

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Савінов Олег Іванович

УДК 621.434.038

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ПАРАМЕТРІВ
СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ОДНОЦИЛІНДРОВИХ ДВОТАКТНИХ
ДВИГУНІВ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

Спеціальність 05.05.03 – Теплові двигуни

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2002

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі “Двигуни внутрішнього згоряння” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Дяченко Василь Григорович,

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”,
професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Строков Олександр Петрович,

Головне спеціалізоване конструкторське бюро з двигунів середньої
потужності, м. Харків, генеральний конструктор;

кандидат технічних наук, професор

Сандомирський Михайло Григорович,

Харківський державний технічний університет сільського господарства,
м. Харків, професор кафедри тракторів і автомобілів.

Провідна установа: Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

кафедра системотехніки і діагностики транспортних машин,

Міністерство освіти і науки України, м. Харків.

Захист відбудеться “20” березня 2003 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.13 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою:

61002, м. Харків, вул. Фрунзе 21, кафедра двигунів внутрішнього згоряння, ауд. 11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий “15” лютого 2003 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Парсаданов І.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Двотактні одноциліндрові двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) широко використовуються в різноманітних галузях господарства. Випуск одноциліндрових двотактних двигунів в декілька разів перевищує сумарний випуск всіх інших типів ДВЗ. Але, втрати паливо-повітряної суміші при продувці обумовлюють високий рівень токсичності відпрацьованих газів та низьку економічність двотактних двигунів, що не відповідає сучасним вимогам. Подальше розширення використання двотактних двигунів з іскровим запаленням залежить від можливостей покращення їх економічності та екологічних характеристик. Одним з реальних напрямків поліпшення техніко-економічних та екологічних показників двотактних двигунів з іскровим запаленням може бути вдосконалення робочих процесів. При продувці надпоршневої порожнини двотактного карбюраторного двигуна втрачається до 25÷30 % паливо-повітряної суміші. Використання безпосереднього вприскування палива у циліндр дозволяє запобігти втратам палива при продувці надпоршневої порожнини, організувати розшарування паливо-повітряної суміші у широкому діапазоні швидкісних та навантажувальних режимів, істотно зменшити витрати палива та викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Створення сучасного двотактного двигуна з іскровим запаленням та безпосереднім вприскуванням палива при розшаруванні паливо-повітряної суміші неможливо без паливної апаратури, здатної забезпечити стабільні характеристики паливоподачі легких сортів палив при частоті обертів кулачкового вала до 6000 хв^{-1} та циклових подачах $5\div 40 \text{ мм}^3/\text{ц}$. Тому розробка такої паливної апаратури обумовлює актуальність теми дисертації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота являється складовою частиною науково-дослідних робіт, проведених на кафедрі двигунів внутрішнього згорання Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (НТУ “ХПІ”) відповідно до Державної програми розвитку двигунобудування в Україні на 1996-2000 рр., конкурсного проекту Міністерства освіти та науки України на 1997-1999 рр. на тему М 2715: “Проведення фундаментальних досліджень та розробка фізико-хімічних основ поліпшення до світового рівня експлуатаційних показників перспективних автомобільних двигунів українського виробництва по комплексу критеріїв максимального тепловикористання та найменшої токсичності при заданому рівні тривалої міцності та широкому використанню альтернативних палив і матеріалів” (проект д/р № 01970001929).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування і вибір типу та основних параметрів системи паливоподачі одноциліндрового двотактного двигуна з іскровим запаленням та безпосереднім вприскуванням палива. Для досягнення цієї мети вирішувались такі задачі:

- аналіз систем паливоподачі двотактних двигунів з іскровим запаленням та обґрунтування типу системи паливоподачі одноциліндрового двотактного двигуна з іскровим запаленням та безпосереднім вприскуванням палива;

- розробка методики визначення основних конструктивних параметрів паливного насоса системи паливоподачі одноциліндрового двотактного двигуна з іскровим запаленням;

- розробка схеми, конструкції і технічної документації дослідного зразка паливного насоса

- дослідження процесів, що відбуваються в порожнинах розробленого паливного насоса та процесу паливоподачі при роботі на різних видах моторних палив;

- розробка схеми, конструкції, і створення дослідного зразка двотактного двигуна з запропонованою системою подачі палива та дослідження його робочих процесів;

- оцінка економічних показників та токсичності відпрацьованих газів двотактного двигуна, обладнаного системою паливоподачі, що розробляється;

- оцінка ефективності та перспектив використання розробленої паливної апаратури у двотактних двигунах з іскровим запаленням.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Запропонована принципово нова схема паливного насоса високого тиску з манжетним ущільненням плунжера для одноциліндрових двигунів, в корпусі котрого об'єднані секції високого та низького тисків.

