ICHKI YONUV DVIGATELLARDA VODOROD YONILG‘ISINIDAN FOYDALANISH USULLARINI TAXLILI

R.M. Dadaboyev

Andijon davlat texnika instituti, Avtomobilsozlik va transport kafedrasi katta o‘qituvchisi

Tel+998 97 583 17 38

Annotatsiya. Ushbu maqolada vodorod yoqilg‘isidan benzinli dvigatellarda foydalanish innovatsion g‘oya bo‘lib, ekologik toza energiya manbai yaratish imkonini beradi. Ammo bu texnologiya ba’zi muammolarni keltirib chiqaradi. Birinchi muammo – vodorodning yuqori yonuvchanligi, bu esa xavfsizlik choralarini kuchaytirishni talab qiladi. Ikkinchi muammo – vodorodni saqlash va tashish qiyinligi. Uchinchidan, mavjud benzinli dvigatellar vodorod uchun moslashtirilmagan bo‘lib, dvigatel konstruksiyasiga o‘zgartirishlar kiritish zarur. Yechim sifatida xavfsiz saqlash texnologiyalarini joriy etish, dvigatel dizaynini moslashtirish va aralash yoqilg‘i tizimini ishlab chiqish mumkin.

Kalit so‘zlar: Ichki yonuv dvigateli, vodorod yoqilg‘isi, vodorod-havo aralashmasi, qayat alangalanish, tirsakli valning aylanishlar soni, ichki va tashqi aralashma, havoning ortiqchalik koeffisienti

Аннотация. Использование водородного топлива в бензиновых двигателях - инновационная идея, позволяющая создать экологически чистый источник энергии. Но эта технология вызывает некоторые проблемы. Первая проблема - высокая горючесть водорода, что требует усиления мер безопасности. Вторая проблема - сложность хранения и транспортировки водорода. В-третьих, существующие бензиновые двигатели не адаптированы для водорода, и необходимо внести изменения в конструкцию двигателя. В качестве решения можно внедрить технологии безопасного хранения, адаптировать дизайн двигателя и разработать систему смешанного топлива.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, водородное топливо, водородно-воздушная смесь, повторное зажигание, число оборотов коленчатого вала, внутренняя и внешняя смесь, коэффициент избытка воздуха.

Annotation. The use of hydrogen fuel in gasoline engines is an innovative idea that allows creating an environmentally friendly energy source. However, this technology creates some problems. The first problem is the high flammability of hydrogen, which requires increased safety measures. The second problem is the difficulty of storing and transporting hydrogen. Thirdly, existing gasoline engines are not adapted for hydrogen, and it is necessary to make changes to the engine

ISSN 3030-3907

design. As a solution, it is possible to implement safe storage technologies, adapt the engine design, and develop a mixed fuel system.

Key words: internal combustion engine, hydrogen fuel, hydrogen-air mixture, re-ignition, crankshaft revolutions, internal and external mixture, excess air ratio.

Kirish

Bugungi kunga kelib ekologik holatning yomonlashishi va uning oldini olish masalasi dunyo bo‘ylab dolzarb muammolardan biri bo`lib qoldi. Tabiatga insoniyatning aralashuvi ekologik inqirozni keltirib chiqarmoqda. Ekologik inqiroz insonning ehtiyojlari va tabiatning salohiyatlari o‘rtasidagi farq asosida paydo bo‘ladi. Ya'ni, biosferadagi komponentlar va inson harakati o‘rtasidagi muvozanat buziladi. Atrof-muhit inqirozi davrida insonning tabiatga bo‘lgan mas'uliyatsiz munosabati va natijada uning sog‘lig‘iga bog‘liq ekologik o‘zgarishlar sodir bo‘ladi. O‘tgan davrda insoniyat bir necha marta atrof-muhit muammolarini boshdan kechirdi. Ekologlarning fikricha, hozirgi inqiroz taxminan 60 yil oldin boshlangan. Mavjud ekologik inqiroz dunyo miqyosida muammo bo‘lib u butun sayyoraga va inson faoliyatining barcha sohalariga tegishlidir. Inqiroz sayyoramizning iqlim o‘zgarishi, dunyodagi okeanlarning ifloslanishi, ozon qatlamining buzilishi, radioaktiv ifloslanish, o‘rmon maydonini kamayishi, kislorod muvozanatining izdan chiqishi ko‘plab o‘simlik va hayvonlarning yo‘qolishi, atmosferaning ifloslanishi va ulardagi yashash sharoitlarining yomonlashishi bilan ifodalanadi.

