

III МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В МЕТАЛУРГІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.436:665.753

Д-р техн. наук Слинько Г. І.¹, Сухонос Р. Ф.¹, Цокотун П. В.¹, Слинько В. В.¹, Володін Д. А.²¹ Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя² Відділ прикордонної служби України «Бориспіль-2», м. Бориспіль

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА 6ЧН12/14 ЗАВДЯКИ ВДОСКОНАЛЕННЮ РОЗПИЛЕННЯ ТА СУМІШОУТВОРЕННЯ

Мета роботи. Підвищення показників паливної економічності дизельного двигуна великої розмірності шляхом модернізації паливної форсунки, в якій потік палива отримує додаткове збудження.

Методи дослідження. Використовуючи дані літературних джерел, обґрунтовано необхідність збільшення турбулентності потоку палива, що проходить каналами паливної форсунки дизельного двигуна внутрішнього згорання. Розроблено модернізований варіант розпилювачів форсунок дизельного двигуна 6ЧН12/14, в яких потік палива отримує додаткове збурення, побудовано її тривимірну модель, задано граничні умови потоку рідини. За допомогою програмного комплексу Ansys CFX теоретично отримано розподіл швидкості, тиску, турбулентної кінетичної енергії потоку в проточній частині серійного та модернізованого розпилювачів форсунок. При цьому похибка розрахунку склала близько 4 %.

Отримані результати. З аналізу отриманих результатів видно, що середні по перетину значення турбулентної кінетичної енергії, отримані на виході розрахункової області дослідного розпилювача, на 27,5 % більше, ніж у серійного розпилювача, а тиск і швидкість підвищуються не суттєво. Збільшення турбулентності потоку, призводить до кращого розпилення палива в камері згорання двигуна та покращення сумішоутворення. Це підтверджується стендовими випробуваннями двигуна 6ЧН12/14 (у виконанні К-164) в складі навантажувального стенду, які показали покращення техніко-економічних характеристик в усьому діапазоні обертів при роботі з модернізованими форсунками. На номінальному режимі роботи дизеля крутний момент та ефективна потужність збільшилися на 6,9 %. Питома ефективна витрата палива скоротилася на 6,4 %, також знизилася годинна витрата палива на 1,9 %. Отримані результати підтвердили позитивний ефект від модернізації паливної форсунки створенням додаткового збурення потоку палива завдяки горизонтальному кільцевому уступу, який виконано вище посадкового діаметра голки.

Наукова новизна. Вперше розроблено методику визначення показників потоку палива в проточній частині розпилювачів форсунок; визначено вплив додаткового гідравлічного опору в проточній частині розпилювача на величину турбулентної кінетичної енергії потоку.

Практична цінність. Розроблено конструкцію розпилювача форсунки, що забезпечує поліпшення показників паливної економічності та ефективності дизельного двигуна; розроблена методика може бути використана у навчальному процесі при викладанні дисциплін «Теорія двигунів внутрішнього згорання» та «Системи двигунів внутрішнього згорання», а також при проектуванні систем паливоподачі дизельних двигунів.

Ключові слова: голка, дизельний двигун внутрішнього згорання, паливо, параметри впорскування, розпилювач, турбулізація, форсунка.

Вступ

В даний час в якості одного з напрямків вдосконалення робочого процесу дизельних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) з метою покращення показників паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів (ВГ) розглядається підвищення ефективності сумішоутворення шляхом інтенсифікації подачі палива,

тобто підвищення тиску впорскування [1–2]. Тиск впорскування впливає на такі характеристики процесу подачі палива: далекобійність струменя палива L (рис. 1), її ширина B , кут конуса струменя β , дисперсність розпилювання. Перші три параметри визначають ступінь охоплення струменем простору камери згорання (КЗ) двигуна і, отже, якість сумішоутворення.

тиску і швидкостей в зоні відриву, що поширюються на весь потік палива в розпилюючому отворі. Таким чином, вихори, що зародилися біля вхідної кромки розпилюючого отвору, призводять до посилення збудження потоку палива в цьому отворі, який діє на подальший розпад струменя палива.