2. Розроблено методику розрахунку параметрів робочих процесів, які відбуваються у порожнині над штовхачем розробленого паливного насоса.

3. Висунута і практично підтверджена гіпотеза про необхідність застосування гідропневматичного акумулятора в порожнині низького тиску та запропонована методика вибору його параметрів з урахуванням пружних властивостей повітря та матеріалу мембрани при рівні робочого тиску в порожнині заповнення плунжера $0,07 \div 0,1$ МПа.

4. Запропонована методика визначення конструктивних параметрів основних елементів паливного насоса: профілю кулачка приводу штовхача, розмірів клапанів впуску та перепуску, діаметрів каналів.

5. Досліджено процеси, що відбуваються в порожнинах запропонованого паливного насоса при роботі на різних видах палива.

6. Досліджено особливості робочого процесу двотактного двигуна, обладнаного системою паливоподачі, що розробляється, при роботі на різних видах палива.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичну цінність роботи становлять:

1. Розроблено конструкцію та технічну документацію паливного насоса високого тиску з манжетним ущільненням плунжера, в корпусі котрого об'єднані секції високого та низького тисків для одноциліндрового двигуна.

2. Розроблено конструкцію одноциліндрового двотактного двигуна з запропонованим паливним насосом для безпосереднього вприскування палива та здійснено випуск технічної документації модернізації традиційного одноциліндрового двотактного двигуна робочим об'ємом 293 см³.

3. Одержано результати випробувань експериментального одноциліндрового двигуна з запропонованою паливною апаратурою, на підставі яких можливо зробити висновок, що використання такого паливного насоса на одноциліндрових двотактних двигунах дозволяє знизити витрати палива на 30-35 %, зменшити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами в середньому в два рази.

4. Запропонована конструкція паливного насоса введена у виробництво на Харківському машинобудівному заводі "ФЕД". Виготовлена дослідна партія паливних насосів високого тиску для безпосереднього вприскування легких палив у камеру згоряння для двотактних одноциліндрових двигунів виробництва України та країн СНД.

Особистий внесок здобувача.

При виконанні дисертаційного дослідження здобувач приймав безпосередню участь в розробці перспективної паливної апаратури та її адаптації до одноциліндрових двотактних двигунів з іскровим запаленням та безпосереднім вприскуванням палива. Особисто здобувачем:

- розроблена методика визначення основних параметрів паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера, в корпусі якого об'єднано секції низького та високого тисків;
- обґрунтовані основні конструктивні параметри оригінального паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера для одноциліндрового двотактного двигуна з безпосереднім вприскуванням палива та іскровим запаленням;
- створені дослідні зразки паливного насоса НВП-1М та двотактного одноциліндрового двигуна з розробленою системою паливоподачі;
- проведені безмоторні та моторні випробування розробленої паливної апаратури, досліджено особливості робочих процесів в системі паливоподачі та в двигуні;
- здійснено випуск технічної документації для виробництва паливної апаратури на Харківському машинобудівному заводі "ФЕД".

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на міжнародних науково-технічних конференціях "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я": Харків – Мішкольц (Угорщина) – Магдебург (Німеччина) – Петрошани (Румунія) у

1999-2001 рр., на науково-технічних конференціях НТУ “ХПІ” 1998-2000 рр., а також на VII-му Міжнародному конгресі двигунобудівників (12-16 вересня 2002 р., Рибаче, Крим).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 3 статті у збірниках наукових праць. Розробки по системі паливоподачі для одноциліндрового двигуна з іскровим запаленням та безпосереднім впорскуванням захищені двома патентами.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків та 5 додатків. Повний обсяг дисертації складає 280 сторінок, з них 22 ілюстрації по тексту, 51 ілюстрація на 50 сторінках; 6 таблиць по тексту, 7 таблиць на 11 сторінках, 5 додатків на 11 сторінках, 82 найменування використаних літературних джерел на 8 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовані актуальність та новизна теми дослідження, його мета та задачі дослідження, наведена загальна характеристика роботи.

У першому розділі подається огляд існуючих систем живлення в двигунах з іскровим запаленням як при зовнішньому, так и при внутрішньому сумішоутворенні, визначено їх переваги та недоліки. Обґрунтована можливість створення на базі паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера НВР-4 виробництва Харківського машинобудівного заводу “ФЕД” паливного насоса, який поєднує в одному корпусі секції низького та високого тисків з метою подання легких палив безпосередньо у камеру згоряння одноциліндрового двотактного двигуна.