Benzinli dvigatellarni vodorod yoqilg‘siga o‘tkazish dvigatellarni ish jarayonining buzilishi bilan bog‘liq bir qator qiyinchiliklar mavjud. Bular, avvalo kirishdagi qayta alangalanish, ish jarayonining yuqori qatiqligi va detonatsiyali yonishdir. Ushbu jarayonlar vodorod-havo aralashmasi tarkibi benzin-havo aralashmasiga yaqinlashganda o‘zini namoyon qiladi. Ish jarayonining odatdagi jarayonga nisbatan buzilishiga olib keladigan sabablarni o‘rganish va bunday buzilishlarni bartaraf etish usullarini ishlab chiqish ichki yonuv dvigatellarini vodorod yonilg‘isiga o‘tkazishda eng muhim vazifa hisoblanadi. Uchqun bilan alangalanadigan ichki yonuv dvigatellari uchun ichki va tashqi aralashmalar hosil qilish mumkin. [2]

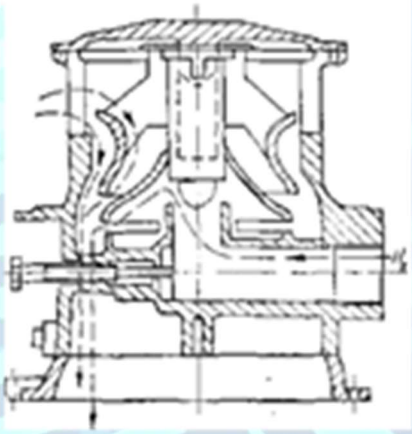
Tashqi aralashmani hosil qilish eksperimental dvigatellarda keng tarqalgan, chunki bu jarayon oddiy apparatlar yordamida amalga oshirilishi mumkin va yuqori bosimli vodorod manbalarini talab qilmaydi. Tashqi aralashma hosil qilishda vodorod-havo aralashmasida havoning ortiqchalik koeffisienti a <2 -2,5 oralig‘ida bo‘lganda kirish jarayonida qayta alangalanish paydo bo‘ladi va ish jarayoni buziladi. Tashqi aralashma hosil qilish kiritish hududining kirish joyidagi aralashtirish moslamasida hosil bo‘ladi. Bunday qurilma sakkiz silindrli V

ISSN 3030-3907

shaklidagi Dodge dvigateli uchun R.Billngsning energetika tadqiqotlari korporatsiyasi tomonidan ishlab chiqilgan [1].

Aralashma hosil qilishning ushbu usuli bilan kiritish klapani oldida har doim bir xil vodorod-havo aralashmasi hosil qilinadi. Vodorod-havo aralashmasining yonish harorati uglevodorod yoqilg‘isi aralashmalariga qaraganda yuqori bo‘lishiga qaramay, ishchi aralashma kiritish klapanidan o‘tyotganda alangalanish ehtimoli yuqori, chunki alangalatish uchun zarur bo‘lgan energiya miqdori vodorod-havo aralashmasida juda past - 0,02 MJ, bu qiymat benzin yoqilg‘si uchun esa 0,25 MJ ga teng. Vodorod-havo aralashmasining yonish sababi dvigatelda sodir bo‘ladigan yuqori haroratli manba`lar bo‘lishi mumkin, ammo ularning energiyasi benzin-havo aralashmasini yondirib yuborish uchun etarli emas.

Alangalanish manbaalari yonish kamerasining issiq nuqtalari: o‘t oldirish shami, chiqarish klapani, qoldiq gazlar yoki qattiq yonish maxsulotlari bo‘lishi mumkin. Kiritishda qayta alangalanishning paydo bolish sabablari ma’lum bir dvigatelning strukturaviy xususiyatlari va gaz taqsimlash fazalari bilan belgilanadi. Ko‘p tadqiqotlar olib borilgan CFR dvigateli uchun barqaror ish maydoni juda kichik α = 2,0 bo‘lganda qayta alangalanish ilgariroq paydo bo‘ladi. Zamonaviy dvigatellarda barqaror yonish uchun yonish kameralari takomillashtirilgan.



