DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

UDK 621.43.03

YOQILG‘I BUG‘LARINI HOSIL QILISH VA ICHKI YONUV DVIGATELIGA UZATISHNING NAZARIY ASOSLARI

Nasirov I.Z., *t.f.n., professor,*
Email: nosirov-ilhom59@mail.ru),
Andijon davlat texnika instituti,
Nosiraliyev I.U., tayanch doktorant,
Qo‘qon davlat universiteti

Annotatsiya. *Maqolada benzin va spirtni alohida bug‘latish kameralarida ketma-ket bug‘lantirish asosida ichki yonuv dvigateli uchun bug‘-havo aralashmasini hosil qilish usuli nazariy jihatdan tadqiq etilgan. Taklif etilgan qurilmada havo dastlab birinchi bug‘latish kamerasidagi benzin qatlamidan diffuzor orqali pufakchalar ko‘rinishida o‘tkazilib, benzin bug‘lari bilan boyitiladi. Hosil bo‘lgan benzin bug‘i-havo aralashmasi ikkinchi bug‘latish kamerasiga uzatiladi va u yerda spirtning suyuq hamda gaz fazalari bilan kontaktga kirishib, spirt bug‘i bilan qo‘shimcha boyitiladi. Yakuniy aralashma tomchi ushlagich-separatordan o‘tkazilib, ichki yonuv dvigatelining kiritish kollektoriga yuboriladi. Tadqiqotda gaz-suyuqlik massa almashinuvi, diffuzor teshiklari, pufakcha diametri, kontakt yuzasi, suyuqlik qatlami balandligi, bug‘lanish intensivligi va benzin-spirt bug‘lari nisbatini ifodalovchi nazariy bog‘lanishlar ishlab chiqildi. Nazariy natijalar pufakcha diametri kamayishi kontakt yuzasini oshirishini, haroratning oshishi bug‘lanish jarayonini kuchaytirishini va yonilg‘i bug‘larida 10 % spirt ulushini maqsad qilganda bug‘langan spirt massaviy sarfining bug‘langan benzin sarfiga nisbati taxminan 0,111 bo‘lishi kerakligini ko‘rsatadi. Olingan bog‘lanishlar tajriba va CFD tadqiqotlarini rejalashtirish uchun nazariy asos sifatida tavsiya etiladi.*

Аннотация*. В статье теоретически исследован способ получения паровоздушной смеси для двигателя внутреннего сгорания путем последовательного испарения бензина и спирта в двух отдельных камерах. Воздух пропускается через слой бензина в виде пузырьков, насыщается парами бензина, после чего направляется во вторую камеру, где дополнительно насыщается парами спирта. Полученная бензино-спиртовая паровоздушная смесь проходит через каплеуловитель-сепаратор и подается во впускной коллектор двигателя. Разработаны теоретические соотношения для оценки межфазной поверхности, времени контакта, массового расхода паров и состава смеси. Показано, что уменьшение диаметра пузырьков повышает площадь газожидкостного контакта, а для целевой массовой доли спирта 10 % в топливных парах отношение массовых расходов паров спирта и бензина должно составлять около 0,111. Результаты являются теоретическими и требуют последующей экспериментальной верификации.*

Abstract*. This paper presents a theoretical investigation of a two-stage fuel-vapor generation concept for spark-ignition internal combustion engines. Air is first bubbled through gasoline in a primary evaporation chamber and becomes enriched with gasoline vapor. The resulting air–gasoline-vapor stream is then routed to a secondary chamber where it interacts with liquid ethanol and the ethanol-rich headspace, producing a combined gasoline–ethanol vapor–air mixture. A droplet separator is used before the mixture enters the intake manifold. Theoretical relations are formulated for gas–liquid interfacial area, bubble contact time, vapor mass flow and vapor composition. The analysis indicates that reducing bubble diameter increases interfacial area and that, for a target ethanol mass fraction of 10% in the fuel-vapor fraction, the ethanol-to-gasoline vapor mass-flow ratio should be approximately 0.111. The results are conceptual and are intended to support subsequent CFD and experimental validation.*

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

Kalit so‘zlar*: Ichki yonuv dvigateli, benzin, spirt, bug‘lanish, diffuzor, pufakcha, massa almashinuvi, separator, kiritish kollektori.*

Ключевые слова: *Двигатель внутреннего сгорания, бензин, спирт, испарение, пузырьки, массообмен, сепаратор, впускной коллектор.*

Keywords: *Internal combustion engine, gasoline, ethanol, evaporation, bubble column, mass transfer, vapor mixture, separator, intake manifold.*