Проте, варто зазначити, що на ступінь турбулізації струменя розпиленого палива впливає не тільки характер перебігу палива в розпилюючому отворі форсунки, а й величина збудження потоку палива, який виникає при його течії в кільцевому каналі між корпусом і голкою розпилювача (тобто в кільцевому зазорі 3 на рис. 1). Тому форма ліній течії, ступінь стиснення потоку палива (найменший діаметр стиснення струменя d_c в перерізі x , довжина ділянки l_c , рис. 2), розміри зони відриву, турбулізація потоку палива на виході з розпилюючого отвору, параметри струменя (її довжина L , ширина B , кут розкриття β), дрібність розпилювання палива залежать від геометричних параметрів всієї проточної частини розпилювача форсунки.

В ряді робіт [1, 7–9] показано, що для забезпечення високої якості процесу розпилювання дизельного палива і подальшого якісного сумішоутворення бажано забезпечити високу турбулізацію потоку палива в проточній частині розпилювача форсунки. Висока турбулентність потоку палива на виході з розпилюючих отворів призводить до турбулізації струменя розпиленого палива, його швидкого розпаду в КЗ дизеля і поліпшенню показників розпилювання і сумішоутворення. Зазвичай турбулізація потоку палива в проточній частині розпилювача форсунки досягається завдяки виконанню розпилюючих отворів з додатковими гідравлічними опорами. Крім підвищеної шорсткості розпилюючих отворів і наявності гострих кромки на їх вході і виході, відомі й інші способи турбулізації потоку палива: виконання гвинтових канавок в розпилюючих отворах, виготовлення розпилювачів з перехресними розпилюючими отворами, виконання канавок на виході з розпилюючих отворів і т. п. [4, 6, 9]. Але виконати такі турбулізатори технологічно досить складно з огляду на малий діаметр розпилюючих отворів і великого числа розпилюючих отворів в сучасних системах подачі палива, що досягає 20 і більше отворів [7]. Крім того, розпилюючі отвори схильні до закоксування. Більш простим способом збільшення потоку палива в проточній частині розпилювача форсунки є виконання додаткових гідравлічних опорів на хвостовику голки розпилювача форсунки.

Постановка задач

Кінцевою метою роботи є покращення показників паливної економічності дизельного ДВЗ шляхом вдосконалення конструкції розпилювачів форсунок. При цьому в роботі вирішуються наступні наукові та практичні задачі:

- дослідити вплив турбулізації на процеси впорскування, розпилювання та сумішоутворення у дизельних ДВЗ;
- розробити конструкцію розпилювача форсунки, що забезпечить поліпшення якості процесів розпилювання палива і сумішоутворення;
- розробити методику визначення показників потоку палива в проточній частині розпилювача форсунки дизеля;
- провести експериментальні дослідження дизельного двигуна, оснащеного серійними і вдосконаленими розпилювачами форсунок, при його роботі на дизельному паливі.

Методика досліджень

Для оцінки впливу гідравлічних опорів, виконаних на хвостовику голки розпилювача форсунки, обрано розпилювач типу 164.25.001 виробництва дизелебудівного заводу імені С. М. Кірова (м. Токмак). Ці розпилювачі використовуються в форсунках 164.25.000-4 дизелів типу 6ЧН12/14, призначених для використання в якості головних судових двигунів для приводу гребних гвинтів, водометних рушіїв, приводу судових і стаціонарних генераторів постійного і змінного струму, а також екскаваторів, шпалопідбивних машин, насосів, лебідок та інших механізмів на стаціонарних і пересувних об'єктах.

Дослідний розпилювач (рис. 3б) отриманий в результаті модернізації серійного розпилювача. Модернізація полягає в тому, що конусна частина хвостовика голки з кутом конуса 60° сточена на 0,1 мм (по діаметру) вище діаметра $d = 2,6$ мм з кутом конуса 75° . В результаті зазначеної модернізації на хвостовику голки утворюється горизонтальний кільцевий уступ, що має зовнішній і внутрішній діаметри 2,6 і 2,5 мм, що є місцевим гідравлічним опором.

Для якісної і кількісної оцінки впливу геометрії проточної частини розпилювача форсунки на формування струменів розпиленого палива необхідно визначити залежність вихідних параметрів потоку з соплового отвору від геометрії проточної частини. Проведено дослідження течії палива в проточній частині серійного і дослідного розпилювачів форсунок. Для розрахункових досліджень використано програмний комплекс Ansys CFX v19.1.