У другому розділі розглядаються вимоги до системи паливоподачі одноциліндрових двотактних двигунів, особливості організації робочих процесів паливного насоса високого тиску. Запропонована принципова схема безпрецизійного паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера, який поєднує в одному корпусі секції високого та низького тисків (рис.1). Секція високого тиску складається з плунжера 2 з дозуючим клапаном 15, ексцентриковим валом 12 переміщення клапана; штуцера високого тиску 18, клапана дозування 17 з пружиною та сідлом 22. Ущільнення плунжера 2 в корпусі 1 здійснено за допомогою манжет низького 6 та високого 14 тисків, при цьому утворюється порожнина низького тиску 3 з розташованим в ній гідропневматичним акумулятором. Необхідний робочий тиск у порожнині 3 підтримується зворотнім шариковим клапаном, який розташовано в штуцері 16 відведення палива.

До складу секції низького тиску належить штовхач 9, ущільнений в корпусі 1 за допомогою гумового кільця 10, канал підводу палива 23, штуцер підводу 20 з впускним пелюстковим клапаном 19. Штовхач 9 разом з манжетою 6 низького тиску утворюють в корпусі 1 порожнину 7, в якій розміщено пружину 8 штовхача, а також хвостову частину плунжера 2.

Відмічається, що для забезпечення поциклової стабільності наповнення робочої порожнини насоса низького тиску, стабільної роботи секції високого тиску, необхідно створити умови для стабільного заповнення порожнини насоса низького тиску паливом.

Запропоновано методику, яка дозволяє визначити заповнення порожнини над штовхачем 7 (рис.1) насоса низького тиску в залежності від швидкості штовхача та гідравлічних опорів каналів, що підводять паливо. В основу методики покладено диференційні рівняння об'ємного балансу та адіабати.

При пересуванні штовхача від ВМТ до НМТ зміна тиску в порожнині над штовхачем за безкінечно малий розрахунковий проміжок часу

$$dP_{n.ум.} = \frac{1}{\alpha V_{n.ум.}} (dQ_{Пвх.} - dV_{n.ум.}), \quad (1)$$

де α – коефіцієнт стиснення палива; $V_{n.ум.}$ – об'єм порожнини штовхача; $dQ_{Пвх.}$ – елементарний об'єм палива, що надходить у порожнину над штовхачем; $dV_{n.ум.}$ – елементарна зміна об'єму над штовхачем, обумовлена переміщенням штовхача за час $d\tau$.

Елементарна зміна об'єму палива, що надходить в порожнину над штовхачем

$$dQ_{Пвх.} = \mu_{м.п.} \cdot S_{вн.кл.} \cdot U_{II} \cdot \frac{d\varphi}{6n}, \quad (2)$$

де $\mu_{м.п.}$ – коефіцієнт витрати магістралі підводу палива; $S_{вн.кл.}$ – площа клапана впуску; U_{II} – швидкість палива; $d\varphi$ – кут оберту кулачкового вала за час $d\tau$; n – частота обертів кулачкового вала.

Швидкість палива на розрахунковому поперечному перетині (припускаючи, що потік сталий)

$$U_{II} = \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho_{II}}}, \quad (3)$$

де ΔP – перепад тиску на розрахунковому поперечному перетині; ρ_{II} – щільність палива;

$$\Delta P = P_o + \rho_n g H - P_{n.ум.}, \quad (4)$$

P_o – атмосферний тиск; H – висота стовпа палива над штуцером підводу паливного насоса;

$P_{n.ум.}$ – тиск у порожнині штовхача.

Тиск у порожнині штовхача на початку розрахункового проміжку часу при умові, що $P_{n.ум.}$ більше або дорівнює тиску насичених парів палива $P_{нас.пар.}$

$$P_{n.ум.(i+1)} = P_{n.ум.(i)} + \Delta P_{n.ум.(i)}. \quad (5)$$

Якщо тиск у порожнині над штовхачем при розрахунку менше тиску насичених парів, приймається, що $P_{n.ум.} = P_{нас.пар.}$

Елементарна зміна об'єму в порожнині над штовхачем

$$dV_{n.ум.} = (F_{ум.} - F_{нл.})dh, \quad (6)$$

де $F_{ум.}$ – площа штовхача; $C_{ум.}$ – швидкість пересування штовхача; dh – пересування штовхача за час $d\tau$.

При зупинці штовхача у НМТ зміна тиску в порожнині за розрахунковий проміжок часу визначається згідно диференційного рівняння адіабати,

$$dP_{n.ум.} = \frac{kP_{n.ум.(i)}}{Q_{нал.нар.(i)}} dQ_{Пвх(i)}, \quad (7)$$

де k – показник адіабати паливних парів; $Q_{нал.нар.(i)}$ – сумарний об'єм паливних парів на i -му кроці розрахунку; $dQ_{Пвх(i)}$ – зміна об'єму палива, що надходить на i -му кроці розрахунку.

Об'єм паливних парів в порожнині над штовхачем Q

$$Q_{нал.нар.(i)} = (F_{ум.} - F_{нл.})h - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{Пвх(i)}, \quad (8)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{Пвх(i)}$ – сума об'ємів палива, що надійшли за розрахункові проміжки часу $i = 1 \dots n$.