1. KIRISH. Uchqun bilan o‘t oldiriladigan ichki yonuv dvigatellarida yonilg‘i-havo aralashmasining tayyorlanish sifati yonishning barqarorligi, issiqlik samaradorligi va zararli chiqindilar miqdoriga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Suyuq yonilg‘ining yirik tomchilari yoki notekis taqsimlanishi silindrlar bo‘yicha aralashma tarkibining farqlanishiga, sovuq ishga tushirishdagi qiyinchiliklarga va to‘liq bo‘lmagan yonishga olib kelishi mumkin. Shu sababli yonilg‘ini bug‘ fazasiga o‘tkazish va havo bilan oldindan bir jinsli aralashtirish g‘oyasi dvigatelsozlikda uzoq vaqtdan beri o‘rganib kelinadi [1].

Tadqiqotlarda yonilg‘i bug‘larini hosil qilish va IYODga uzatish uchun ikki bosqichli sxema taklif etilgan: birinchi kamera benzin, ikkinchi kamera esa spirt uchun mo‘ljallangan. Havo nasosi orqali uzatilgan havo birinchi kamerada benzin qatlamidan pufakchalar ko‘rinishida o‘tib, benzin bug‘i bilan boyiydi; undan keyin oqim ikkinchi kameraga o‘tib, spirtning suyuq va gaz fazalari bilan kontaktda bo‘ladi. Yakuniy oqim separator orqali kiritish kollektoriga beriladi.

Benzin va etanolning fizik-kimyoviy xususiyatlari bir-biridan farq qiladi. Etanol kislorod saqlovchi yonilg‘i komponenti bo‘lib, yuqori oktan soni va katta bug‘lanish yashirin issiqligiga ega. Adabiyotlarda etanol-benzin aralashmalarining ichki yonuv dvigatellarida CO va HC chiqindilariga, yonish tezligiga va issiqlik samaradorligiga ta’siri turli ish rejimlarida o‘rganilgan. Biroq mazkur maqolaning obyekti suyuq aralashmani oldindan tayyorlash emas, balki benzin va spirt bug‘larini ikki alohida gaz-suyuqlik kontakt bosqichida ketma-ket hosil qilishdir [2].

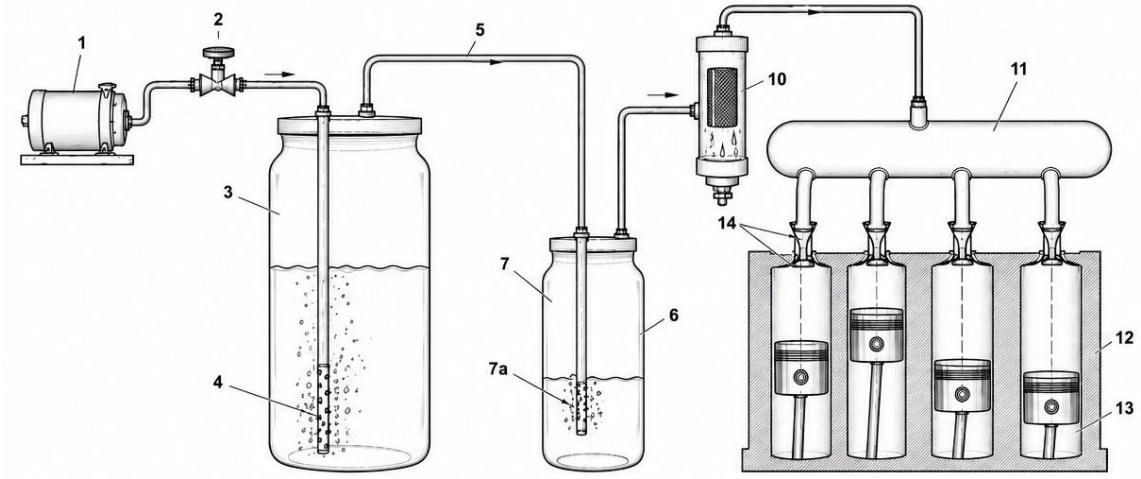
Gaz-suyuqlik massa almashinuvida pufakcha diametri, gazning disperslanish darajasi, suyuqlik qatlamining balandligi va oqimning turish vaqti muhim parametrlar hisoblanadi. Mayda pufakchalar bir xil gaz hajmi uchun katta sirt yuzasi hosil qiladi. Shu bois diffuzor geometriyasi bug‘lanish kamerasining samaradorligini belgilovchi asosiy konstruktiv omillardan biridir.