Побудована тривимірна модель корпусу розпилювача форсунки та голки форсунки і на її основі розташована сітка кінцевих елементів (див. рис. 4). Мінімальний розмір елемента становить 1×10^{-5} м, що дозволило вмістити не менш ніж 25 елементів в мінімальних геометричних перетинах для забезпечення високої точності розрахунку.

В якості граничних умов обрана схема завдання повного тиску на вході в систему (in) і статичного тиску на виході (out), що імітує протитиск при впорскуванні палива в КЗ. Дана розрахункова схема є досить стійкою, а також дозволяє уникнути задання чіткого значення витрати палива, що важливо для достовірного порівняння різних геометричних схем.

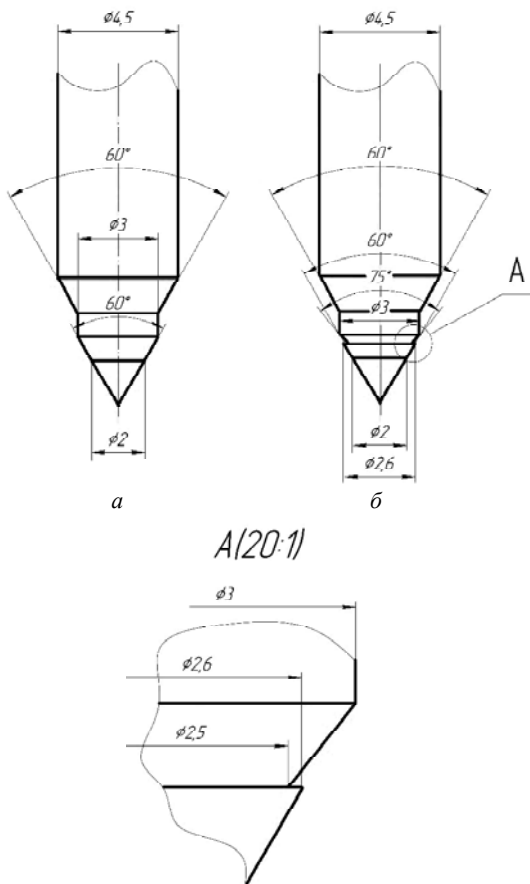


Рис. 3. Конструктивні схеми носка голки розпилювача:
 а – серійний розпилювач 164.25.001; б – дослідний розпилювач, який сприяє турбулізації палива

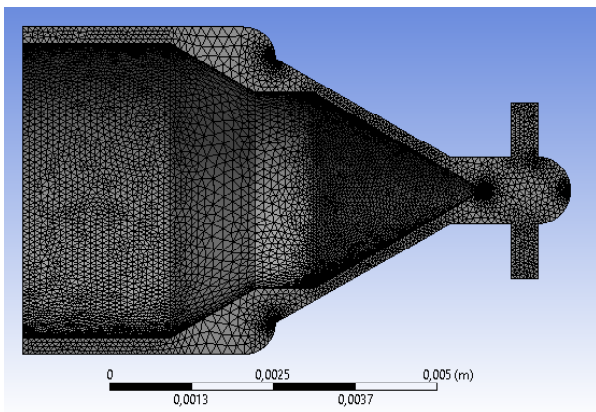


Рис. 4. Сітка кінцевих елементів порожнини розпилювача форсунки двигуна К-164

Для верифікації розрахункової моделі проведено попередній розрахунок течії палива в розпилювачі форсунки при постійному тиску на вході в розпилювач, що відповідає середньому тиску впорскування палива, характерному для паливної системи дизеля К-164 на номінальному режимі. Тиск на вході (in) прийнято 60 МПа, а на виході (out) – 9 МПа. Температуру палива прийня-

то 40 °С, що відповідає реальній температурі в системі подачі палива). Ефективний прохідний перетин розпилювача $\mu_{fp} = 0,123 \text{ мм}^2$. Фізико-хімічні властивості рідини задаємо для літнього дизельного палива.