1-rasm. Doyj (CFR) dvigatelining vodorod-havo aralashmasini tayyorlash qurilmasi sxemasi

Tirsakli valning aylanishlar soni n=2000min^{-1} chastatagacha barqaror ishlashning quyi chegarasi aralashmaning boy tarkibiga to‘g‘ri keladi, bu sohada qayta alangalanish kuzatiladi (a<1). Dvigatel tirsakli valining aylanishlar soni 2000 ayl/min dan oshganda aralashmaning notekis aralashishi oqibatida kirish jarayonida to‘siqlar hosil bo‘ladi va dvigatel detonatsiya bilan ishlaydi bu esa uning quvvatini pasayishiga olib keladi. Dvigatel barqaror ishlashi uchun kambag`al aralashmaga o‘tkaziladi. n=3800 min$^{1}$ oralig`ida qayta alangalanishni bo‘lish chegarasi a=1,63 qiymatiga siljiydi shubhasiz qayta alangalanish paydo

ISSN 3030-3907

bo`lish chegarasini tirsakli valning aylanish tezligidan olish yonish kamerasi bosimi va chiqindi gazlar haroratini ortishiga olib keladi. Kiritish jarayonodagi qayta alangalanish o‘t oldirish shamining issiq elektrodi degan fikr yetarli asosga ega emas.Vodorod dvigatellarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki o`t oldirish shamining yuzasi va uchqunlar soni ortirish dvigatelning barqaror ishlashiga imkon beradi ammo qayta alangalanishni butunlay istisno qilmaydi. Yonish kamerasining issiq nuqtalarini intensiv ravishda sovutish ham qayta alangalanishni toliq bartaraf etmaydi, kiritish taktida vodorod-havo aralashmasining yonib ketishining sabablaridan biri yangi ishchi aralshma bilan qoldiq gazlar bilan o‘zaro aloqaga kirishishi. Kiritish klapani ochilish paytida qoldiq gazlar va ishchi aralashmaning kimyoviy tarkibi qayta alangalanish harorati 700^0C ni tashkil etganda amalga oshishi mumkin. Bu harorat vodorod-havo aralashmasining o‘z-o‘zidan alangalanish (530-730 °C) haroratiga to‘g‘ri keladi.

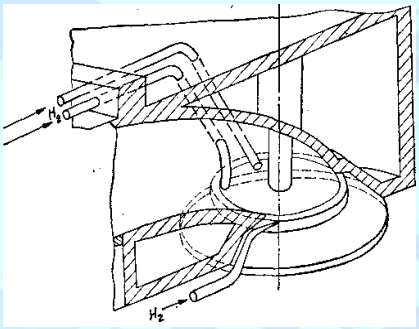
Tirsakli valning aylanishlar chastatasi ortishi bilan qoldiq gazlarning harorati ortadi va shunga mos ravishda qayta alangalanish paydo bo‘lishi chegarasi kambag‘al aralashma hududiga o‘tadi. Qoldiq gazlar bilan yangi ishchi aralashma kiritish klapani yopilgandan so‘ng o‘zaro aralashishi natijasida qayta alangalanish yuzaga kelish ehtimoli yuqoriroq. Kiritish jarayonidagi qayta alangalanishlarni oldini olish uchun turli xil usullardan foydalanish mumkin.

Vodorod-havo aralashmasiga suv bug‘i qo‘shib slindirga yuborilsa yaxshi natija olish mumkin. Vodorod–havo aralashmasini tarkibidagi suv miqdorining o‘zgarishi qayta alangalanish sezilari darajada kamaytirish mumkin. Ishchi aralashma tarkibidagi suvning massa ulushini m_{H2O}/m_{H2} =5 bo‘lsa qayta alangalanish butunlay bo‘lmaydi.

Kiritish jarayonida suv qo‘shish karbyuratsion yo‘l bilan amalga oshirish mumkin hamda dvigatel tezligi va yuklama sharoitiga qarab o‘zgartiriladi. Qayta alangalanishni oldini olish uchun suv miqdorini oshirish mumkin ammo yonish masulotlari tarkibida suv miqdori ortishi bilan yonish maxsulotlarining ma’lum bir qismini moy tarkibiga qo‘shilishi jarayoni yuz beradi va moy tarkibida suv miqdori ortib ketishiga olib keladi. Bu jarayon yonilg‘i tejamkorligini pasayishiga ham o‘z ta’sirini ko‘rsatadi. Qayta aylanadigan gazlarning miqdori umumiy ishchi aralshmaning 10-20%dan oshmaydi. Ishlatilgan gazlarning qayta aylanishi qayta alangalanishni oldini olish bilan bir qatorda, azod oksidini hosil bo‘lishini kamaytirishga yordam beradi. Tashqi aralashma hosil qilinadigan dvigatellardan foydalanish ishchi aralashmani hosil qilish qulayroq ammo dvigatelning to‘ldirish koeffisienti pasayishi va ishchi aralashmaning reaktivligini pasayishi natijasida samaradorligini pasayishiga olib keladi. Har bir slindirning klapani yonida qayta

