

mass charge of the cylinders, and therefore, a significant deterioration in the fuel combustion process. It also causes an increase in the level of maximum temperatures of the cycle, which in turn causes an increase in thermal loads and the rate of formation of nitrogen oxides in diesel cylinders. The above determines the urgency of the tasks of implementing effective charge air coolers in modern high-pressure transport diesel engines. This technical problem can be solved using air or liquid coolers. The article considers a liquid cooler, because compared to an air cooler, it can be made more compact, allows to achieve a much smaller length and volume of the intake tract, as well as to simplify the layout of the intake tract as part of the power plant as a whole, which is a priority for diesel engines. The article considers the influence of the design parameters of the supercharged air cooler on its overall characteristics and the hydraulic resistance of the supercharged air flowing through the cooler. Thus, the article provides data indicating the possibility of making a compact, highly efficient supercharged air cooler while maintaining its hydraulic resistance at an acceptable level by choosing rational parameters.

Keywords: highly boosted diesel; degree of pressure increase; supercharged air cooling; specific power; hydraulic resistance.

УДК 621.43

DOI: 10.20998/0419-8719.2022.2.07

А.Г. Лал, М.С. Шелестов

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ПАЛИВА В ОБ'ЄМІ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ДВОТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ІЗ ЗУСТРІЧНИМ РУХОМ ПОРШНІВ

В роботі проведено аналіз шляхів організації сумішоутворення у двотактному дизелі із зустрічним рухом поршнів. Розглянуті такі питання, як теплообмін зі стінками, розпилювання та випаровування палива, розподіл паливного струмені та парів палива в об'ємі камери згоряння. Зазначено, що значний вплив на процеси в циліндрі двотактного дизеля має тангенціальний вихор, котрий досягається завдяки спеціальному профілюванню вікон. Рух повітряного заряду є важливим та критичним фактором при сумішоутворенні, інтенсивність вихору оцінюється вихровим числом, яке є відношенням числа обертів вихору до числа обертів двигуна. При цьому важливо розуміти фізико-хімічні процеси у циліндрі двигуна. У процесі об'ємного сумішоутворення базовими питаннями є розпилення палива та рівномірний розподіл в об'ємі повітря. Розпилення палива має такі критерії як ступінь дисперсності та рівномірність розпаленого палива. Ступінь дисперсності оцінюється середнім діаметром крапель у розпиленому паливі. А рівномірність розпилювання в об'ємі камери згоряння залежить від форми паливного струменя, далекобійності струменя, завихрення повітря, типу камери згоряння. Наявність далекобійних струй обов'язково повинна супроводжуватись необхідною інтенсивністю руху повітряного заряду вздовж стінки. В іншому випадку в умовах гарячої стінки, що характерна для вітчизняного 6ЧН12/2х12, потрапляння палива на стінки або навіть високий вміст парів палива поблизу стінкою призводить до утворення сажі без тепловиділення, в місцях контакту струменів із перегрітою стінкою виявляються значні тверді відкладення сажі, причому ці відкладення мають характер коксу, отриманого в результаті крекування палива. Зазначений недолік не може бути усунений тільки зміною температури стінки, якщо не усувається одночасно головна його причина, а саме місцева нестача повітря (наприклад у центральній частині днища поршня). Розробка заходів запобігання цьому явищу дозволить покращити екологічність та економічність двигуна.

Ключові слова: двотактний дизель; сумішоутворення; тангенціальний вихор; паливний струмінь; камера згоряння.

Вступ. Перетворення хімічної енергії палива у теплову відбувається внаслідок його згоряння у циліндрі двигуна. Задля забезпечення повного та швидкого згоряння необхідне якісне змішування палива с повітрям. Якість сумішоутворення залежить від декількох чинників, серед яких:

- тиск і температура повітря в камері згоряння;
- тонкість розпилювання;
- параметри впорскування;
- розподіл палива по об'єму камери згоряння;
- випаровування палива,
- форма камери згоряння,
- утворення вихрового руху повітря у камері згоряння.