Tadqiqotning maqsadi–ketma-ket benzin–spirt bug‘latish sxemasini termodinamik va massa almashinuvi nuqtai nazaridan nazariy tahlil qilish, asosiy matematik bog‘lanishlarni shakllantirish, 90/10 kabi maqsadli yonilg‘i bug‘lari nisbatining nazariy shartini aniqlash va kelgusidagi eksperimental tadqiqotlar uchun o‘lchanishi lozim bo‘lgan parametrlarni belgilashdir.

2. Material va metodlar

Tadqiqot obyekti sifatida “Yoqilg‘i bug‘larini hosil qilish va ichki yonuv dvigateliga uzatish qurilmasi”ning prinsipial sxemasi qabul qilindi. Qurilma havo nasosi (1), havo sarfini rostlash klapani (2), benzin bug‘latish kamerasi (3), diffuzorli havo trubkasi (4), benzin bug‘i-havo aralashmasini uzatish trubkasi (5), spirt bug‘latish kamerasi (6), ikkinchi kameraga tushirilgan trubka (7), diffuzor teshiklari (7a), tomchi ushlagich-separator (10), kiritish kollektori (11), silindrlar (12), porshenlar (13) va kiritish klapanlaridan (14) iborat.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03



1-rasm. “Yoqilg‘i bug‘larini hosil qilish va ichki yonuv dvigateliga uzatish qurilmasi”ning prinsipial sxemasi (ixtiro materialidan)

Havo nasosidan kelayotgan oqim 2-rostlash klapani orqali 4-diffuzorli trubkaga beriladi. Trubka benzin sathidan pastga, idish tubiga yaqin qismigacha tushirilgan. Diffuzor teshiklaridan chiqayotgan havo pufakchalari suyuqlikdan ko‘tarilish jarayonida benzinning uchuvchan komponentlari bilan boyiydi. Havo trubkasidagi hajmiy sarf uzluksizlik tenglamasi orqali baholanadi [3]:

$$Q_a = v_a A_a \quad (1)$$

bu yerda Q_a– havo hajmiy sarfi,

v_a– trubkadagi o‘rtacha tezlik,

A_a– trubka kesim yuzasi.

n_d dona diametri d_d bo‘lgan diffuzor teshiklarining jami geometrik yuzasi:

$$A_d = n_d \frac{\pi d_d^2}{4} \quad (2)$$

Diffuzor chiqishidagi tezlikni birinchi yaqinlashuvda bosimlar farqiga bog‘liq orifis tenglamasi bilan ifodalash mumkin:

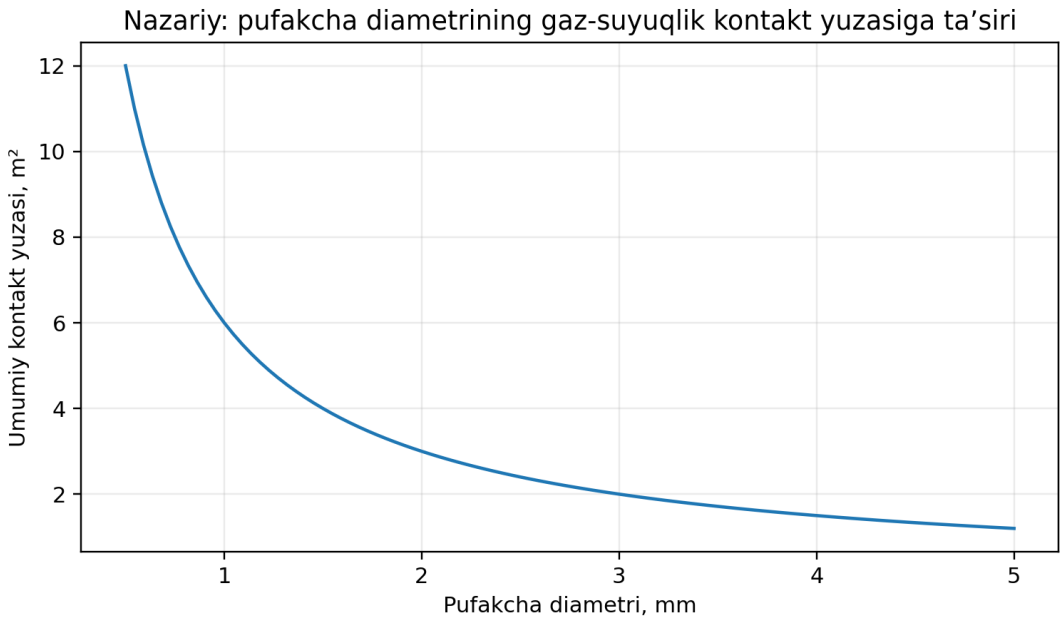
$$v_d = C_d \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_a}} \quad (3)$$

