



**TOSHKENT DAVLAT  
TRANSPORT UNIVERSITETI**  
Tashkent state  
transport university



# THE SCIENTIFIC JOURNAL OF VEHICLES AND ROADS

Issue 4, 2024

Tashkent 2024

# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ДОРОГ

Издается с 2022 года

## Редакционный совет:

Назаров А.А., Мухитдинов А.А., Уроков А.Х., Мерганов А.М.

## Редакционная коллегия:

Главный редактор – Шаумаров С.С.,  
Заместитель главного редактора – Шермухамедов А.А.

## Члены редакционной коллегии:

Кодиров С.М., Якунин Б.Б., Каримов Б.Б., Жуньи Зханг, Липатова О.В., Алимухамедов Ш.П., Хасанов Б.Б., Ишанходжаев А.А., Содиков И.С., Шарипов К.А., Иноятходжаев Ж.Ш., Аскарходжаев Т.Э., Мирсоатов Р.М., Сидикназаров К.М., Азизов К.Х., Ирисбекова М.Н., Курбанов Ж.Ф., Умурзакова М.А., Худойкулов Р.М., Илесалиев Д.И., Рахимов Р.В., Хамидов О.Р.

Полный перечень редакционной коллегий представлен на сайте журнала:

<http://transportjournals.uz/>

## ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Учредитель научно-технического журнала «Научный журнал транспортных средств и дорог» – Ташкентский государственный транспортный университет (100167, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, дом 1, ком. 333, тел.+998909591289; e-mail: nauka@tstu.uz).

В журнале «Научный журнал транспортных средств и дорог» публикуются наиболее значимые результаты научных и прикладных исследований, выполненных в ВУЗах железнодорожного профиля, других высших учебных заведениях, научно – исследовательских институтах и центрах Республики Узбекистан и зарубежных стран.

Журнал издается 4 раза в год и содержит публикации материалов по следующим основным направлениям:

- Механика, технология машиностроения;
- Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений;
- Эксплуатация транспортных средств;
- Управление в дорожно-транспортном комплексе;
- Проблемы и суждения;
- Хроника.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 0952 выдан Агентством по печати и информации Республики Узбекистан.

**Учредитель** - Ташкентский государственный транспортный университет  
100167, Республика Узбекистан, г.Ташкент, ул.Темирийулчилар д.1.  
Тел.: +998 90 959 12 89 E-mail: [nauka@tstu.uz](mailto:nauka@tstu.uz)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Махкамов Б.Р.</b> Биоинженерные решения для защиты от селей и паводков в горных районах Узбекистана: возможности и перспективы .....	6
<b>Хўжамкулов Б.Т.</b> Принципы устойчивого развития сельскохозяйственной сети .....	12
<b>Оташов З., Аббазов И., Норбоев О., Эгамбердиев Ф., Нуриддинов Н.</b> Исследование влияния усовершенствованного пластинного смесителя на процесс линтирования семян .....	17
<b>Муминов Т.Ш., Светашев А.А., Икрамова Д.З.</b> «Выбор мест расположения и параметров транспортно-пересадочных узлов города» Обзор литературы .....	25
<b>Ахмеджонов Д.Г.</b> Агрегат для создания подпочвенного противофильтрационного экрана с целью водосбережения.....	37
<b>Рахимжонов З.К., Нишанбаев Ш.З., Гулямова Д.И.</b> Оценка экономического ущерба мостных конструкций под воздействием землетрясения в результате повреждения мостных конструкций автомобильных дорог.....	41
<b>Зокиров Ф.З., Казакбаева М.Т.</b> Расчет прочности подпорных стен автомобильного мостового подъезда, расположенного на участке 138 км автодороги фергана – андижан.....	49
<b>Махаматалиев И.М., Карабаев А.М.</b> Классификация минеральных наполнителей, используемых в асфальтобетоне .....	55
<b>Азизов К.Х., Худайбергенов С.К.</b> Влияние транспортного потока на движение автобусов в городских магистральных дорожных сетях .....	62
<b>Уроков А.Х., Нарманов А.К., Маматкулов М.Т.</b> Прогнозирование процесса образования трещин на поверхности асфальтобетонных покрытий в результате колееобразование.....	70
<b>Миралимов М.Х., Уразов Х.У., Жураев К.М.</b> Значимость применения поддерживающих стальных конструкций при обеспечении устойчивости мостовых габаритов приближения .....	75
<b>Азизов К.Х., Холиков А.И., Худайбергенов С.К.</b> Современные требования к размещению автобусных остановок в городской улично-дорожной сети.....	80
<b>Дадабоев Р.М., Джалилов Ж.Х.</b> Анализ методов подачи топлива на основе водорода в бензиновых двигателях.....	92
<b>Хадиева Г.Ш., Вохидов Д.А.</b> Анализ метода расчета пропускной способности сигнализированного перекрестка.....	99
<b>Курбанов Ж.Ф., Хуснидинова Н.Ф.</b> Система контроля и диагностики устройств поездной радиосвязи на участках железной дороги .....	116