Таким чином, робиться висновок, що на наповнення порожнини насоса низького тиску основний вплив мають швидкість пересування штовхача, перепад тиску на розрахунковому поперечному перетині та гідравлічні опори каналу підводу палива, включаючи гідравлічні опори клапанів. Мінімальний опір надходженню палива створюватиметься при постійному перетині каналу, мінімальній його довжині та площі пелюсткових клапанів, яка дорівнює площі каналу підводу.

В розділі також обґрунтована необхідність застосування гідропневматичного акумулятора в порожнині низького тиску 3 у запропонованому паливному насосі для забезпечення надійної роботи секції високого тиску, бо без гідропневматичного акумулятора в порожнині низького тиску 3 біля впускних отворів плунжера мають місце значні коливання тиску.

На підставі рівняння адіабати для повітряної порожнини гідропневматичного акумулятора та рівняння пружної характеристики гофрованої мембрани запропоновано рівняння, що враховує пружні властивості як повітря, що знаходиться у повітряній порожнині гідропневматичного акумулятора, так і матеріалу мембрани:

$$\left(P_{нл.} - \frac{P_0 V_0^k}{V_0 - \pi R^2 \omega^{\frac{k}{k-1}}} \right) \cdot R^4 = aE\delta^3 \omega + bE\delta \omega^3, \quad (9)$$

де $P_{нл.}$ – тиск палива у порожнині наповнення плунжера (перед мембраною гідропневматичного акумулятора); P_0, V_0 – початкові тиск та об'єм повітря за мембраною

гідропневматичного акумулятора; k – показник політропи ($k = 1,4$); R – радіус мембрани; a та b – коефіцієнти, значення яких залежить від профілю та матеріалу мембрани; E – модуль пружності матеріалу мембрани (модуль Юнга); δ – товщина мембрани; ϖ – прогин мембрани.

На підставі рівняння (9) запропонована система рівнянь (10), (11) для визначення необхідного об'єму V_0 повітряної порожнини гідропневматичного акумулятора в залежності від компенсуемого об'єму палива ΔV_{Π} і мінімального та максимального робочих тисків у порожнині заповнення плунжера:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_0 = \Delta V \frac{\sqrt[k]{\frac{P_{\min}}{P_0} - \frac{aE\delta^3}{P_0} \cdot \frac{\Delta V}{\pi R^6} - \frac{bE\delta}{P_0 R^4} \left(\frac{\Delta V}{\pi R^2}\right)^3}}{\sqrt[k]{\frac{P_{\min}}{P_0} - \frac{aE\delta^3}{P_0} \cdot \frac{\Delta V}{\pi R^6} - \frac{bE\delta}{P_0 R^4} \left(\frac{\Delta V}{\pi R^2}\right)^3} - 1}, \\ V_0 = \Delta V + \Delta V_n \frac{\sqrt[k]{\frac{P_{\max}}{P_0} - \frac{aE\delta^3}{P_0} \cdot \frac{\Delta V + \Delta V_n}{\pi R^6} - \frac{bE\delta}{P_0 R^4} \left(\frac{\Delta V + \Delta V_n}{\pi R^2}\right)^3}}{\sqrt[k]{\frac{P_{\max}}{P_0} - \frac{aE\delta^3}{P_0} \cdot \frac{\Delta V + \Delta V_n}{\pi R^6} - \frac{bE\delta}{P_0 R^4} \left(\frac{\Delta V + \Delta V_n}{\pi R^2}\right)^3} - 1}, \end{array} \right. \quad (10)$$

де P_{\min}, P_{\max} – мінімальний та максимальний робочі тиски у порожнині наповнення плунжера; ΔV – об'єм палива, необхідний для заповнення гідропневматичного акумулятора з метою приведення його до робочого стану ($\Delta V = V_0 - V_n$); ΔV_{Π} – об'єм, що компенсується (об'єм палива, який витискує гідропневматичний акумулятор при зменшенні тиску в порожнині заповнення плунжера від максимального робочого до мінімального, $\Delta V_{\Pi} = V_K - V_H$); V_H – об'єм, який займає повітря при досягненні у порожнині гідропневматичного акумулятора мінімального робочого тиску; V_{um} – об'єм, який займає повітря при досягненні у порожнині гідропневматичного акумулятора максимального робочого тиску.

При визначенні розмірів гідропневматичного акумулятора необхідно завдати радіус мембрани, її матеріал, а також профіль та товщину. При сумісному рішенні рівнянь (10) та (11) методом послідовного наближення визначається об'єм V_0 .