У дизельних двотактних двигунах із зустрічним рухом поршнів сумішоутворення відбуваєть-

ся у більш складних умовах в порівнянні з традиційними 4-тактними. Розпилювач палива не може бути встановлений у центрі камери згоряння (КЗ) внаслідок відсутності головки циліндрів, а сама КЗ утворюється між днищами поршнів у період їх максимального зближення. Тому впорскування палива відбувається з периферії. При цьому, рівномірне розпилювання палива по об'єму КЗ забезпечується використанням декількох розпилювачів та відносно значним тангенціальним і осьовим повітряними вихорами, які створюються завдяки спеціально профільованими в гільзі циліндра впускними вікнами та зустрічним рухом поршнів.

Необхідно враховувати також вплив гарячих стінок КЗ, на які може потрапляти паливо на режимах максимальних навантажень.

У зв'язку з цим для високофорсованих двигунів з протилежно рухомими поршнями задача оптимізації розподілу палива по об'єму камери згоряння із запобіганням потрапляння палива на стінку КЗ і зіткнення струменів та пристінкових потоків, надзвичайно актуальна.

Мета роботи. Аналіз впливу стінки КЗ на процеси сумішоутворення та забезпечення кращих умов розпилювання палива для вітчизняного двотактного дизельного високофорсованого двигуна 6ЧН12/2х12.

Особливості сумішоутворення в дизельних двигунах

Процес сумішоутворення у дизельному двигуні повинен задовольняти наступні умови:

- найбільш повне згоряння палива на усіх режимах роботи;
- найбільше використання повітря при режимах роботи на максимальній потужності;
- швидкість згоряння повинна бути оптимальною;
- відсутність утворення смоли при низьких температурах та роботі на малих обертах.
- забезпечення легкого пуску при низьких температурах.

Залежно від конструкції камери згоряння, розрізняють такі способи сумішоутворення:

- плівкове, коли до 80-95% палива, що подається, потрапляє на стінки камери згоряння (у так званих камерах М-процесу).
- об'ємно-плівкове, коли частина палива (до 40-50%) потрапляє на стінки камери згоряння (у камерах розділеного та напіврозділеного типів);
- об'ємне, що відбувається в об'ємі повітряного заряду (у нерозділених камерах згоряння);

При плівковому сумішоутворенні впорскування виконується на стінку КЗ у напрямку повітряного вихору. При цьому в об'ємі розпилюється не більше 5%. Паливо, при сприянні повітряного вихору, розповсюджується по поверхні камери згоряння у вигляді плівки. Температура поверхні КЗ у таких конструкціях складає до 340°C, в результаті нагріву плівки відбувається пошарове випаровування палива, змішення з повітрям та згоряння. Температура повітря у КЗ перед спалюванням 700 - 800°C для двигунів з наддувом. Плівковий та плівково-об'ємний спосіб змішення суміші характерні для двигунів з камерою в поршні. Дизелі з великою часткою плівкового сумішоутворення здебільшого відносяться до малопотужних.

До об'ємного способу відносять двигуни з відкритою камерою згоряння, процес сумішоутворення виконується за рахунок енергії впорску-

ваного палива та його рівномірного розподілу по об'єму КЗ. Підвищення кінетичною енергії струменів та забезпечення дрібного розподілу палива організовується шляхом високого тиску впорскування – 60 МПа та вище. Рівномірний розподіл по об'єму повітряного заряду досягається використанням форсунок з декількома розпилювальними отворами або розміщенням декількох форсунок на периферії камери згоряння у випадку з двигунами із зустрічним рухом поршнів. Велику роль на рівномірність розподілу також відіграє рух повітряного заряду у КЗ. Переваги об'ємного способу полягають у гарному сумішоутворенні, невеликій втраті теплоти через стінки КЗ (як наслідок краща економічність), кращих пускових властивостях та можливості форсування наддувом (рис. 1). Саме така камера є переважачою для двотактних дизелів.