## ANALYSIS OF HYDROGEN BASED FUEL DELIVERY METHODS IN GASOLINE ENGINES

Dadaboyev R.M.<sup>1</sup>, Djalilov J.Kh.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>-Andijan Machine-Building Institute (Andijan, Uzbekistan)

<sup>2</sup>-Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

**Annotation:** Hydrogen fuel is considered a promising alternative to conventional gasoline for reducing emissions and improving engine efficiency. This article analyzes various methods of hydrogen fuel injection in internal combustion engines, including internal and external mixture formation, and their impact on engine performance. Key technical challenges such as re-ignition, combustion parameters, and mechanical stress on engine components are discussed. Particular attention is given to the stability of the combustion process, the regulation of hydrogen-air mixture composition, and methods to prevent detonation. Possible solutions for optimizing hydrogen engines, including fuel injection adjustments, the use of additives, and ignition timing modifications, are proposed. The study demonstrates that hydrogen fuel has the potential to significantly improve engine efficiency and reduce harmful emissions. However, further technical improvements and adaptation of existing engine systems are required. Experimental findings confirm the feasibility of hydrogen technologies in the automotive industry, highlighting their role in sustainable transportation solutions.

**Key words:** internal combustion engine, hydrogen fuel, hydrogen-air mixture, detonation, ignition, emissions, efficiency, environmental impact.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДАЧИ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ВОДОРОДА В БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Дадабоев Р.М.<sup>1</sup>, Джалилов Ж.Х.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>-Андижанский машиностроительный институт (Андижан, Узбекистан)

<sup>2</sup>-Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)

**Аннотация:** Водородное топливо является перспективным решением для снижения вредных выбросов и повышения эффективности бензиновых двигателей внутреннего сгорания. В данной статье анализируются различные методы подачи водорода в двигатель, включая внутреннее и внешнее смесеобразование, а также их влияние на рабочие характеристики мотора. Рассматриваются ключевые технические проблемы, такие как повторное зажигание, изменение параметров горения и влияние на механические элементы двигателя. Особое внимание уделяется вопросам стабильности процесса сгорания, регулированию состава водородно-воздушной смеси и предотвращению детонации. В статье предложены возможные решения для оптимизации работы водородных двигателей, включая изменение характеристик подачи топлива, использование добавок и корректировку угла зажигания. Проведённый анализ показывает, что использование водорода в качестве топлива может значительно повысить КПД двигателя и уменьшить количество выбросов вредных веществ, однако требует технической доработки и адаптации существующих силовых установок. Приведены примеры экспериментальных исследований,

подтверждающих возможность успешного внедрения водородных технологий в автомобильную промышленность.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, водородное топливо, водородно-воздушная смесь, детонация, воспламенение, выбросы, экология, КПД двигателя.