Pufakchani sfera deb qabul qilganda uning tashqi sirt yuzasi πd_b² ga teng. Agar dispers gazning jami hajmi V_g o‘zgarmas bo‘lsa, pufakchalar soni diametrning kubiga teskari proporsional bo‘ladi va umumiy fazalararo sirt quyidagicha aniqlanadi:

$$A_\Sigma = N_b \cdot \pi \cdot d_b^2 \quad (4)$$

Demak, boshqa shartlar o‘zgarmaganda pufakcha diametri ikki marta kamaytirilsa, umumiy kontakt yuzasi taxminan ikki marta ortadi. Bu holat diffuzor teshiklarini mayda pufakchalar hosil qiladigan qilib tanlash zarurligini ko‘rsatadi [4].

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03



2-rasm. Pufakcha diametri va umumiy gaz-suyuqlik kontakt yuzasi o‘rtasidagi nazariy bog‘lanish (Vg = 0,001 m³ uchun)

Benzin bug‘ining gaz fazasiga o‘tish tezligi soddalashtirilgan massa almashinuvi modeli bilan baholanadi:

$$m_b = k_m A_\Sigma (\rho_{b,s} - \rho_{b,\infty}) \quad (5)$$

bu yerda

m_b – benzin bug‘ining massaviy sarfi;

k_m – massa almashinuvi koeffitsiyenti;

$\rho_{b,s}$ – fazalar chegarasidagi to‘yingan bug‘ zichligi;

$\rho_{b,\infty}$ – gaz oqimidagi benzin bug‘i zichligi [5].

Birinchi kameradagi jarayonning moddiy balansi:

$$m_1 = m_a + m_b$$

ko‘rinishida yoziladi.

Bu yerda

m_a — havo sarfi,

m_b — bug‘langan benzinning massaviy sarfi.

Birinchi kameradan chiqayotgan aralashmadagi benzin bug‘ining massaviy ulushi:

$$Y_b = \frac{m_b}{m_a + m_b} \quad (6)$$

bo‘ladi. Hosil bo‘lgan benzin bug‘i-havo aralashmasi kameraning gazli bo‘shlig‘idan 5-trubka orqali ikkinchi — spirt bug‘latish kamerasi 6 ga uzatiladi.

Ikkinchi bug‘latish kamerasining konstruktiv xususiyati 7a diffuzor zonasining spirt sathiga nisbatan joylashishidir.

Ixtiroda 7a zonasining:

$$A_{7a} = A_L + A_G$$

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

ko‘rinishida ikki funksional qismga ajralishi mumkin.

Bu yerda

A_L— spirt ichida joylashgan diffuzor teshiklarining samarali yuzasi;

A_G— spirt sathidan yuqoridagi gaz fazasida joylashgan teshiklarning samarali yuzasi.

Diffuzor zonasining bir qismi spirt ichida, ikkinchi qismi esa uning yuqorisidagi gazli bo‘shliqda joylashtirilishi ko‘zda tutilgan. Bu konstruktiv yechim tufayli oqimning bir qismi suyuq spirt bilan bevosita kontakt qiladi, boshqa qismi esa spirt bug‘lari mavjud gaz fazasi bilan aralashadi.

Ikkinchi bosqichdan keyingi umumiy massaviy sarf:

$$m_2 = m_a + m_b + m_e$$

bu yerda

m_e— bug‘langan spirtning massaviy sarfi.

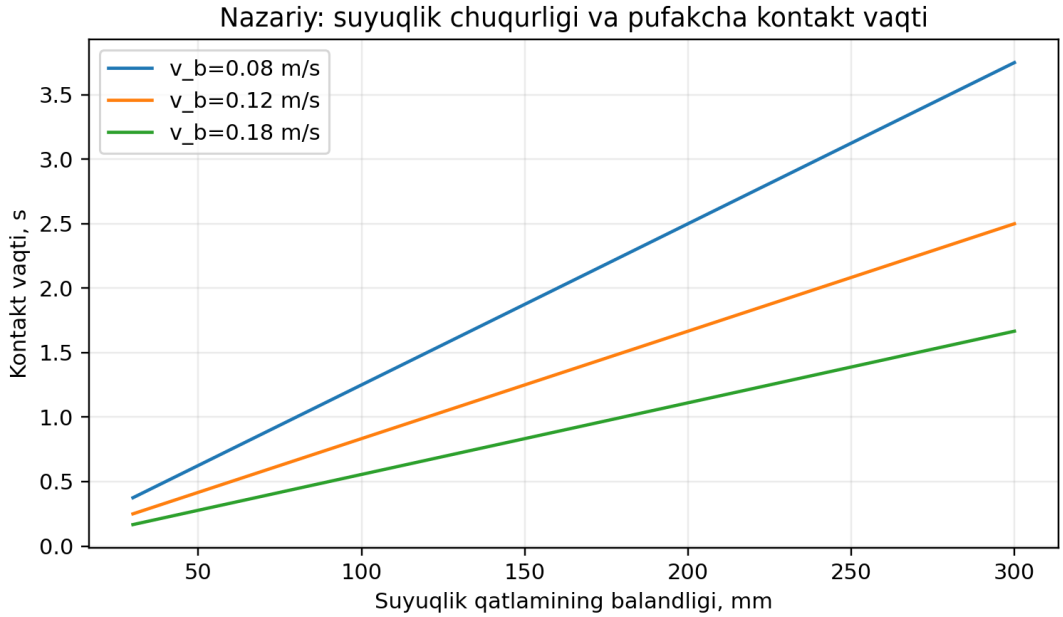
Spirt bug‘ining yakuniy aralashmadagi massaviy ulushi:

$$Y_e = \frac{m_b}{m_a + m_b + m_e} \quad (6)$$

Benzin bug‘ining ulushi esa:

$$Y_b = \frac{m_b}{m_a + m_b + m_e} \quad (6)$$

orqali aniqlanadi.



3-rasm. Suyuqlik qatlamining balandligi va pufakcha kontakt vaqtining nazariy bog‘lanishi

Bug‘ bosimi haroratga kuchli bog‘liq. Bir komponentli suyuqlik uchun bu sezgirlik Klauzius–Klapeyron tenglamasi orqali ifodalanadi. Benzin ko‘p komponentli aralashma bo‘lgani sababli aniq hisoblash uchun distillatsion tarkib va komponentlar bo‘yicha VLE ma’lumotlari talab

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

etiladi. Mazkur nazariy maqolada faqat sezgirlikni ko‘rsatish uchun shartli, 20 °C da normallashtirilgan indeks qo‘llanildi:

$$ln\frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta H_{var}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \quad (8)$$

3. NATIJALAR (RESULTS).

Faqat yonilg‘i bug‘lari hisobga olinsa, spirtning yonilg‘i bug‘lari tarkibidagi ulushi:

$$X_e = \frac{m_e}{m_b + m_e}$$

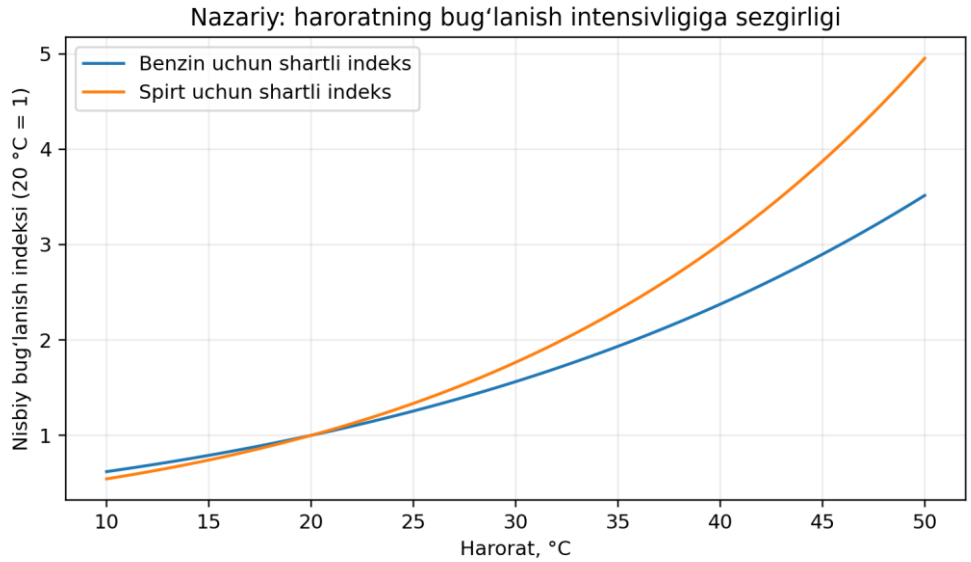
bo‘ladi.

Benzinning ulushi:

$$X_b = \frac{m_b}{m_b + m_e}$$

va

$$X_b + X_r = 1.$$



4-rasm. Haroratning shartli bug‘lanish indeksiga ta’siri. Grafik eksperimental ma’lumot emas, nazariy sezgirlikni ko‘rsatadi

Masalan, nazariy jihatdan yonilg‘i bug‘lari bo‘yicha 90 % benzin + 10 % spirt massaviy nisbat maqsad qilib olinsa:

$$X_b = 0.90, \qquad X_e = 0.10$$

bo‘lishi kerak.