На практиці в дизелях найчастіше відбувається змішане сумішоутворення з перевагою плівкового чи об'ємного характеру. [1, 2, 3] Регулювання частки об'ємного чи плівкового розподілу палива можливе зміною напрямку струменя на ближчу чи дальню стінку КЗ. Короткий струмінь збільшує плівкову частку, в той час як довгий струмінь рухається через більшу частину КЗ та довше взаємодіє з повітрям, таким чином збільшуючи об'ємну частку палива, що випаровується в об'ємі камери згоряння.

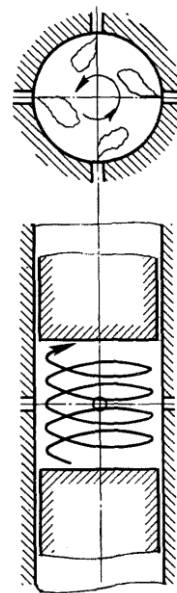


Рис. 1. Двотактний дизель із зустрічним рухом поршнів та розпилювачами на периферії КЗ

Організація руху повітряного заряду

Як вже зазначалося, важливе значення має правильно обраний рух повітря навколо осі цилін-

ндра. Тертя при такому русі порівняно невелике, тому вихор продовжує існувати достатньо тривалий час і відповідно витрати енергії на його створення незначні (отже, невеликий і опір на впуску та втрати наповнення). У двигунах з двотактним циклом обертальний рух повітря може бути створений відповідним розташуванням вхідних отворів у гільзі циліндра. Обертального руху повітря зазнає у процесі його постачання до циліндру під час продувки (рис. 1). Інтенсивність вихору оцінюється вихровим числом, яке є відношенням числа обертів вихору до числа обертів двигуна [3]. Існує оптимальне відношення, при якому досягаються найкращі показники потужності та економічності. Слід прагнути до того, щоб час повороту заряду дорівнював тривалості впорскування на повному навантаженні, з урахуванням кількості розпилювачів, якщо кілька форсунок розташовані на периферії камери згоряння. [4]. Так, наприклад, для двигуна з одним розпилювачем та тривалістю впорскування 34 - 36° п.к.в. оптимальним буде вихрове відношення зі значенням близько 10 (маса повітряного заряду зробить повний оборот).

Якщо вихор створюється за допомогою тангенціального (по відношенню до циліндра) розташування продувних вікон, то не виключена можливість утворення занадто інтенсивного вихору по всій периферії циліндра, що може призводити до наступних небажаних наслідків:

- центрифугування палива в період упорскування, внаслідок чого будуть порушені умови повного та своєчасного згоряння;
- центрифугування продувного повітря (у циліндрі залишається значне ядро гарячих продуктів згоряння).

В останньому випадку позитивний ефект може забезпечити витиснювач, розташований у центрі КЗ поршня, а також велике відношення ходу поршня до діаметра циліндра (h/D), що актуально для конструкцій з протилежно рухомими поршнями.

Якщо навпаки заряд обертається з низкою швидкістю, то при певних умовах відхилення у розмірах і напрямі продувних вікон можуть виявитися домінуючими, і робота різних циліндрів буде неоднаковою [4].

Особливості розвитку паливного струменя

При об'ємному сумішоутворенні виділяються 2 значущі складові: якість розпилення палива та рівномірний розподіл в об'ємі повітря.

Встановлено, що критерій дроблення струменя залежить від щільності газу, відносної швидкості краплі та розміру краплі [3]:

$$D = \frac{\rho_r \cdot \omega \cdot d_k^2}{\sigma} = \text{const}, \quad (1)$$

де ρ_r – щільність навколишнього газу; ω – відносна швидкість; d_k – діаметр краплі; σ - коефіцієнт поверхневого натягу.

Нижча межа критерію дроблення струменя D сягає 10,7, при цьому розпадається 10 – 20% крапель. Вища межа – 14, розпадається 100% крапель.

Ідеальна схема розпаду наведена на рис. 2.