ISSN 3030-3907

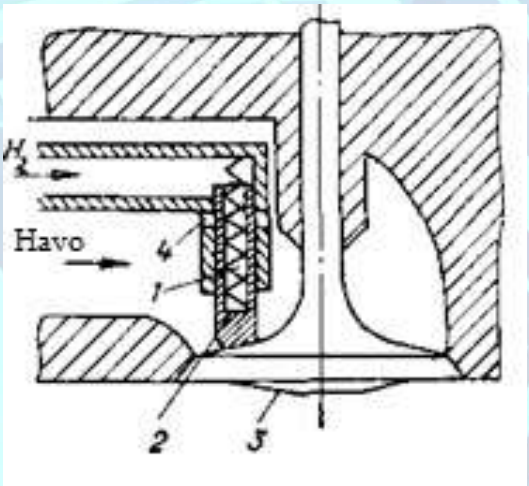
alangalanishni oldini oluvchi va to‘g‘ridan-to‘g‘ri vodorodni slindirga yuborish eng maqbul usul hisoblanadi.



2-rasm. Slindrni vodorod yoqilg‘isi bilan ta’minlash usullari

2-rasmda kiritish klapniga qo‘shimcha quvurlar orqali vodorod yoqilg‘isini yuborish sxemasi tasvirlangan. Kiritish klapani ochilganda, vakuum ta'siri ostida qo‘shimcha quvurlarda oqim paydo bo‘ladi va vodorod-havo bilan birga silindrga kiritiladi.

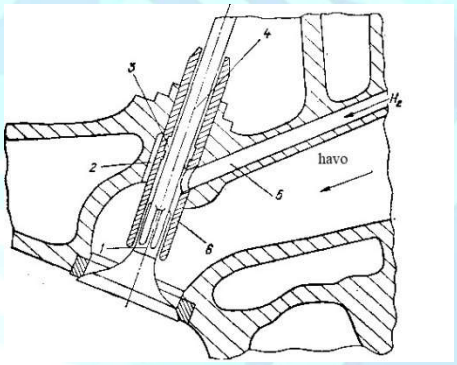
Ushbu dizayn bir qator jiddiy kamchiliklarga ega: birinchidan bir detalda 2 xil faskali oyiqchalar hosil qilish va unga mustaxkam joylashadigan klapnni ishlab chiqish ancha murakkab hisoblanadi. Ikkinchidan, ushbu konstruksiya qayta alangalanishni to‘liq oldini olishga kafolat bera olmaydi, chunki vodorod va havo bir vaqtning o‘zida silindrga so‘rila boshlaydi, natijada vodorod-havo aralashmasi hosil bo‘lishining dastlabki bosqichidayoq ishchi aralashmasining yonish jarayoni sodir bo‘ladi. Ikkinchi konstruksiyda slindirga vodorod-havo aralashmasini kiritish birinchi konstruksiya qaraganda boshqacharoq bo‘li, ikkinchi konstruksiyda vodorod slindirga kiritish klapni ochilgandan bir oz vaqt o‘tib kiritiladi va yopilishidan avvalroq to‘xtatiladi. Bu esa kiritish vaqtining yarmiga to‘g‘ri keladi. Birinchi ususlda kirish patrubkasida (2) zalotnik joylashgan bo‘ladi va zolotnik klapn bilan doimiy aloqada bo‘ladi hamda 1 prujina yordamida klapnni 0.1 MPa bosim ostida pastga suradi va vodorodni yuboradi.[2-rasm]



3-rasm. Zalotnikli vodorod bilan ta’minlash sxemasi

ISSN 3030-3907

Kiritish klapani 3 ochilganda zalotnikni bo‘shatadi, vodorod yuboriluvchi quvur 4 ochiladi. Ikkinchi varianda yo‘naltruvchi sterjen zolotnikni suradi va vodorod klapan orqali yuboriladi. Kirish klapanining dastasi 4 va yo‘naltruvchi 6 kiritish klapani quviriga shunday joylashtrilganki, klapanining har qanday holatida sterjn va yo‘naltruvchi o‘rtasida bo‘shliq hosil bo‘ladi, uning ichiga vodorod 0,1 MPa gacha bo‘lgan ortiqcha bosim ostida kanal 5 orqali yetkazib beriladi. Klapan yopilgan holatida, kirish kanalida diametri 1mm bo‘lgan bo‘shliq klapan boshi yaqinida oyiqcha hosil qilingan.



