

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Рикова Інна Віталіївна

УДК 621.436:621.43-44

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПАЛИВНОЇ
АППАРАТУРИ АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВПРИСКУВАННЯ

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: Заслужений діяч науки України, доктор технічних наук, професор
Шеховцов Анатолій Федорович, Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”, професор кафедри двигунів внут-
рішнього 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;
Тимченко Ігор Іванович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків,
завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

Провідна установа: Інститут проблем машинобудування НАН України, відділ поршневих енер-
гоустановок, м. Харків.

Захист відбудеться “26” червня 2002р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д
64.050.13 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за ад-
ресом: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

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

Автореферат розісланий “ 22 ” травня 2002р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Парсаданов І.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Сучасний розвиток двигунобудування пов'язаний з форсуванням дизелів й одночасним поліпшенням їх паливної економічності та екологічності. Це вимагає від паливної апаратури спроможності збільшення об'ємів, скорочення тривалості подачі палива у циліндри, поліпшення його розпилення за рахунок суттєвого підвищення тиску впрыскування (до 100 МПа) для автотракторних дизелів.

Таке підвищення тиску впрыскування інтенсифікує коливання у паливопроводі після відсічки, що викликає появу підвпрыскувань та виникнення розривів безперервності потоку палива у паливопроводі. Це й веде до зниження експлуатаційної економічності роботи дизеля, підвищення димності й токсичності відпрацьованих газів, зниження стабільності та надійності роботи паливної апаратури.

З урахуванням цього, у поданій до захисту дисертації уперше пропонується методика урахування розривів безперервності потоку палива при розрахунках процесів у паливопроводі високого тиску. Вдосконалення гідродинамічного метода дозволило більш точно розрахувати кінцеву фазу впрыскування палива, що особливо актуально саме для паливної апаратури з підвищеними тисками впрыскування. У роботі приведено результати чисельних експериментів, які дозволили вибрати раціональні параметри форсованої по тиску впрыскування паливної апаратури, що забезпечують прогресивний високий рівень тисків на виході з паливного насоса високого тиску (ПНВТ) для перспективних автотракторних дизелів.

Все це дозволяє характеризувати дисертаційну роботу як таку, що направлена на вирішення важливої науково-технічної проблеми. Актуальність роботи обумовлюється також і тим, що досліджується паливна апаратура, яку розробляє ВАТ “Чугувівська паливна апаратура” – головне вітчизняне підприємство по виготовленню ПНВТ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження входить до пріоритетного напрямку Державної Програми розвитку двигунобудування України на 1996-2000р.р. та конкурсного проекту Міністерства освіти і науки України на 1997-1999р.р. по темі: “Проведення фундаментальних досліджень та розробка фізико-хімічних основ підвищення 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 використанні альтернативних палив і матеріалів” (ДР №01970001929).

Мета і задачі дослідження

Метою дисертаційної роботи є вибір та обґрунтування параметрів форсованої паливної апаратури перспективних автотракторних дизелів для досягнення прогресивних показників впрыскування.

Об'єкт дослідження – виникаючі в кінцевій фазі впрыскування розриви безперервності по-

току палива у паливопроводі.

Предмет дослідження – процес вприскування пального форсованою паливною апаратурою.

Методи дослідження – математичне моделювання руху палива у тракті високого тиску методом гідродинамічного розрахунку з уточненнями кінцевої фази вприскування палива; вибір раціональних параметрів паливної апаратури для забезпечення прогресивних показників вприскування шляхом використання результатів математичного планування чисельного експерименту.

Для досягнення поставленої мети визначено основні задачі:

1.Уточнення методу гідродинамічного розрахунку і математичної моделі процесу вприскування в перспективних автотракторних дизелях при умовах підвищеного тиску на виході з ПНВТ основі уточнення розрахунку кінцевої фази паливоподачі у тракті високого тиску при урахуванні розривів безперервності потоку.