Для даного розрахунку використовувалася проста модель турбулентності. В початкових умовах інтенсивність вихорів задавалася як середня на вході і висока на виході. В якості граничних умов стінок використовувалася модель, яка не враховує шорсткість поверхні і прилипання палива до стінок. В результаті розрахунку визначено значення витрати палива $G_n = 39,6 \text{ см}^3\text{с}^{-1}$, при ефективному прохідному перетину розпилювача $\mu_{fp} = 0,118 \text{ мм}^2$. Різниця дійсної і розрахункової величини μ_{fp} склала 4 %, що дозволяє використовувати дану модель для порівняльних розрахунків і отримання абсолютних значень параметрів.

Для порівняння течій в серійному і дослідному розпилювачі виконано чисельні експерименти. Початкові і граничні умови в порівняльних розрахунках задані однаковими, відрізнялася лише геометрія хвостовика голки розпилювача.

В результаті проведеного порівняльного розрахункового дослідження потоків палива в серійному розпилювачі і в дослідному розпилювачі отримано розподіли швидкостей течії палива в проточних частинах зазначених розпилювачів, представлених на рис. 5. На цьому рисунку показані лінії течії, колір яких визначає швидкість течії палива в різних областях проточної частини розпилювача. Аналіз ліній течії в проточних частинах серійного і дослідного розпилювачів показує, що їх лінії струму дещо відрізняються, особливо в області розташування місцевих опорів, виконаних на хвостовику голки дослідного розпилювача. Максимальні швидкості течії палива відзначаються в розпилюючих отворах форсунок, де вони перевищують значення 300 мс^{-1} для обох варіантів розпилювачів.

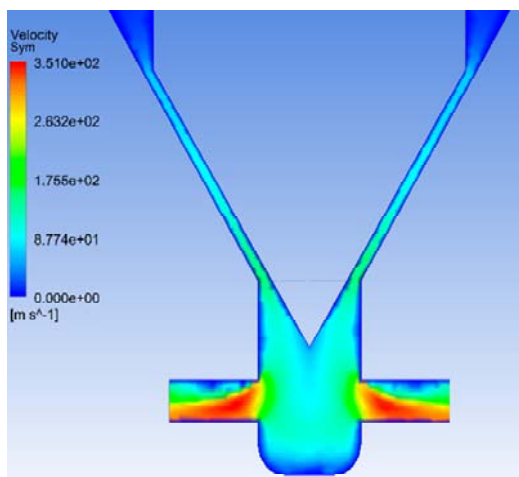
Розподіл тиску палива в проточній частині досліджуваних розпилювачів форсунок представлено на рис. 6. Незважаючи на те, що створений в дослідному варіанті розпилювача місцевий опір безумовно збільшує гідравлічні втрати, це не призводить до зменшення тиску на виході розрахункової області (тиску впорскування). Більш того, збільшення перетинів проточної частини дослідного розпилювача призводить до збільшення тиску на виході з розрахункової області даного розпилювача. У серійного розпилювача цей тиск виявився рівним $p = 53,24 \text{ МПа}$, в той час як у дослідного – $p = 54,65 \text{ МПа}$.

Ступінь турбулізації потоку палива оцінюємо за величиною турбулентної кінетичної енергії. Її розподіл в проточних частинах серійного та дослідного розпилювачів форсунок показано на рис. 7.

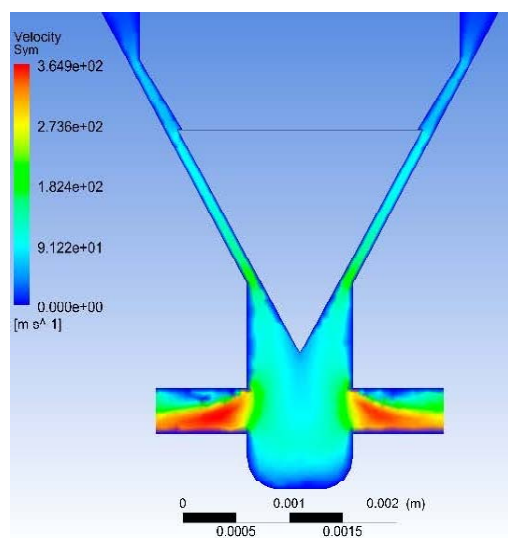
Завдяки виконанню додаткової проточки на голці форсунки в зоні під кільцевим уступом дослідного розпилювача спостерігається збільшення турбулентної кінетичної енергії $k = 375 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$. Максимальне значення тур-

булентної кінетичної енергії зафіксовані на вході в розпилюючі отвори. В цій області турбулентна кінетична енергія потоку палива досягла значення $k = 838,8 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$ (проти $k = 658 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$ у серійного розпилювача).