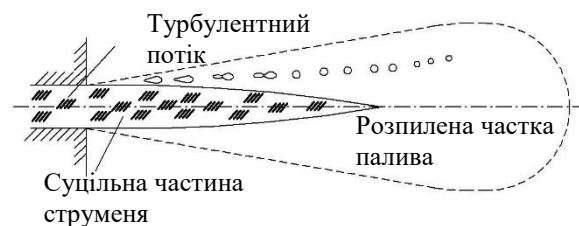


Рис. 2. Схема розпаду паливного струменя

Розпилення палива оцінюється за двома критеріями:

- за ступенем дисперсності (роздробленості),
- за рівномірністю розпаленого палива.

Ступінь дисперсності оцінюється середнім діаметром крапель у розпиленому паливі. Чим менший середній діаметр краплі d_k – тим вищий ступінь дисперсності. Чим менше різниця граничних діаметрів d_k – тим більш рівномірно розпилене паливо. Основний чинник, що впливає на дисперсність – тиск упорскування, більшому тиску відповідає більша дисперсність. Також дисперсність покращується при зменшенні діаметра розпилювача. Відповідні закономірності вказаних чинників для вітчизняних двотактних двигунів були протестовані на математичних моделях у роботі [5].

Щільність робочого тіла у кінці процесу стиску визначає протитиск середовища. У наддувних дизелях щільність робочого тіла у кінці стиску значно вище, що позитивно відображається на якості розпилюванні.

Рівномірність розпилювання в об'ємі камери згоряння залежить від:

- форми паливного струменя,
- далекобійності струменя,
- завихрення повітря,
- типу камери згоряння.

Форма паливного струменя визначається конструкцією розпилювача. В одному з перших

двотактних двигунів із зустрічним рухом поршнів Junkers використав віялоподібний розпилювач (рис. 3).

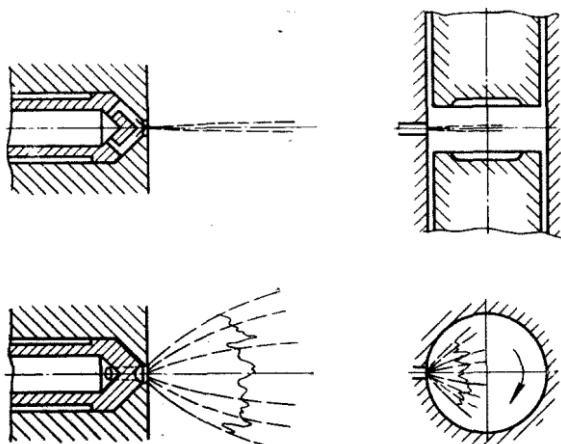


Рис. 3. Схема розпаду паливного струменя

При цьому метою ставилося не створення обертального руху палива в розпилювачі, а забезпечувалося пряме зіткнення двох струменів, внаслідок чого утворювався струмінь у вигляді плоского віяла з дрібними краплями, але невеликою далекобійністю. Ці форсунки вимагали дуже ретельного виготовлення і були дуже чутливі до неточностей виробництва: навіть при невеликому ексцентриситеті одного зі струменів плоске паливне віяло не утворювався, і струмінь виявляється викривленим [4]. Найбільш типові конструкції двотактних двигунів передбачають організацію спрямованого руху заряду за рахунок тангенціального розташування продувних вікон (рис. 1, 4).

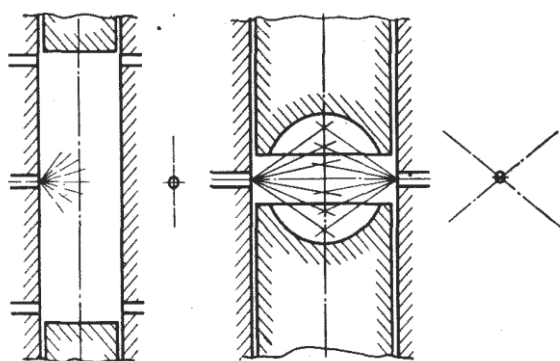


Рис. 4. Розпилювання палива в двигуні з протилежно рухомими поршнями

На сучасних вітчизняних двотактних двигунах із зустрічним рухом поршнів використовуються розпилювачі напівзакритого типу з шариковим клапаном, що забезпечують тиск впорскування близько 60 МПа.