## **BENZINLI DVIGATELLARDA VODOROD ASOSIDAGI YONILG‘ISINI UZATISH USULLARINI TAHLILI**

**Dadaboyev R.M.<sup>1</sup>, Djalilov J.X.<sup>2</sup>**

Andijon mashinasozlik instituti (Andijon, O‘zbekiston)  
Toshkent Davlat Transport Universiteti (Toshkent, O‘zbekiston)

**Annotatsiya:** Vodorod yoqilg‘isi avtomobil dvigatellari uchun ekologik toza va samarali alternativ yoqilg‘i hisoblanadi. Ushbu maqolada benzinli dvigatellarda vodorod yoqilg‘isini yetkazib berish usullari, ichki va tashqi aralashma hosil qilish texnologiyalari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, vodorod yonish jarayonining o‘ziga xos xususiyatlari, qayta alangalanish ehtimoli va dvigatelning ish samaradorligiga ta‘sirini tahlil qilinadi. Maqolada dvigatelning barqaror ishlashi uchun vodorod-havo aralashmasining optimal tarkibini aniqlash, yonish jarayonining barqarorligini ta‘minlash va dvigatelning chidamliligini oshirish bo‘yicha ilmiy takliflar berilgan. Shuningdek, suv bug‘lari va chiqindi gazlarni qayta ishlash texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari ham ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, vodorod yoqilg‘isidan foydalanish dvigatelning samaradorligini oshirish bilan birga, ekologik ifloslanishni sezilarli darajada kamaytiradi. Shu bilan birga, texnologiyani avtomobillarga moslashtirish uchun qo‘shimcha tadqiqotlar va ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish talab etiladi.

**Tayanch so‘zlar:** ichki yonuv dvigateli, vodorod yoqilg‘isi, yonish jarayoni, barqarorlik, ekologiya, energiya samaradorligi.

**Kirish.** Hozirgi vaqtda avtomobil dvigatellarining ekologik ta‘sirini kamaytirish muhim ilmiy va amaliy muammo hisoblanadi. 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.

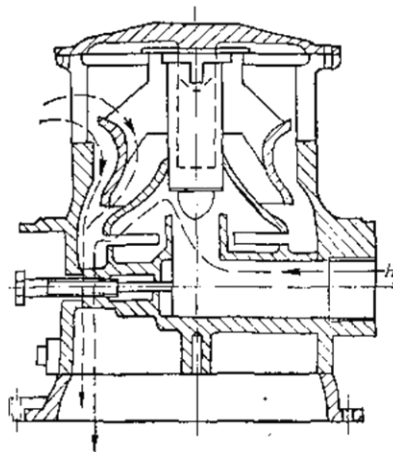
Benzinli dvigatellarni vodorod asosidagi yonilg‘i o‘tkazish dvigatellarni ish jarayonining buzilishi bilan bog‘liq bir qator qiyinchiliklar mavjud. Bular, avvalo kirishdagi qayta alangalanish, ish jarayonining yuqori qatligi va detonatsiyali yonishdir. Ushbu jarayonlar vodorod-havo aralashmasi tarkibi 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

asosidagi 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 koeffitsiyenti  $\alpha < 2-2,5$  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-simon Dodge dvigateli uchun R.Billingsning 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'tayotganda alangalanish ehtimoli yuqori, chunki alangalatish uchun zarur bo'lgan energiya miqdori vodorod-havo aralashmasida juda past — 0,02 MJ, bu qiymat benzin yonilg'isi uchun esa 0,25 MJ ga teng. Vodorod-havo aralashmasining yonish sababi dvigatelda sodir bo'ladigan yuqori haroratli manbalar bo'lishi mumkin, ammo ularning energiyasi benzin-havo aralashmasini yondirib yuborish uchun yetarli emas.