У третьому розділі на базі розробки паливного насоса НВР-4М та розрахункових досліджень обґрунтовано вибір основних геометричних розмірів секцій високого та низького тисків паливного насоса з гідропневматичним акумулятором для одноциліндрового двотактного двигуна. Визначено параметри профілю кулачка приводу штовхача з урахуванням максимальної частоти обертів кулачкового вала, профілю ексцентрикового вала переміщення дозуючого клапана, геометричні

розміри впускного та перепускного клапанів, каналів підводу секції низького тиску, гідропневматичного акумулятора.

Для двотактного двигуна з частотою обертів колінчастого валу до 3500 хв^{-1} при умові достатнього заповнення порожнини над штовхачем можливо використовувати тангенціальний симетричний профіль кулачка. В цьому випадку виникнення розривів потоку та зниження кількості палива, що надходить в порожнину над штовхачем 7 при переміщенні штовхача 9 від ВМТ до НМТ компенсується паливом, яке надійде в порожнину при знаходженні штовхача у НМТ.

При використанні паливного насоса на двигуні з частотою обертів кулачкового вала вище 3500 хв^{-1} доцільно застосовувати тангенціальний профіль кулачка з ексцентриковим профілем збігу. В цьому випадку швидкість палива в каналах системи впуску буде мінімальною, що сприятиме більш повному заповненню порожнини над штовхачем 7.

Подано також опис експериментальних клапанних форсунок для безпосереднього вприскування легких палив у циліндр двигуна, компоновка розробленої паливної апаратури на експериментальному одноциліндровому двотактному двигуні з робочим об'ємом $V_h = 293 \text{ см}^3$, $S/D = 68/74$ (рис.2). Для встановлення паливного насоса на двигуні було використано місце пристикування центробіжного регулятора, а регулятор пристиковано до торця паливного насоса. Привод валика регулятора здійснено від кулачкового вала паливного насоса. Така компоновка системи подачі палива дозволила за допомогою короткої тяги здійснити зв'язок між важелем регулятора та важелем керування цикловою подачею палива, який, в свою чергу, пов'язано з важелем керування повітряною заслонкою двигуна. Таким чином, фіксованому положенню важеля керування цикловою подачею палива паливного насоса відповідає таке положення важеля керування повітряною заслонкою, яке забезпечує найкраще співвідношення паливо-повітряної суміші.

У четвертому розділі наведено опис стендів для проведення безмоторних та моторних випробувань, вимірювальної та реєструючої апаратури, методів визначення помилки вимірювань, програма випробувань дослідної паливної апаратури та експериментального двигуна з безпосереднім вприскуванням палива в камеру згорання.

П'ятий розділ присвячено результатам досліджень процесів у порожнинах розробленого паливного насоса на безмоторному стенді та порівнянню отриманих результатів з розрахунковими (рис.3 та 4). Представлені експериментальні дані підтверджують, що запропонована методика розрахунку заповнення порожнини над штовхачем дає прийнятні результати до частоти обертів кулачкового валу 3500 хв^{-1} . З підвищенням частоти різниця між даними експерименту та розрахунком збільшується внаслідок зростання впливу нестационарного характеру потоків палива в каналах.

Необхідні швидкісні характеристики паливоподачі у запропонованій конструкції паливного насоса при циклових подачах 6-16 мм³/цикл можуть бути досягнуті до частоти обертів кулачкового валу $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ тільки при використанні гідропневматичного акумулятора. Зі збільшенням циклової подачі (24-32 мм³/цикл) допустима частота обертів кулачкового валу при використанні гідропневматичного акумулятора збільшується до 5000 хв^{-1} . Без гідропневматичного акумулятора подача палива зі збільшенням частоти обертів кулачкового валу зростає, що погіршує стабільність роботи двигуна (рис. 5).

Швидкісні характеристики (рис.6) та осцилограми тиску перед форсункою (рис.7) в розробленій системі паливоподачі при роботі на бензині підтверджують достатньо високу стабільність процесу паливоподачі до частоти обертів кулачкового валу 5000 хв^{-1} . З переходом на гас та дизельне паливо на малих циклових подачах (3÷12 мм³/ц) зі збільшенням частоти обертів кулачкового валу понад 2500÷3500 хв^{-1} спостерігається зростання циклової подачі, що пов'язано з підвищеною в'язкістю палива, збільшенням гідравлічного опору в прохідному перетині дозуючого клапана.

