00 ОАК Р. 283/7.1, 30.07.2020)

II-bo'lim (II-chast; II-part)

9. Dadaboyev R.M., Karimxodjayev N. “Avtomobillarda vodorod yoqilg'isidan foydalanish istiqbollari” “Ilm-Fan, Ta'lim va ishlab chiqarishning innovasion rivojlantirishdagi zamonoviy muammolar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-maliy konferensiya. Andijon- 2020. 304-309 b.

10. Dadaboyev R.M., Karimxodjayev N. Ichki yonuv dvigatellarida vododrod yoqilg'isidan foydalanish. // Andijon mashinasozlik instituti tashkil topganligining 10 yilligi va o'zbekiston avtomobil sanoati tashkil topganligining 25 yilligi munosabati bilan o'tkazilgan "Ozbekiston va avtomobil sanoati: fan, ta'lim va ishlab chiqarish integratsiyasi" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman 2021. 23-26 b.

11. Dadaboyev R.M., "Benzinli dvigatellarda vodorod-benzin-havo aralashmasidan foydalanish" // Andijon mashinasozlik institutida 2022 yil 7-8 iyul kunlari Transportini rivojlantirishda innovatsion va raqamli tex mavzusidagi xorijiy hamkorlar ishtirokida o'tkazilgan Respublika ilmiy-amaliy anjumani. Andijon-2022. 70-74 b.

12. Dadaboyev R.M., Ismatov J.F., "Engil avtomobillar dinamikasiga ta'sir etuvchi omillar tahlili" Andijon mashinasozlik institutida 2022 yil 19-20-oktabr kunlari Yangi materiallar texnologiyasi: mashinasozlikda qo'llaniladigan polimer kompozit materiallarning rivijlanish istiqbollari Mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Andijon-2022. 380-384 b.

13. Dadaboev R.M., Kodirov S.M. Повышение динамическу показателя автомобиля чевролет спарк путём использования бензо-водородной смеси. // XIV международный научный форум «Перспективные задачи инженерной науки» сборник статей 17 мая 2023 года.

14. Dadaboyev R.M., Kodirov S.M., Ismatov J.F. Benzin-havo aralashmasiga vodorodni berish orqali engil avtomobillar tortish xarakteristikasini yaxshilash. // Islom Karimovo nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida o'tkazilgan Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo'jaligi oziq-ovqat tarmo'g'idagi muammo va istiqbollari mavzusidagi III Xalqaro ilmiy-texnik anjumani. Toshkent-2023. 125-126 b.

15. Dadaboev R.M., Kodirov S.M. Benzin-havo aralashmasiga vodorod gazi qo'shilishining dvigatel dinamik ko'rsatkichlariga ta'siri. // O'zbekistonda avtomobil transportini rivojlantirish istiqbollari: loyihalash, ishlatish va logistika mavzusidagi xalqari ilmiy-texnik anjuman. Andijon 2024 yil. 963-970 b.