Великий вплив на розподіл палива має далекобійність струменя. Глибина проникнення по-

винна бути такою, щоб вершина паливного струменя майже сягала стінки КЗ для кращого використання повітря, а згоряння закінчувалось біля стінки. Переміщення вершини залежить від часу (рис. 5).

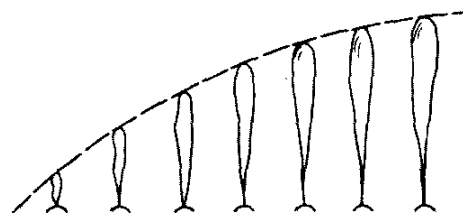


Рис. 5. Розвиток струменя у функції часу

Швидкість вершини струменя поступово зменшується внаслідок зростання аеродинамічного супротиву повітря. На далекобійність струменя переважно впливають тиск впорскування, діаметр отвору розпилювача, число обертів паливного насоса. Таким чином далекобійність зростає із збільшенням тиску впорскування, при збільшенні діаметра розпилювача струмінь стає компактнішим (далекобійність зростає). Залежність від обертів паливного насоса є прямолінійною. Наявність далекобійних струменів обов'язково повинна супроводжуватись необхідною інтенсивністю руху повітряного заряду вздовж стінки.

Струмінь палива лише у самому початку руху переміщується під дією енергії палива. Після виходу з отвору розпилювача на розвиток струменя значною мірою впливає рух повітряного заряду. При менших швидкостях його рух впливає тільки на оболонку факела із дрібними краплями, відбувається розвіювання струменя (рис. 6, а). При більших швидкостях, що характерні для двотактних двигунів із наявністю тангенціального вихору (так 6ЧН12/2х12 має швидкість вихору 84 м/с на радіусі $R = 29$ мм) відхиляється і ядро струменя (рис. 6, б).

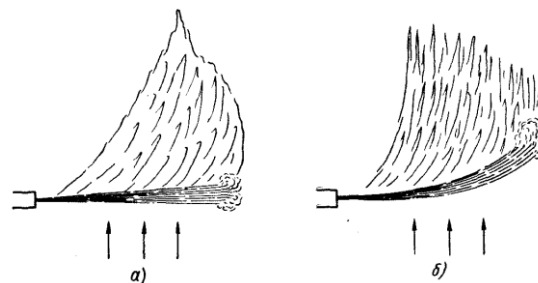


Рис. 6. Вплив руху повітряного заряду на струмінь палива

Особливості спалахування та згоряння

Спалахування може відбутися тільки в тих зонах, де пари палива з повітрям утворюють

склад суміші, що знаходиться у межах горючості. Зона з необхідною концентрацією палива в суміші може утворитися тільки в тих місцях КЗ, де утворюються пари впорскуваного й розпиленого палива. Ця зона завжди буде знаходитися між ядром струменя й областю переходу суміші у повітря (рис. 2). Умови для спалахування в середині струменя несприятливі, бо концентрація рідкого палива найбільша, а температура нижче внаслідок випаровування одночасно великої кількості крапель. [6] Початкові осередки самоспалахування майже завжди з'являються локалізовано біля зовнішніх меж факелу розпиленого палива, як правило число таких осередків дорівнює числу паливних струменів. Полум'я швидко розповсюджується спочатку по об'єму паливних струменів, а згодом при змішенні розпиленого, випарованого й запаленого палива - по всій камері згоряння.

Відомо, що більш сприятливі умови спалахування досягаються, якщо стінки КЗ у період стиску мають більшу температуру, ніж повітря, струмінь при цьому повинен бути направлений саме до гарячої стінки. Розпилювання та випаровування палива також здійснюються більш сприятливо у випадку інтенсивного руху заряду. Крім того, більш сприятливий рух заряду впоперек струменя, ніж уздовж.