Особлива увага приділена особливостям організації робочих процесів дослідного двотактного двигуна та адаптуванню розробленої паливної апаратури до двигуна з безпосереднім вприскуванням палива. Досліджено вплив на показники робочих процесів різного місцезнаходження форсунки у камері згоряння та у стінці циліндра, тиску відкриття клапана форсунки і кута факела розпилу, форми та розташування камери згоряння у головці циліндра. Кращі результати були досягнуті при розташуванні форсунки (кут запірного конуса дорівнює 40°, тиск відкриття клапана 2,5÷3 МПа) у стінці циліндра двигуна та розміщенні камери згоряння таким чином, щоб більша частина палива при вприскуванні утворювала на поверхні витискувача голівки циліндра плівку палива. На такті стискування потік повітря з-під витискувача захоплює пари палива, які утворюються над поверхнею плівки, та переносить їх у камеру згоряння. При роботі на бензині мінімальна ефективна питома витрата палива на 30÷35 % нижча, ніж у двигуна з карбюратором, викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами зменшуються на 50÷80 % (рис.8). При роботі на гасі та дизельному пальному пуск та економічність двигуна дещо гірші (рис.9).

ВИСНОВКИ

Наведені в дисертаційній роботі результати досліджень дозволяють зробити наступні висновки.

1. На підставі аналізу науково-технічної літератури Обґрунтовано доцільність використання в системі паливоподачі одноциліндрових двотактних двигунів з іскровим запаленням та безпосереднім вприскуванням палива паливного насосу з манжетним ущільненням плунжера, в

корпусі котрого об'єднано секції високого та низького тисків, прототипом якого прийнято паливний насос з манжетним ущільненням плунжера, створений ЦНІТА спільно з Харківським машинобудівним заводом "ФЕД".

2. Розроблено принципову схему та конструкцію оригінального паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера, що об'єднує в одному корпусі секції високого та низького тисків.

3. Запропоновано методику розрахунку параметрів процесів, які відбуваються у порожнині над штовхачем розробленого паливного насоса. Проведено розрахункові дослідження в порожнині над штовхачем, на підставі яких визначено конструктивні параметри основних елементів паливного насоса: профілю кулачка приводу штовхача, розмірів клапанів впуску та перепуску, діаметрів каналів.

4. Обґрунтовано необхідність використання в паливному насосі гідропневматичного акумулятора для зменшення коливання тиску палива в порожнині заповнення плунжера. Визначено тип та основні параметри гідропневматичного акумулятора. Запропоновано систему рівнянь для визначення необхідного об'єму повітряної порожнини гідропневматичного акумулятора в залежності від об'єму палива, що компенсується, а також мінімального та максимального робочих тисків у порожнині заповнення плунжера. В рівняннях враховані пружні властивості повітря та матеріалу мембрани акумулятора.

5. Розроблено технічну документацію та виготовлено дослідні зразки паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера, який об'єднує в одному корпусі секції низького та високого тисків.

6. Проведені безмоторні випробування експериментальних зразків паливної апаратури на різних видах моторних палив, які підтвердили правильність вибору основних параметрів конструкції паливного насоса, її працездатність та надійність. На базі виконаних досліджень освоєно дослідно-промислове виробництво паливних насосів з манжетним ущільненням плунжера, в яких секції низького та високого тисків об'єднані в одному корпусі.

7. Розроблено технічну документацію модернізації карбюраторних одноциліндрових двотактних двигунів з іскровим запаленням робочим об'ємом 293 см^3 та 460 см^3 . Здійснено виготовлення експериментальних зразків цих двигунів з розробленою системою паливоподачі та безпосереднім вприскуванням палива в камеру згоряння.

8. Проведено експериментальні дослідження паливної апаратури та робочих процесів одноциліндрового двотактного двигуна робочим об'ємом 293 см^3 . Експериментально визначені раціональна форма та параметри камери згоряння, положення камери згоряння в головці циліндра, оптимальні регульовальні параметри двигуна та системи паливоподачі, параметри та показники робочих процесів двигуна.

9. Показано ефективність використання на одноциліндровому двотактному двигуні розробленої системи паливоподачі для безпосереднього вприскування палива. Використання системи безпосереднього вприскування палива забезпечує зменшення питомої ефективної витрати палива на 30÷35%, викидів токсичних речовин з відпрацьованими газами на 50÷80%, як при роботі на бензині та гасі, так і на суміші бензину з дизельним пальним.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Савинов О.И. Топливная аппаратура для одноцилиндровых двигателей с искровым зажиганием // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 59. – С. 53-58.

2. Савинов О.И. Выбор основных параметров системы питания одноцилиндрового двухтактного двигателя с непосредственным впрыском топлива // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2001. – Вып. 2. – С. 51-60.

3. Двигатель внутреннего сгорания: Патент РФ 2038493, МКИ F02B 25/20 / Дьяченко В.Г., Мотлохов А.В., Амосов С.В., Владимирский А.И., Молчанов П.Н., Савинов О.И., Гришин И.Я., Гоцкало Б.Л. – № 5046126/06; Заявл. 04.06.92; Опубл 27.06.95, Бюл. № 18. – 3 с.

В патенті автором запропоновано місце розташування форсунки в стінці циліндра двигуна, який заявляється.