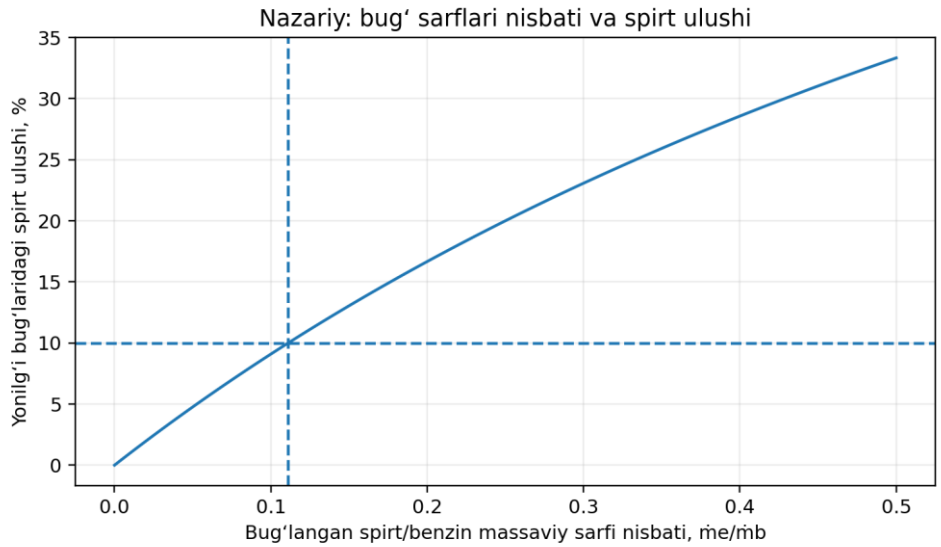
Bundan:

$$\frac{m_e}{m_b} = \frac{0{,}10}{0{,}90} = 0{,}111$$

Shunday qilib, 90 % benzin bug‘i + 10 % spirt bug‘i massaviy tarkibini nazariy maqsad sifatida olish uchun bug‘langan spirt sarfi bug‘langan benzin sarfining taxminan 11,1 foiziga teng

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

bo‘lishi kerak. Bu qiymat idishlardagi suyuqlik hajmlari nisbati emas; u aynan bug‘ fazasidagi massaviy sarflar nisbatidir.



5-rasm. Bug‘langan spirt/benzin sarflari nisbati va yonilg‘i bug‘laridagi spirt ulushi o‘rtasidagi nazariy bog‘lanish

Nazariy bog‘lanishlarni ko‘rsatish uchun shartli hisobiy misol keltiriladi. Faraz qilamiz: havo sarfi $\dot{m}_a$ = 20 g/s, birinchi kamerada bug‘langan benzin sarfi $\dot{m}_b$ = 1,80 g/s. Agar yonilg‘i bug‘lari tarkibida spirt ulushi 10 % bo‘lishi kerak bo‘lsa, (14) tenglamadan $\dot{m}_e$ = 0,20 g/s olinadi. Shunda umumiy oqim $\dot{m}_2$ = 22,0 g/s, umumiy oqimdagi benzin bug‘i ulushi 8,18 %, spirt bug‘i ulushi 0,91 % va havo ulushi 90,91 % ni tashkil etadi. Bu misol yonilg‘i bug‘larining 90/10 nisbati umumiy havo–yonilg‘i oqimida 90/10 bo‘lishini anglatmasligini ko‘rsatadi [7].

1-jadval

Ikki bosqichli bug‘latish tizimi uchun shartli nazariy hisob misoli.

Ko‘rsatkich	Belgi	Qiymat	Izoh
Havo massaviy sarfi	m_a	20,0 g/s	Shartli hisob
Benzin bug‘i sarfi	m_b	1,80 g/s	Birinchi bosqich
Spirt bug‘i sarfi	m_e	0,20 g/s	90/10 yonilg‘i bug‘i nisbati uchun
Umumiy aralashma sarfi	m_2	22,0 g/s	Havo + benzin bug‘i + spirt bug‘i
Yonilg‘i bug‘larida spirt	X_e	10,0 %	Maqsadli qiymat

2-jadval

Asosiy parametrlarning nazariy ta’siri va eksperimental nazorat yo‘llari.