Дослідження вказують на те, що при здійсненні повітряним зарядом колового руху на гарячу стінку (до певних значень температури стінки КЗ), паливо згоряє повністю й швидко, попри відсутності рівномірного розподілу по об'єму. Це пояснюється тим, що полум'я виникає далеко від форсунок і потім розповсюджується по об'ємі КЗ, при цьому полум'я спіралеподібно й швидко спрямовується до центру КЗ (рис. 7) [3]. Гарячі і менш щільні продукти згоряння переносяться до центру, внаслідок цього більш холодне повітря витісняється з центру до периферії і забезпечує біля стінки необхідний для згоряння кисень. Потенційний вихор виникає завжди, якщо повітря потрапляє в циліндр тангенціально.

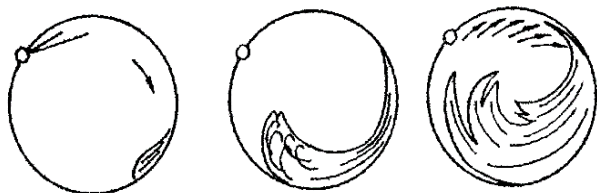


Рис. 7. Згоряння в потенціальному вихорі

Вплив контакту паливного струменя зі стінкою

У двигунах з протилежно рухомими поршнями надзвичайно актуальною є задача оптиміза-

ції спрямування соплових отворів форсунок. Вона полягає в забезпеченні умов запобігання потрапляння палива на гарячі стінки КЗ та дзеркало циліндра.

Існують досліди [3], що дозволяють дати оцінку якості робочого процесу в залежності від орієнтації отвору розпилювача. Установка Пішнєра передбачала можливість регулювання розпилювача, щоб паливний струмінь потрапляв до КЗ під різними кутами. Забезпечувалося протікання згоряння при незмінному об'ємі за умов, близьких до умов КЗ дизеля: $p_c = 4,5$ МПа; $t^c = 650^\circ\text{C}$, швидкість вихору біля стінки 90 м/с.

При $\beta = 2^\circ$ сумішоутворення було суто плівковим. Аналіз результатів експерименту дозволяє відзначити, що температура поверхні стінок камери згоряння істотно впливає на динаміку згоряння при плівковому сумішоутворенні (рис. 8, а). В цьому випадку потрапляння палива на стінку КЗ може позитивно впливати на випаровування палива. Однак у високофорсованих дизелів температура стінки може сягати 900°C (жарова накладка поршня 6ЧН12/2х12) і потрапляння палива на стінку вкрай небажано. Об'ємне сумішоутворення досягається при більших значеннях куту встановлення розпилювача, у розглянутому досліді цей кут становив $\beta = 63^\circ$. При об'ємному сумішоутворенні температура стінок слабше впливає на характер згоряння (рис. 8, в). У вітчизняних двигунах паливо впорскується проти повітряного вихору. З урахуванням значного впливу повітряного вихору на динаміку розвитку струменя, це покращує рівномірність розподілу палива в повітрі.