З аналізу розподілу турбулентної кінетичної енергії потоку по проточних частинах серійного і дослідного розпилювачів форсунки випливає, що середні по перетину значення турбулентної кінетичної енергії, отримані на виході розрахункової області дослідного розпилювача, на 27,5 % більше, ніж у серійного.



а



б

Рис. 5. Розподіл швидкостей палива в проточній частині серійного (а) і дослідного (б) розпилювачів форсунок

Узагальнюючи викладене, робимо висновок, що за ступенем турбулізації потоку палива і показниками процесу подачі палива дослідний розпилювач має ряд переваг в порівнянні з серійним розпилювачем 164.25.001. Стрибки ущільнення палива впливають на збільшення турбулентності потоку палива на виході з розрахункової області проточної частини дослідного розпилювача, що призводить до інтенсифікації розпилювання, швидкого розпаду струменя в КЗ дизеля, поліпшення показників сумішоутворення.

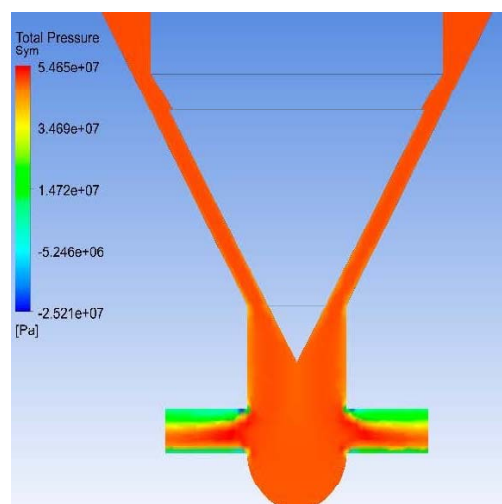
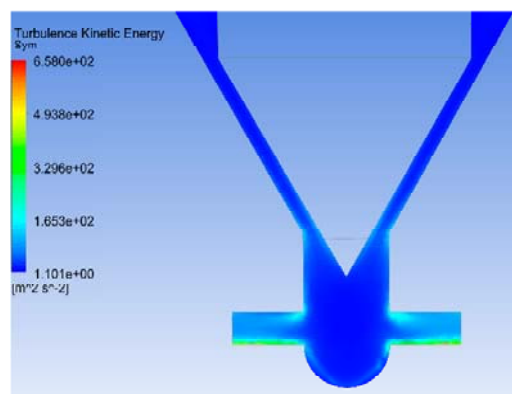
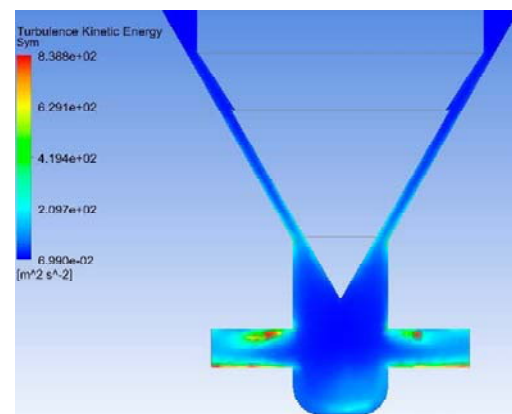


Рис. 6. Розподіл тиску палива в проточній частині дослідного розпилювача форсунки



а



б

Рис. 7. Розподіл турбулентної кінетичної енергії в проточній частині серійного (а) і дослідного (б) розпилювачів форсунок

Експерименти

Для визначення впливу ступеня турбулентності розпилювачів форсунок на показники чотиритактного дизеля 6ЧН12/14 (К-164) проведено ряд експериментальних випробувань. На серійному двигуні, що знаходиться в складі навантажувального стенду з електричним гальмівним пристроєм, серійні розпилювачі форсунок