4-rasm. Yo‘naltruvchi klapan orqali vodorod gazini yuborish sxemasi

Ushbu sxemada vodorod har bir silindrga 0,4 - 0,5 MPa gacha bosimi ostida kirish qismiga qo‘shimcha kiritish klapan mexanizmi orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri harakatlanuvchi taqsimlash vali orqali beriladi. Vodorod ta'minot klapanlari kirish klapanlari bilan bir vaqtning o‘zida ochiladi va tirsakli valning 90° burchakga burilgandan keyin yopiladi. Slindr ichidagi aralashma hosil bo‘lganda kiritishning oxirgi bosqichida yoki siqish taktida to‘g‘ridan-to‘g‘ri silindrga vodorod yetkazib berish – qayta alangalanishni butunlay yo‘q qilinadi. Slindir ichidagi aralashmaning hosil bo‘lishi vodorod dvigatellarining o‘ziga xos quvvatini oshiradi. Shu bilan birga, zamonaviy tezyurar avtomobil dvigatellarida ichki aralashma hosil bo‘lishini amalga oshirish qator qiyinchiliklar bilan bog‘liq, masalan, vodorodning katta miqdorini (silindrning ish hajmining uchdan bir qismigacha) bir necha millisekunlarda yetkazib berish. Vodorodni yetkazib berish vaqti masalasi ham noaniq bo‘lib qolmoqda hamda vodorodni ta'minlash tizimiga kerakli bosimda yetkazib berish va dozalash qiymatlarini aniqlash va hisoblash.

Aralashma hosil qilishning ushbu usulida vodorod kiritish kamerasi oldida dizel dvigateliga o‘xshash yuqori bosimli nasosida yuboriladi. Vodorod iste'moli purkash davomiyligini va uning bosimini o‘zgartirish orqali tartibga solinadi. [1] Kiritish davomiyligi 8-10 ms hamda bosim esa 3 dan 8 MPa gacha o‘zgarishi mumkin. Vodorodni yuborish boshlanish vaqti ham keng chegaralarda o‘zgarishi mumkin: yuqori chetki nuqtaga 15-35 ° yetmasdan boshlanadi, bu vodorod yetkazib berish momentini va davomiyligini optimallashtirishga imkon beradi.

ISSN 3030-3907

Ish oqimining qattiqligi. Aralashmani shakllantirish usulidan qat'iy nazar, vodorod dvigateliga yaqin tarkibidagi yoqilg‘i-havo aralashmalaridan ish jarayonining yuqori qat'iyligi bilan ajralib turadi. Ma'lumki, ish jarayonining qattiqligi yonish jarayonida bosim ko‘tarilish tezligi bilan belgilanadi. Bir qator ishlarda vodorod dvigatelida bosimning ko‘tarilish tezligi maksimal bosim 6.0-9.0 MPa bo‘lganida taxminan 5000 MPa • s^{-1} ga baholanadi. Katta qiymatlar slindr ichida aralashma hosil qiluvchi dvigatellarga tegishlidir.[1]

Vodorod dvigatelida bosim ko‘tarilishi benzinli dvigatelga nisbatan sezilarli darajada yuqori uning tezligi 900-1000 MPa s^{-1} ni tashkil qiladi, vodorod-havo aralashmasining yuqori yonish tezligi tufayli vodorod dvigatelda haqiqiy yonish jarayoni nazariy sikldagi doimiy hajmda issiqlik berish jarayoniga yaqinlashadi. Benzinli dvigatelning ishchi aralashmasi bilan Stexiometrik tarkibli aralashmaning vodorod dvigateli yonish kamerasida alanga tarqalishining o‘rtacha tezligi 100-120 m s^{-1} ga yetishi mumkin[2].