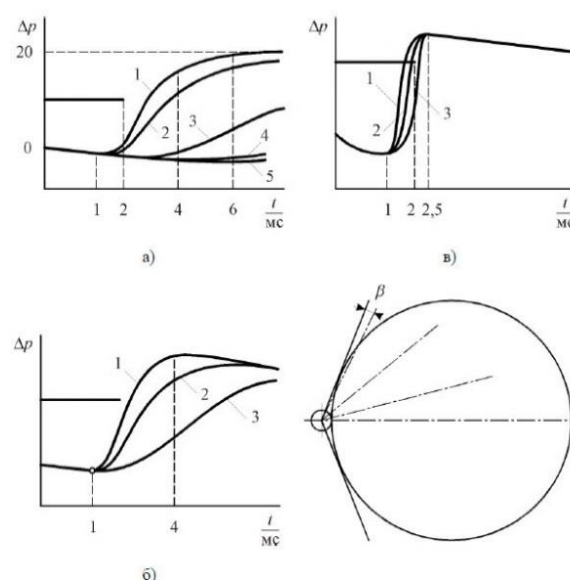


Рис. 8. Вплив кута зустрічі струменя зі стінкою та температури стінки

Слід зазначити що при дуже високій температурі стінки значний вміст парів палива поблизу стінок може призводити до утворення сажі без тепловиділення [5]. І дійсно, в місцях контакту струменів із перегрітою стінкою виявляються значні тверді відкладення сажі, причому ці відкладення мають характер коксу, отриманого в результаті крекування палива. Це впливає на зменшення тепловиділення і, як наслідок, корисної роботи, погіршує економічність та екологічність двигуна.

На практиці, особливо при збільшенні циклових подач палива при форсуванні двигуна порушуються оптимальні умови поєднання температури стінки КЗ та руху заряду. Це може призводити до неповного горіння з утворенням СО, альдегідів, іноді лакових сполук та сажі, отриманої в результаті крекування палива.

Якщо температура стінки та швидкість повітря обрані правильно, то практично будь-яке паливо можна спалити швидко і повно.

Зазначений негативний ефект не може бути усунений тільки зміною температури стінки, якщо одночасно не усувається головна його причина, а саме, зміна орієнтації паливного струменя і збільшення постачання повітря в зону згорання палива.

Висновки

В статті показана актуальність впровадження високоефективного охолодження наддувного повітря в дизелі 6ДН12/2-12, що дасть змогу додатково збільшити рівень його форсування шляхом підвищення тиску наддуву при збереженні на високому рівні його економічних, екологічних та ресурсних показників.

Система наддуву дизеля є двоступеневою, а отже, доцільним є використання двох відносно невеликих охолоджувачів наддувного повітря, кожен з яких встановлюється після компресору відповідного ступеня. Такий захід дає змогу значно покращити умови роботи компресору другого ступеня, а також більш вдало скомпонувати впускний тракт в складі енергетичної установки.

Наведено методику та результати дослідження, що свідчать про наявність потенціалу для зменшення габаритних розмірів охолоджувачів наддувного повітря високофорсованого дизеля 6ДН12/2-12 шляхом вибору раціональних параметрів охолоджувачів. Отримані дані свідчать про

доцільність використання водяних трубок діаметром 0,013 м. з метою забезпечення найбільш компактною конструкцією охолоджувачів наддувного повітря заданої ефективності.

Швидкість потоку повітря крізь охолоджувачі обрано, виходячи з максимально прийнятною рівня втрат тиску повітря внаслідок протікання крізь охолоджувачі. Швидкість потоку повітря становить 57 м/с та 46 м/с для охолоджувачів першого та другого ступеня відповідно. Завдяки таким параметрам, площа поперечного перетину охолоджувачів наддувного повітря становитиме 0,027 м² та 0,026 м² для охолоджувачів першого та другого ступеня відповідно.

Таким чином, в результаті досліджень показана можливість реалізації обох охолоджувачів наддувного повітря високофорсованого дизеля 6ДН12/2-12 надзвичайно компактними шляхом вибору раціональних параметрів охолоджувачів.

Список літератури:

1. Кулешов А.С. Развитие методов расчета и оптимизация рабочих процессов ДВС: дис. на здобуття наук. ступеня доктора технічних наук: 05.04.02/ Кулешов Андрей Сергеевич. - М., 2011. - 235с
2. Семенов Б. Н. Рабочий процесс высокооборотных дизелей малой мощности/ Семенов Б.Н., Павлов Е.П., Копцев В.П. — М.: Машиностроение, 1990. - 240 с.
3. Вибе И. И. Теория двигателей внутреннего сгорания [Текст]: конспект лекций/ Вибе И. И. — Ч.: Машиностроение, 1974. - 252 с.
4. Брозе Д.Д. Сгорание в поршневых двигателях/ Брозе Д.Д. — М.: Машиностроение, 1969. - 248 с.
5. Лал А. Г. Дослідження впливу змін умов сумішоутворення при форсуванні опозитного двотактного дизеля на показники згорання/ А. Г. Лал , І. В. Парсаданов// Двигуни внутрішнього згорання. - 2020. - № 1. - С. 21-27.
6. Вулис Л.А. Теория струй вязкой жидкости / Вулис Л.А., Кашикарров В.П. — М.: Наука, 1965. - 431 с.