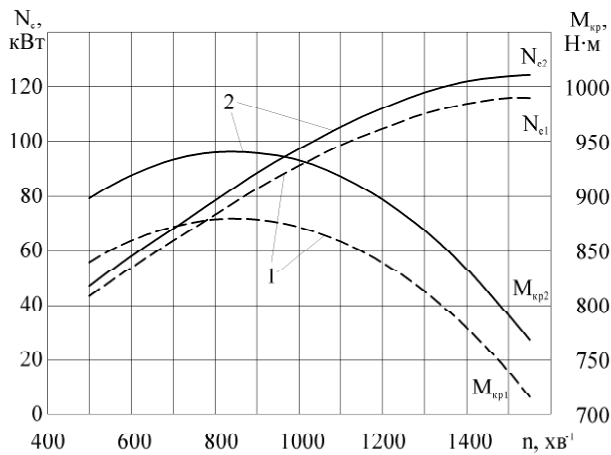


Рис. 8. Порівняння ефективної потужності N_e та крутного моменту $M_{кр}$ від кількості обертів колінчастого валу двигуна 6ЧН12/14 (К-164) з базовими (1) та модернізованими (2) розпилювачами форсунок

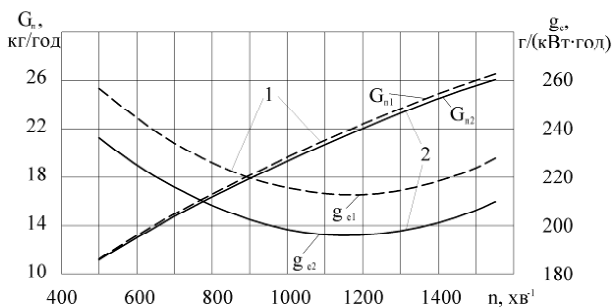


Рис. 9. Порівняння питомої витрати палива g_e і годинної витрати палива G_n від кількості обертів колінчастого валу двигуна 6ЧН12/14 (К-164) з серійними (1) та модернізованими (2) розпилювачами форсунок

замінено на модернізовані. Всі форсунки відрегульовано на початок впорскування палива при $P_{впр} = 17$ МПа.

Техніко-економічні показники (у вигляді швидкісних характеристик) двигуна визначались на навантажувальному стенді згідно з ГОСТ 14846-81. Після обробки експериментальних даних побудовано графічні залежності ефективної потужності N_e та крутного моменту $M_{кр}$ (рис. 8) і питомої g_e та годинної витрати палива G_n (рис. 9) від кількості обертів колінчастого валу n .

Як видно з графіка (рис. 8), модернізація двигуна шляхом встановлення дослідних розпилювачів форсунок дає позитивний вплив на ефективну потужність та крутний момент чотиритактного ДВЗ при незначних змінах в конструкції. При застосуванні дослідних розпилювачів двигун розвиває до 124 кВт потужності при номінальних обертах 1500 хв⁻¹, що на 8 кВт (6,9%) більше, ніж у базового двигуна. Крутний момент зростає на 50,96 Нм (6,9%) і складає 789,81 НЧм у дизеля з дослідними розпилювачами форсунок.

Як видно з графіка (рис. 9), використання модернізованих розпилювачів форсунок дає позитивний вплив на питому витрату палива чотиритактного ДВЗ. Після

модернізації питома витрата палива знижується з 224,32 г·кВт⁻¹·год⁻¹ до 210 г·кВт⁻¹·год⁻¹ (на 6,4%) при частоті обертання колінчастого валу 1500 хв⁻¹. Годинна витрата палива на номінальному режимі зменшується з 26,60 кг·год⁻¹ до 26,10 кг·год⁻¹ (на 1,9%).

Висновки

1. За результатами аналізу літературних джерел розроблено проект модернізації розпилювачів форсунок дизельних ДВЗ додатковим гідравлічним опором на голці форсунки, що сприяє збільшенню турбулізації потоку палива.

2. В електронному вигляді побудовано тривимірну модель розпилювача форсунки, задано початкові та кінцеві умови руху рідини. В програмному комплексі Ansys CFX побудовано поля розподілу тиску, швидкості та енергії турбулізації в проточній частині розпилювача форсунки.