4. Система впрыскивания топлива двигателю внутреннего сгорания: Патент РФ 2068110, МКИ 6F02M 41/00, 37/14, 37/18 / Савинов О.И., Молчанов П.Н., Владимирский А.И., Бобровский А.В., Найда В.А., Семененко Н.А., Дьяченко В.Г., Мотлохов А.В., Амосов С.В. – № 5033016/06; Заявл. 29.01.92; Опубл. 20.10.96, Бюл № 29 – 4 с.

В патенті автором обґрунтована можливість об'єднання в корпусі паливного насоса секцій високого та низького тисків. При цьому функції елемента, що качає паливо в насосі низького тиску, виконує штовхач.

5. Мотлохов А.В., Савинов О.И., Дьяченко В.Г. Двухтактный двигатель с непосредственным впрыском топлива и расслоением заряда // Сб. науч. трудов Харьковского государственного политехнического университета: “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып. 7, Ч.2. – С. 323-326.

В статті автором запропоновано місце розташування форсунки в стінці циліндра двигуна та стисло наведені особливості паливної апаратури.

АНОТАЦІЇ

Савінов О.І. Обґрунтування та вибір параметрів системи живлення перспективних одноциліндрових двотактних двигунів з іскровим запаленням. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – теплові двигуни. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2002.

Дисертацію присвячено розробці системи живлення перспективного двотактного двигуна з безпосереднім вприскуванням та іскровим запаленням. Запропоновано нетрадиційну схему паливного насоса високого тиску з манжетним ущільненням плунжера для одноциліндрового двотактного двигуна з іскровим запаленням, в якому секції високого та низького тисків об’єднані в єдине ціле. Обґрунтована необхідність застосування гідропневматичного акумулятора в порожнині наповнення плунжера для забезпечення необхідного рівня тиску, визначено тип і основні параметри акумулятора. Запропонована система рівнянь для визначення об’єму повітряної порожнини гідропневматичного акумулятора в залежності від об’єму палива, що компенсується, а також мінімального та максимального робочих тисків у порожнині заповнення плунжера. В рівняннях враховуються як пружні властивості повітря, що знаходиться в повітряній порожнині гідропневматичного акумулятора, так і матеріалу мембрани. Проведено розрахунок та проектування паливного насоса з манжетним ущільненням плунжера для вприскування палива в камеру згоряння двотактного двигуна. Наведено результати безмоторних та моторних випробувань розробленого паливного насоса, які підтверджують правильність вибору головних конструктивних параметрів насоса високого тиску, та результати його використання на двотактному двигуні з іскровим запаленням і безпосереднім вприскуванням палива у камеру згоряння.

Ключові слова: двотактний двигун, система паливоподачі, сумішоутворення і згоряння палива, гідропневматичний акумулятор.

Савинов О.И. Обоснование и выбор параметров системы питания перспективных одноцилиндровых двухтактных двигателей с искровым зажиганием. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – тепловые двигатели. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2002.

Диссертация посвящена разработке системы топливоподачи легких сортов топлива непосредственно в камеру сгорания одноцилиндрового двухтактного двигателя. На основании обзора существующих систем топливоподачи и опытной эксплуатации топливного насоса с

манжетным уплотнением плунжера, разработанного ЦНИТА совместно с Харьковским машиностроительным заводом “ФЭД”, был сделан вывод о перспективности применения данного типа насоса на быстроходных одноцилиндровых двухтактных двигателях. Предложена нетрадиционная схема топливного насоса высокого давления с манжетным уплотнением плунжера для одноцилиндрового двухтактного двигателя с искровым зажиганием, в котором секции высокого и низкого давлений объединены в единое целое, при этом функции качающего элемента секции низкого давления выполняет толкатель.

Отмечено, что для обеспечения надежной работы секции высокого давления топливного насоса необходимо создать условия для стабильного заполнения полости секции низкого давления топливом. Предложена методика, позволяющая определить объем топлива, поступающего в полость над толкателем в зависимости от скорости толкателя, гидравлического сопротивления топливоподводящей магистрали, вида топлива и его температуры. С помощью методики можно определить объем топлива, поступающего как при движении толкателя от ВМТ к НМТ, так и при нахождении толкателя в НМТ. Основу методики расчета составляют дифференциальные уравнения объемного баланса и адиабаты.

Обоснована необходимость применения гидропневматического аккумулятора в полости наполнения плунжера, позволяющего сглаживать пульсации и поддерживать необходимый в ней уровень давления, обоснован тип аккумулятора. Предложена система уравнений для определения объема воздушной полости гидропневматического аккумулятора в зависимости от компенсируемого объема топлива, а также минимального и максимального рабочих давлений в полости наполнения плунжера. В уравнениях учитываются упругие свойства как воздуха, находящегося в воздушной полости, так и материала мембраны. Основу системы уравнений для определения геометрических размеров гидропневматического аккумулятора составляют уравнения плоской анизотропной мембраны и политропы.