Aralashmaning to‘yinganligi tufayli uning yonish tezligi kamayadi a = 1,9 qiymatiga yetadi ushbu holat stexiometrik aralashma tarkibiga ega benzinli dvigatellar uchun xosdir. Yonish vaqti va vodorod-havo aralashmalarining turli xil miqdorlarida optimal o‘t oldirish burchaklarida olingan indikator diagrammalari tahlili shuni ko‘rsatadiki, ish oqimining qattiqligi yonilg‘i-havo aralashmasining kamayishi darajasiga va yonish tezligiga bog‘liq. Bosim ko‘tarilish tezligining o‘zgarish xususiyati vodorod-havo aralashmalarining yonish tezligining o‘zgarishi xarakteriga mos keladi. [3]

Xulosa. Vodorod dvigatelining ish jarayonining qattiqligini shunga o‘xshash talqin qilish bir qator ishlarda sodir bo‘ladi, ammo vodorodda ishlaydigan uchqunli dvigatelning ish jarayonini baholashda metodik hisoblash noto‘g‘ri amalga oshirilishi mumkin shu jumladan havoning ortiqchalik koeffitsienti bo‘yicha barcha o‘rganilgan ma'lumotlar bilan yonish vaqti doimiy bo‘lib qoldi (YUCHNga 34 ° qolganda).

Natijada, $\alpha < 1.4$ da yonish jarayoni porshen YUCHNga kelguniga qadar yonish oxiri nisbatan yuqori bosimlarda va dvigatelning yuqori qattiyligida tugaydi, bu esa dvigatelni to‘xtashiga olib keldi.

Vodorod dvigatelidagi maksimal yonish bosimi yuqorida aytib o‘tilgan sabablarga ko‘ra benzinli dvigatelga qaraganda yuqori bo‘lishi kerak.

Tashqi aralashmaning hosil bo‘lishi bilan bu o‘sish ahamiyatsiz - taxminan 10-15%, bu esa tirsakli val mexanizmi va silindr-porshen guruhi qismlarining ishlash sharoitlariga sezilarli ta'sir ko‘rsatmaydi[3]. Ichki aralashmaning hosil bo‘lishi bilan maksimal bosim to‘g‘ridan-to‘g‘ri alangalanish dizel dvigatellari uchun xos bo‘lgan qiymatlarda bo‘lishi mumkin. Kichik yuklanishlarda ishlavchi

ISSN 3030-3907

dvigatellar uchun bu qiymatlar qabul qilinishi mumkin emas, shuning uchun ham bosim ko‘tarilish tezligini va maksimal bosimni cheklash kerak. Bu kambag‘al aralashmalar yordamida amalga oshirilishi mumkin, ammo bu aralashmalarning a = 1,3 ~ 1,5 gacha sezilarli darajada kamayishi quvvatning juda pasayishiga olib keladi. Vodorod yetkazib berishda ichki aralashma hosil qilish usulidan foydalanish qulayroq, chunki dvigatel quvvati taxminan benzinli dvigatelning quvvat darajasida bo‘ladi ammo tashqi aralashma hosil qilishda bu usulni deyarli qabul qilinishi mumkin emas, chunki dvigatel quvvatning yo‘qolishi 36% gacha yetadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. B. M. Masum, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, I. M. Rizwanul Fattah, S. M. Palash, и M. J. Abedin, «Effect of ethanol–gasoline blend on NOx emission in SI engine», Renew. Sustain. Energy Rev., т. 24, сс. 209–222, авг. 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.03.046.

2. H. Bundele, C. Kurien, P. S. Varma, и M. Mittal, «Experimental and computational study on the enhancement of engine characteristics by hydrogen enrichment in a biogas fuelled spark ignition engine», Int. J. Hydrog. Energy, т. 47, вып. 71, сс. 30671–30686, авг. 2022, doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.07.029.

3. S. Tangöz, N. Kahraman, и S. O. Akansu, «The effect of hydrogen on the performance and emissions of an SI engine having a high compression ratio fuelled by compressed natural gas», Int. J. Hydrog. Energy, т. 42, вып. 40, сс. 25766–25780, окт. 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.04.076.

4. А.И.Мишенко Применение водорода для автомобилных двигателей// Киев наука думка 1984 г

5. Исматов Ж.Ф., Джалилов Ж.Х., Файзуллаев А.Ж. Применение водорода в виде добавки автомобильных двигателях // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 4(85). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11523 (дата обращения: 26.11.2021).

6. Дадабоев Р.М., Аббасов С.Ж. Перспективы использования водородного топлива в автомобилях // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 3(84).

ISSN 3030-3907