Bibliography (transliterated):

1. Kuleshov A.S. (2011), *Development of calculation methods and optimization of workflows of the internal combustion engine [Razvitiye metodov rascheta i optimizatsiya rabochikh protsessov DVS]*, Moscow, 235 p.
2. Semenov B.N., Pavlov E.P., Koptsev V.P. (1990), "The working process of low power high-speed diesel engines" [*Rabochiy protsess vysokooborotnykh dizeley maloy moshchnosti*], Mashinostroyeniye, Moscow, 240p.
3. Vibe I. I. (1974), "Theory of internal combustion engines" [*Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya*], Mashinostroyeniye, Chelyabinsk, 252 p.
4. Brose D.D. (1969), "Combustion in piston engines" [*Sgoraniye v porshnevnykh dvigatelyakh*], Mashinostroyeniye, Moscow, 248p.
5. Lal A.G. (2020), "Research of fuel/air mixing conditions influence in opposed-piston two-stroke engine power increasing", *Internal combustion engines [Doslidzhennya vplyvu zmin umov sumishoutvorenniya pry forsuванні opozytного dvotaktnogo dyzelya na pokaznyky z-horyannya]*, No. 1, pp. 21-27.
6. Vulis L.A., Kashkarov V.P. (1965), "Theory of viscous liquid jets" [*Teoriya struy vyazkoy zhidkosti*], Nauka, Moscow, 431 p.

Надійшла до редакції 12.07.2022 р.

Лал Амір Гул (Amir Lal) – магістр, аспірант кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: amir.Lal@iee.khpi.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4729-3739>.

Шелестов Максим Сергійович (Shelestov Maxim) – аспірант кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: maksym.shelestov@ieee.khpi.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-9003-1422>.

CHARACTERISTICS OF FUEL DISTRIBUTION IN THE VOLUME OF THE COMBUSTION CHAMBER OF TWO-STROKE DIESEL ENGINE WITH OPPOSITE MOVEMENT OF PISTONS

A.G. Lal, M.S. Shelestov

The paper analyzes ways of organizing mixture formation in a two-stroke diesel engine with reciprocating piston movement. Issues such as heat exchange with the walls, atomization and evaporation of fuel, distribution of the fuel jet and fuel vapors in the volume of the combustion chamber are considered. It is noted that the tangential vortex, which is achieved thanks to the special profiling of the windows, has a significant impact on the processes in the two-stroke diesel cylinder. The movement of the air charge is an important and critical factor in the formation of a mixture, the intensity of the vortex is estimated by the vortex number, which is the ratio of the number of revolutions of the vortex to the engine speed. In the process of volumetric mixture formation, the basic issues are fuel atomization and uniform distribution in the air volume. Fuel spraying has such criteria as the degree of dispersion and uniformity of the ignited fuel. The degree of dispersion is estimated by the average diameter of drops in the sprayed fuel. And the uniformity of spraying in the volume of the combustion chamber depends on the fuel jet shape, range of the jet, swirling air, the type of combustion chamber. The presence of long-range jets must necessarily be accompanied by the necessary intensity of air charge movement along the wall. Otherwise, in the conditions of the hot wall, which is typical for the domestic 6ChN12/2×12, in the places of contact of the jets with the overheated wall, significant solid deposits of soot are found, and these deposits have the character of coke, obtained as a result of fuel cracking. The mentioned drawback cannot be eliminated only by changing the wall temperature, if its main cause is not eliminated simultaneously, namely, a local lack of air (for example, in the central part of the piston bottom). Development of measures for prevention of this phenomenon will improve the engine's environmental friendliness and efficiency.

Key words: two-stroke diesel engine; mixing; tangential whirl; fuel jet; combustion chamber.