Parametr	Oshirilganda kutiladigan ta’sir	Cheklov	O‘lchash tavsiyasi
Havo sarfi	Bug‘ni olib chiqish va pufakchalar soni ortishi mumkin	Kontakt vaqti kamayishi mumkin	Mass flow meter

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

Diffuzor teshigi diametri	Yiriklashsa pufakcha diametri ortishi mumkin	Kontakt yuzasi kamayadi	Optik/kamera usuli
Suyuqlik qatlamining balandligi	Kontakt vaqti ortadi	Bosim yo‘qotishi ortadi	Sath datchigi
Benzin/spirt harorati	Bug‘ bosimi va bug‘lanish intensivligi ortadi	Tarkib barqarorligi o‘zgaradi	Termopara
Separator samaradorligi	Suyuq tomchilarning kollektor tomon ketishi kamayadi	Bosim yo‘qotishi	Oldin/keyin tomchi o‘lchovi

4. Muhokama.

Taklif etilgan tizimning fundamental xususiyati benzin va spirtni bitta suyuq aralashma sifatida saqlash emas, balki havo oqimini ikkita alohida massa almashinuvi bosqichidan o‘tkazishdir. Bu yondashuv har bir kameraning harorati, suyuqlik sathi, diffuzor geometriyasi va gaz sarfini alohida boshqarish imkonini nazariy jihatdan beradi. Shu bilan birga, bug‘ fazasining tarkibi suyuqlik hajmlari nisbatiga bevosita teng bo‘lmaydi; benzinning ko‘p komponentliligi va etanolning o‘ziga xos bug‘ bosimi tizimni sezilarli darajada nolinear qiladi.

Gaz-suyuqlik kontaktining kuchayishi uchun pufakchalarni mayda qilish foydali bo‘lsa-da, diffuzor teshiklarini haddan tashqari kichraytirish bosim yo‘qotishini oshiradi va teshiklarning ifloslanishi xavfini kuchaytiradi. Shu sababli optimal diametr faqat kontakt yuzasi mezoni bilan emas, nasos quvvati, gidravlik qarshilik va ekspluatatsion barqarorlik bilan birgalikda tanlanishi kerak.

Ikkinchi kameradagi 7a teshiklarining bir qismi spirt ichida va bir qismi gazli bo‘shliqda joylashtirilishi ikki xil massa almashinuvi mexanizmini birlashtiradi. Suyuqlik ichidagi teshiklar pufakchali kontaktda bug‘lanishni kuchaytirishi mumkin; gaz fazasidagi teshiklar esa oqimni spirt bug‘lari bilan tez aralashtiradi. Biroq bu nisbatning optimal qiymati patent tavsifining o‘zida sonli ravishda berilmagan. Shuning uchun eksperimental stendda 7a zonasining vertikal joylashuvi va teshiklar ulushini alohida omil sifatida o‘rganish zarur [8].

Separatorning mavjudligi konsepsiyaning muhim qismidir. Agar bug‘latish kameralaridan suyuq tomchilar ko‘p miqdorda olib chiqilsa, tizimning “bug‘ bilan ta’minlash” xususiyati buziladi va silindrlarga suyuq yoqilg‘i tomchilari tushishi mumkin. Shuning uchun separator samaradorligi, bosim yo‘qotishi va drenaj masalasi birgalikda baholanishi lozim.

Etanol-benzin mavzusidagi zamonaviy tadqiqotlar etanolning yuqori oktan soni, kislorod saqlashi va bug‘lanish yashirin issiqligi SI dvigatellaridagi yonish hamda chiqindilarga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi. Biroq bu adabiyotlarning ko‘pchiligi suyuq etanol-benzin blendlarini o‘rganadi. Mazkur ixtiro esa bug‘ fazasini alohida bosqichlarda hosil qilishga qaratilganligi sababli uning natijalarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri blend tajribalariga tenglashtirish mumkin emas [9,10].

Nazariy modelning asosiy cheklovi– benzinning real ko‘p komponentli tarkibi, Raoult qonunidan og‘ishlar, pufakchalar koalesensiyasi, haroratning bug‘lanish tufayli pasayishi va dvigatel kiritish kollektoridagi pulsatsion vakuumning soddalashtirilganidir. Keyingi bosqichlarda birinchi navbatda tajriba orqali benzin va spirt bug‘larining massaviy sarflari o‘lchanishi, so‘ngra model koeffitsiyentlari identifikatsiya qilinishi kerak.

Eksperimental stendda havo massaviy sarfi, har ikkala idishning harorati va sathi, 1- va 2-kamera chiqishidagi VOC/etanol konsentratsiyasi, separator oldi va keyinidagi tomchi miqdori, kollektor bosimi hamda dvigatel ish ko‘rsatkichlari sinxron o‘lchanishi tavsiya etiladi. Kamida uchta rejim taqqoslanishi maqsadga muvofiq: (A) faqat benzinli standart ta’minot; (B) bir

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

bosqichli benzin bug‘latish; (C) ikki bosqichli benzin–spirt bug‘latish. Dvigatel ko‘rsatkichlari sifatida quvvat, aylantiruvchi moment, solishtirma yonilg‘i sarfi, CO, HC, NOx va yonishning sikllararo o‘zgaruvchanligi baholanishi mumkin [11,12].