Alangalanish manbalari yonish kameraning issiq nuqtalari: o't oldirish shami, chiqarish klapani, qoldiq gazlar yoki qattiq yonish mahsulotlari 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  $\alpha = 2,0$  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.**

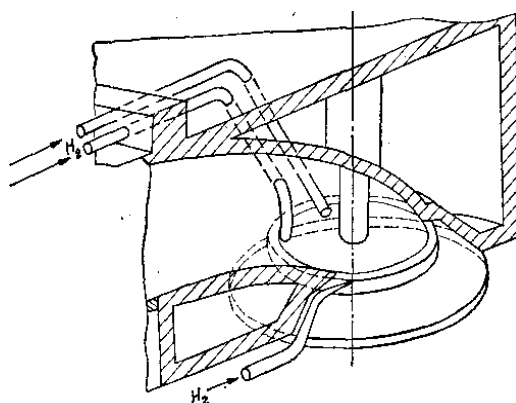
Tirsakli valning aylanishlar chastotasi  $n=2000 \text{ min}^{-1}$  gacha barqaror ishlashning quyi chegarasi aralashmaning boy tarkibiga to'g'ri keladi, bu sohada qayta alangalanish kuzatiladi ( $\alpha < 1$ ). Dvigatel tirsakli valining aylanishlar chastotasi  $n=2000 \text{ min}^{-1}$  dan oshganda, 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.  $n=3800 \text{ min}^{-1}$  oralig'ida qayta alangalanishni bo'lish chegarasi  $\alpha=1,63$  qiymatiga siljiydi. Shubhasiz qayta alangalanish paydo bo'lish chegarasini tirsakli valning aylanish tezligidan olish yonish kamerasi bosimi va chiqindi gazlar haroratini ortishiga olib keladi. Kiritish jarayonidagi 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 aralashma bilan qoldiq gazlar bilan o'zaro aloqaga kirishishi. Kiritish klapani ochilish paytida qoldiq gazlar va ishchi aralashmaning kimyoviy tarkibi qayta alangalanish harorati 700 °S ni tashkil etganda amalga oshishi mumkin. Bu harorat vodorod-havo aralashmasining o'z-o'zidan alangalanish (530-730 °S) haroratiga to'g'ri keladi.

Tirsakli valning aylanishlar chastotasi 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 tsilindirga 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  $m_{H_2O}/m_{H_2} = 5$  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 mahsulotlari tarkibida suv miqdori ortishi bilan yonish mahsulotlarining 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 aralashmaning 10-20%dan oshmaydi. Ishlatilgan gazlarning qayta aylanishi qayta alangalanishni oldini olish bilan bir qatorda, ozod oksidini hosil bo'lishini kamaytirishga yordam beradi. Tashqi aralashma hosil qilinadigan dvigatellardan foydalanish ishchi aralashmani hosil qilish qulayroq ammo dvigatelning to'ldirish koeffitsienti pasayishi va ishchi aralashmaning reaktivligini pasayishi natijasida samaradorligini pasayishiga olib keladi. Har bir slindirning klapani yonida qayta alangalanishni oldini oluvchi va to'g'ridan-to'g'ri vodorodni slindirga yuborish eng maqbul usul hisoblanadi.