3. Розрахункові дослідження серійного і дослідного розпилювача 164.25.001 дизеля 6ЧН12/14 дозволили виявити переваги дослідного розпилювача з горизонтальним кільцевим уступом, виконаним вище посадкового діаметра. За ступенем турбулізації потоку палива і показниками процесу подачі палива дослідний розпилювач має ряд переваг в порівнянні з серійним. Крім того, що його використання призводить до підвищення тиску впорскування палива, збільшується і турбулізація потоку (величина турбулентної кінетичної енергії). Висока турбулентність потоку палива на виході з розрахункової області проточної частини дослідного розпилювача призводить до інтенсифікації розпилювання і сумішоутворення.

4. Виконано стендові дослідження 4-тактного дизельного двигуна 6ЧН12/14 (К-164), обладнаного серійними або дослідними розпилювачами форсунок. Визначено, що завдяки стрибкам коливань покращуються техніко-економічні характеристики у всьому діапазоні обертів. На номінальному режимі роботи дизеля збільшився крутний момент $M_{кр}$ з 738,85 Нм до 789,81 Нм (на 6,9%) та ефективна потужність N_e з 116 до 124 кВт (на 6,9%). Питома ефективна витрата палива g_e скоротилася на 6,4%, також знизилась годинна витрата палива G_m на 1,9%.

Список літератури

1. Марков В. А. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. И. Мальчук. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 360 с.
2. Ильин С.И. Выбор параметров топливной аппаратуры перспективного двигателя 6 ЧН 13/14 / С. И. Ильин, М. С. Столбов, И. И. Абаляева // Двигателестроение. – 1991. – № 12. – С. 29–32.
3. Дмитренко В. П. Исследование влияния конструктивных элементов распылителя на протекание его гидравлической характеристики [Текст] / В. П. Дмитренко // Труды МАДИ. – М. : Изд-во МАДИ. – 1970. – С. 110–114.
4. Кутовой В. А. Впрыск топлива в дизелях / В. А. Кутовой. – М. : Машиностроение, – 1981. – 119 с.
5. Топливные системы и экономичность дизелей [Текст] /

- И. В. Астахов [и др.]. М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.
6. Kamimoto T. Effect of High Pressure Injection Soot Formation in a Rapid Compression Machine to Simulate Diesel Flames [Текст] / Т. Kamimoto, Н. Yokota, Н. Kobayashi // SAE Technical Paper Series. – 1987. – № 871610. – Р. 1–9.
 7. Грехов Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Учебник для ВУЗов [Текст] / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. – М. : Изд-во «Легион-Автодата», 2005. – 344 с.
 8. Слинько Г. І. Дослідження турбулентності потоку палива в модернізованих форсунках дизельного двигуна 6ЧН12/14 [Текст] / Г. І. Слинько, Д. А. Володін, Р. Ф. Сухонос, Д. П. Чишко // Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні : Міжнарод. наук.-практ. конф., 15–18 жовтня 2019 : Наук. праці – Х. : ХНАДУ, 2019. – С. 203–205.
 9. Мальчук В. И. Топливоподача и зональное смесеобразование в дизелях [Текст] / В. И. Мальчук. – М. : МАДИ ГТУ «МАДИ», 2009. – 176 с.

Одержано 21.12.2020

Слинько Г.И., Сухонос Р.Ф., Цокотун П.В., Слинько В.В., Володин Д.А. Повышение топливной экономичности дизельного двигателя 6ЧН12/14 за счет совершенствования распыления и смесеобразования

Цель работы. Повышение показателей топливной экономичности дизельного двигателя большой размерности модернизацией топливной форсунки, в которой поток топлива получает дополнительное возбуждение.

Методы исследования. Используя данные литературных источников обоснована необходимость увеличения турбулентности потока топлива, проходящего по каналам топливной форсунки дизельного двигателя внутреннего сгорания. Разработан модернизированный вариант распылителей форсунок дизельного двигателя 6ЧН12/14, в которых поток топлива получает дополнительное возмущение, построена ее трехмерная модель, заданы граничные условия потока жидкости. С помощью программного комплекса Ansys CFX теоретически получено распределение скорости, давления, турбулентной кинетической энергии потока в проточной части серийного и модернизированного распылителей форсунок. При этом погрешность расчета составила около 4 %.