5. Xulosa.

1. “Yoqilg‘i bug‘larini hosil qilish va ichki yonuv dvigateliga uzatish qurilmasi” uchun ikki bosqichli gaz-suyuqlik massa almashinuvi asosidagi nazariy model ishlab chiqildi.

2. Bir xil dispers gaz hajmida umumiy kontakt yuzasi pufakcha diametriga teskari proporsional ekanligi ko‘rsatildi; shu sababli diffuzor mayda va barqaror pufakchalar hosil qilishi nazariy jihatdan maqsadga muvofiq.

3. Suyuqlik qatlami balandligi ortishi pufakchaning kontakt vaqtini uzaytiradi, biroq gidravlik qarshilikni ham oshirishi mumkin; bu ikki omil optimallashtirishda birgalikda hisobga olinishi kerak.

4. Yonilg‘i bug‘lari massasi bo‘yicha 90 % benzin + 10 % spirt maqsad qilinganda, bug‘langan spirt massaviy sarfining bug‘langan benzin sarfiga nisbati $\dot{m}_e/\dot{m}_b \approx 0{,}111$ bo‘lishi kerak. Bu idishlardagi suyuqlik hajmi nisbatiga teng emas.

5. Harorat, havo sarfi, diffuzor geometriyasi, suyuqlik sathi va separator samaradorligi yakuniy bug‘ tarkibiga ta’sir qiluvchi asosiy parametrlar sifatida belgilandi.

6. Maqoladagi grafik va hisoblar nazariy-illustrativ xarakterga ega. Qurilmaning dvigatel quvvati, yonilg‘i tejamkorligi yoki chiqindilariga aniq miqdoriy ta’siri faqat stend sinovlari va kalibrlangan o‘lchovlar orqali aniqlanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Nasirov I.Z., Nosiraliyev I.U. Avtomobillarda spirtdan yonilg‘i sifatida foydalanishning natijalari// Science, Research and Development (Ilm, tadqiqot va taraqqiyot) ilmiy jurnali 5(13)-son, 2025 , 46-50 b.

2. Nasirov I.Z., Nosiraliyev I.U. Avtomobillarda spirtdan qo‘shimcha yonilg‘i sifatida foydalanish usullari// Development of science ilmiy jurnali MAY 2026 Issue 5, Volume 7, 26-34 b.

3. Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot, E.N. Transport Phenomena. 2nd ed. Wiley, 2002.

4. Cussler, E.L. Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems. 3rd ed. Cambridge University Press, 2009.

5. Clift, R., Grace, J.R., Weber, M.E. Bubbles, Drops, and Particles. Academic Press, 1978.

6. Richard Harvey, 10828 Buggywhip Dr., Spring Valley, Calif. 92078. US4498447A “Gasoline vaporizer for internal combustion engine” Ixtiro. https://patents.google, US4498447A - Gasoline vaporizer for internal combustion engine - Google Patents

7. James L. Knowlton, Whitehall; Alan, Workman, Muskegon, both of Mich. US5666929A “Fuel vaporizer for an internal combustion engine” Ixtiro. https://patents.google, US5666929A - Fuel vaporizer for an internal combustion engine - Google Patents

8. Walter M. Henson, 1212 Major Dr., No. 1, North, Beaumont, Tex. 77701. US4336783A “Fuel vaporizer carburetor for internal combustion engine” Ixtiro. https://patents.google, US4336783A - Fuel vaporizer carburetor for internal combustion engine - Google Patents, 14983904762037640 56-04336783

9. Nasirov I.Z., Nosiraliyev I.U. Avtomobillarda siqilgan bioetanoldan yonilg‘i sifatida foydalanish// Science, Research and Development (Ilm, tadqiqot va taraqqiyot) ilmiy jurnali 2(16)-son, 2026, 37-42 b.

10. Nasirov I.Z., Nosiraliyev I.U. Efficiency of using alcohol in automobiles// Science and innovation international scientific journal volume 4 issue 9 september 2025 ISSN: 2181-3337 | Scientists.uz, 201-203 b.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.03

11. An evaluation of the use of alcohol fuels in SI engines in terms of performance, emission and combustion characteristics: A review. Fuel, 2021, 286, 119425.

12. Progress in regulated emissions of ethanol-gasoline blends from a spark ignition engine. Biofuels, 2021, 12(2). DOI: 10.1080/17597269.2018.1464875.