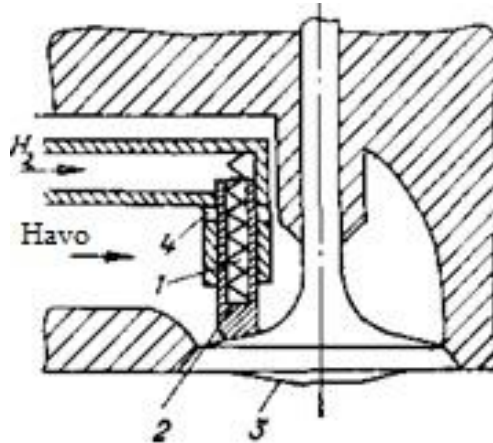


**2-rasm. Slindrni vodorod yoqilg'isi bilan ta'minlash usullari.**

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

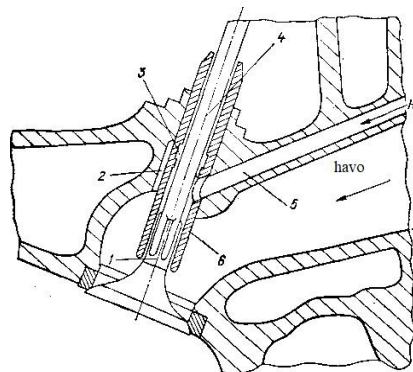
Ushbu usul bir qator jiddiy kamchiliklarga ega: birinchidan bir detalda 2 xil faskali uyiqchalar hosil qilish va unga mustahkam joylashadigan klapani ishlab chiqish ancha murakkab hisoblanadi. Ikkinchidan, ushbu konstruksiya qayta alangalanishni to'liq oldini olishga kafolat bera olmaydi, chunki vodorod 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 konstruktsiya slindirga vodorod-havo aralashmasini kiritish birinchi konstruktsiya qaraganda boshqacharoq bo'ldi, ikkinchi konstruktsiyda vodorod slindirga kiritish klapani ochilgandan bir oz vaqt o'tib kiritiladi va yopilishidan avvalroq to'xtatiladi. Bu esa kiritish vaqtining yarmiga to'g'ri keladi. Birinchi usulda kirish patrubkasida (2) zalotnik joylashgan bo'ladi va zalotnik klapan bilan doimiy aloqada bo'ladi hamda 1 prujina yordamida klapani 0.1 MPa bosim ostida pastga suradi va vodorodni yuboradi [2-rasm].



**3-rasm. Zalotnikli vodorod bilan ta'minlash sxemasi.**

Kiritish klapani 3 ochilganda zalotnikni bo'shatadi, vodorod yuboriluvchi quvur 4 ochiladi. Ikkinchi variantda yo'naltruvchi sterjen zalotnikni suradi va vodorod klapan orqali yuboriladi. Kirish klapanining dastasi 4 va yo'naltruvchi 6 kiritish klapani quvuriga 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 uyiqcha 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. Silindr ichidagi aralashma hosil bo'lganda kiritishning oxirgi bosqichida yoki siqish taktida to'g'ridan-to'g'ri silindrga vodorod yetkazib berish – qayta alanganishni 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 millisekundlarda yetkazib berish. Vodorodni yetkazib berish vaqti masalasi ham noaniq bo'lib qolmoqda hamda vodorodni ta'minlash tizimiga kerakli bosimda yetkazib berish, uning miqdoriy qiymatlarini aniqlash va hisoblash zarur.

Aralashma hosil qilishning ushbu usulida vodorod kiritish kamerasi oldida dizel dvigateliga o'xshash yuqori bosimli nasosda 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. Ish oqimining qattiqligi. Aralashmani shakllantirish usulidan qat'iy nazar, vodorod dvigateliga yaqin tarkibidagi yonilg'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<sup>-1</sup> ga baholanadi. Katta qiymatlar silindr ichida aralashma hosil qiluvchi dvigatellarga tegishlidir [1].

Vodorod dvigatelida bosim ko'tarilishi benzinli dvigatelga nisbatan sezilarli darajada yuqori uning tezligi 900-1000 MPa·s<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> ga yetishi mumkin [2].

Aralashmaning to'yinganligi tufayli uning yonish tezligi kamayadi  $\alpha = 1,9$  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 ortiqlik koeffitsiyenti bo'yicha barcha o'rganilgan ma'lumotlar bilan yonish vaqti doimiy bo'lib qoldi (YuChN ga 34 ° qolganda).

Natijada,  $\alpha < 1.4$  da yonish jarayoni porshen YuChN ga kelguniga qadar yonish oxiri nisbatan yuqori bosimlarda va dvigatelning yuqori qattiqligida 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], [5]. Ichki aralashmaning hosil bo'lishi bilan maksimal bosim to'g'ridan-to'g'ri alanganlash dizel dvigatellari uchun xos bo'lgan qiymatlarda bo'lishi mumkin. Kichik yuklanishlarda ishlovchi 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 aralashmalar  $\alpha = 1,3 \sim 1,5$  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 NO<sub>x</sub> 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.Мищенко. Применение водорода для автомобильных двигателей// Киев наука думка. 1984 г
5. Исмаатов 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).