Полученные результаты. Из анализа полученных результатов видно, что средние по сечению значения турбулентной кинетической энергии, полученные на выходе расчетной области исследовательского распылителя, на 27,5% больше, чем у серийного распылителя, а давление и скорость повышаются не существенно. Увеличение турбулентности потока, приводит к лучшему распылению топлива в камере сгорания двигателя и улучшению смесеобразования. Это подтверждается стендовыми испытаниями двигателя 6ЧН12/14 (в исполнении К-164) в составе нагрузочного стенда, которые показали улучшение технико-экономических характеристик во всем диапазоне оборотов при работе с модернизированными форсунками. На номинальном режиме работы дизеля крутящий момент и эффективная мощность увеличились на 6,9 %. Удельный эффективный расход топлива сократился на 6,4 %, также снизилась часовая расход топлива на 1,9 %. Полученные результаты подтвердили положительный эффект от модернизации топливной форсунки созданием дополнительного возмущения потока топлива за счет горизонтального кольцевого уступа, выполненного выше посадочного диаметра иглы.

Научная новизна. Впервые разработана методика определения показателей потока топлива в проточной части распылителей форсунок; определено влияние дополнительного гидравлического сопротивления в проточной части распылителя на величину турбулентной кинетической энергии потока.

Практическая ценность. Разработана конструкция распылителя форсунки, обеспечивающая улучшение показателей топливной экономичности и эффективности дизельного двигателя; разработанная методика может быть использована в учебном процессе при преподавании дисциплин «Теория двигателей внутреннего сгорания» и «Системы двигателей внутреннего сгорания», а также при проектировании систем топливоподачи дизельных двигателей.

Ключевые слова: игла, дизельный двигатель внутреннего сгорания, топливо, параметры впрыска, распылитель, турбулизация, форсунка.

Slynyko G., Sukhonos R., Tsokotun P., Slynyko V., Volodin D. Improving the fuel efficiency of the 6ЧН12/14 diesel engine by enhancement the atomization and mixture formation

Purpose of work. Improve the fuel efficiency of a large-size diesel engine by upgrading the fuel injector, in which the fuel flow receives additional disturbance.

Research methods. After analysis of literary sources, the necessity of increasing the turbulence of the fuel flow passing through the channels of the fuel injector of a diesel internal combustion engine is substantiated. A modernized version of 6ChN12/14 diesel engine injector spray tip has been developed, in which the fuel flow receives additional disturbance, its 3D model has been built, and the boundary conditions for the liquid flow have been set. Using the Ansys CFX software, the distribution of the velocity, pressure, and turbulence kinetic energy in the flow

path of the serial and modernized injector spray tips was theoretically obtained. In this case, the calculation error was about 4%.

Obtained results. From the analysis of the results, it can be seen that the cross-sectional mean values of the turbulence kinetic energy obtained at the outlet of the calculated area of the research spray tip are 27.5 % higher than that of the serial spray tip; pressure and velocity do not increase significantly. Increased flow turbulence leads to better fuel atomization in the engine combustion chamber and improved mixture formation. This is confirmed by bench tests of the 6ChN12/14 engine (K-164 model) as part of the loadbank, which showed an improvement in technical and economic characteristics in the entire speed range when working with modernized injectors. At the nominal operating mode of the diesel engine, the torque and the effective power increased by 6.9 %. Specific effective fuel consumption has decreased by 6.4 %, and hourly fuel consumption has also decreased by 1.9 %. The positive effect of the modernization of the fuel injector by creating an additional disturbance of the fuel flow due to the horizontal annular ledge made above the landing diameter of the needle was confirmed by obtained tests results.

Scientific novelty. For the first time, a method for determining the parameters of the fuel in the flow path of the injector spray tip was developed; the effect of additional hydraulic resistance in the flow path of the spray tip on the value of the turbulence kinetic energy of the flow is determined.

Practical value. The design of the spray tip which improves the fuel economy and performance of the diesel engine has been developed; the developed methodology can be used in the educational process when teaching the disciplines “Theory of internal combustion engines” and “Systems of internal combustion engines”, as well as when designing fuel supply systems for diesel engines.

Key words: needle valve, diesel internal combustion engine, fuel, injection parameters, spray tip, turbulization, injector.