На основании предложенных методик была произведена оценка основных параметров топливного насоса: диаметров толкателя, каналов подвода топлива, впускных и перепускных клапанов, профиля кулачка, привода толкателя и размеров гидропневматического аккумулятора. Спроектирован односекционный топливный насос высокого давления с манжетным уплотнением плунжера, объединяющий в своем корпусе секции высокого и низкого давления. Проведены безмоторные испытания разработанной топливной аппаратуры для впрыска легкого топлива в камеру сгорания двухтактного двигателя, состоящей из топливного насоса высокого давления, малогабаритной клапанной форсунки и трубопровода высокого давления на различных сортах топлива. Сняты скоростные характеристики как секции высокого давления, так и подкачивающего насоса низкого давления при температуре бензина от 24 до 32 °С. На основании экспериментальных данных показана возможность применения тангенциального симметричного профиля кулачка

привода толкателя до частоты вращения кулачкового вала 3500 мин^{-1} и температуры топлива до 30°C . При частоте вращения кулачкового вала свыше 3500 мин^{-1} и температуре топлива 30°C показана целесообразность применения эксцентрикового профиля сбегавшей ветви, при котором обеспечивается минимальная скорость перемещения толкателя и осуществляется более полное наполнение топливом полости секции низкого давления по сравнению с тангенциальным профилем кулачка.

Сравнение результатов расчетных и экспериментальных исследований по определению производительности секции низкого давления, подтвердил, что предложенная методика расчета обеспечивает удовлетворительные результаты до частоты вращения кулачкового вала 3500 мин^{-1} . С увеличением частоты вращения отличие между расчетными и экспериментальными данными увеличивается, что обусловлено возрастающим влиянием нестационарного течения жидкости в каналах, которое не учитывается предлагаемой методикой. Осциллографирование изменения давления в трубопроводе высокого давления и полости плунжера у топливного насоса на режимах скоростной характеристики с гидропневматическим аккумулятором и без аккумулятора подтвердило необходимость применения гидропневматического аккумулятора в полости низкого давления топливного насоса.

Представлены результаты экспериментальных исследований по адаптации разработанной топливной аппаратуры на одноцилиндровом двухтактном двигателе и экспериментальные исследования по созданию экономичного многотопливного двигателя с непосредственным впрыскиванием топлива, расслоением топливо-воздушной смеси и искровым зажиганием. Использование разработанной топливной аппаратуры на одноцилиндровом двухтактном двигателе с непосредственным впрыскиванием топлива в цилиндр по сравнению с двигателем с карбюраторной системой питания позволяет снизить расход топлива на 30-35%, выбросы токсичных веществ с отработавшими газами на 50-80%.

Ключевые слова: двухтактный двигатель, система топливоподачи, смесеобразование и сгорание топлива, гидропневматический аккумулятор.

Savinov O.I. Substantiation and choice of a fuel feed system's parameters for the perspective two stroke direct injection spark ignition engine.

Master's thesis in the field of technical sciences: 05.05.03 – Heat Engine. – National Technical University “Kharkov Polytechnical Institute”. – Kharkiv, 2002.

The dissertation is devoted to creation of a fuel feed system for perspective two-stroke direct injection spark ignition engine. A non-traditional high pressure fuel pump with a plunger's tightening cuff is suggested for a two-stroke one cylinder spark ignition engine. In the suggested fuel pump a low pressure fuel pump and a high pressure fuel pump are united in a common construction.

Necessity of hydropneumatic accumulator using for stabilization of fuel pressure in the plunger's feed cavity are substantiated and hydropneumatic accumulator's parameters are determined. For determination the hydropneumatic accumulator's cavity volume according to a fuel feed, minimum and maximum fuel pressure in the plunger's feed cavity, elastic of air and the hydropneumatic accumulator's diaphragm a system of equations are used. Calculation and designing of a fuel feed system contained a high pressure fuel pump with a plunger's tightening cuff and small valve injector are fulfilled reference to a one cylinder two-stroke direct injection spark ignition engine. Testing result of the fuel feed system on a testing stand and on the engine corroborate propriety of main constructional parameters choice of the high pressure fuel pump for a one cylinder two stroke direct injection spark ignition engine.

Key words: two-stroke engine, system of fuel feeder, mixing and combustion of fuel, hydropneumatic accumulator.

Підп. до друку 12.02.2003 р. Формат видання 145x215.
Формат паперу 60x90/16. Папір Сору Рарег/ Друк – ризографія.
Обсяг 0,9 авт. арк. Тираж 100 прим. Зам. № .

Видавничий центр НТУ “ХПІ”. Свідоцтво ДК №116 від
10.07.2000 р.
Друкарня НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