2.Вибір раціональних параметрів паливної апаратури для забезпечення прогресивного рівня її показників роботи та проектування на цій основі перспективної паливної апаратури, яка працюватиме без підвприскувань і розривів безперервності потоку в паливопроводі, що забезпечуватиме покращення паливної економічності автотракторних дизелів, підвищення надійності та стабільності роботи їх паливної апаратури і зниження рівня токсичності викидів.

3.Оцінка ефективності використання нової паливної апаратури з рекомендованим рівнем показників вприскування палива на перспективних автотракторних дизелях вітчизняного виробництва.

Наукова новизна одержаних результатів

1.Розроблена методика та алгоритм розрахунку переміщення палива у паливопроводі високого тиску з уточненнями розрахунку кінцевої фази вприскування палива при урахуванні розривів безперервності потоку.

2.Отримані результати чисельного експерименту з урахуванням виникаючих розривів безперервності потоку палива для обґрунтування раціональних параметрів паливної апаратури, забезпечуючих перспективні еколого-економічні показники роботи дизеля при ліквідації небезпеки появи підвприскувань у кінцевій фазі паливоподачі.

Практичне значення одержаних результатів

Практичну цінність роботи становлять:

- методика урахування розривів безперервності у паливопроводі, яка суттєво уточнює гідродинамічний метод розрахунку вприскування палива при підвищенні його тиску, що сприятиме підвищенню точності математичного моделювання процесів вприскування при доводці автотракторних дизелів;

- алгоритм та програма для розрахунку на ЕОМ процесу вприскування палива з урахуванням визначення місць та величин розривів безперервності потоку палива при їх виникненні;

- результати чисельного експерименту для такого процесу вприскування;
- раціональні конструктивно-регульовочні параметри форсованої паливної апаратури, що забезпечують прогресивний рівень показників вприскування при ліквідації негативних підвприскувань;
- спроектовані деталі перспективної паливної апаратури.

Результати наукового дослідження передані для впровадження в практику на ВАТ “Чугуївська паливна апаратура” та у проблемну лабораторію кафедри ДВЗ НТУ “ХП”.

Особистий внесок здобувача

При виконанні дисертаційного дослідження здобувач:

- розробив методику розрахунку паливоподачі при інтенсифікації вприскування;
- запропонував алгоритм розрахунку руху палива з урахуванням виникаючих розривів безперервності потоку;
- прийняв участь у проведенні чисельного експерименту для вибору раціональних параметрів форсованої паливної апаратури, які забезпечують прогресивні показники вприскування;
- брав участь у розробці нових конструкцій перспективних деталей паливної апаратури з вибраними параметрами;
- дослідив процес вприскування палива форсованої паливної апаратури з раціональними параметрами.

В опублікованих працях особисто здобувачем:

- виконано аналіз впливу конструктивно-регульовочних параметрів паливної апаратури на показники вприскування палива при підвищенні його тиску;
- розроблено методику розрахунку руху палива у паливопроводі високого тиску з урахуванням виникаючих розривів безперервності потоку;
- запропоновано вперше алгоритм руху палива у паливопроводі високого тиску, що дозволило визначити характеристики такого руху при появі розривів безперервності потоку, а також місця та розміри їх виникнення;
- проведено вибір та обґрунтування параметрів форсованої паливної апаратури, що впливають на рівень максимальних тисків, тривалість вприскування;
- обґрунтовано доцільність впровадження факторного планування чисельного експерименту для раціонального підбору комплексу параметрів паливної апаратури;
- на підставі виконаного чисельного експерименту і отриманих коефіцієнтів для рівнянь регресії обґрунтовано вибір раціональних параметрів форсованої паливної апаратури для забезпечення прогресивного рівня тисків вприскування;
- запропоновано конструктивні заходи для досягнення підвищених тисків вприскування на виході ПНВТ, перш за все – розроблено профілі кулачків паливного насоса для досягнення мак-

симально можливої швидкості плунжера; звернено увагу на зниження гідравлічних опорів у проточній частині розпилувача; підтверджено правильність вибору параметрів паливної апаратури для забезпечення прогресивного підвищеного рівня тиску вприскування палива;

- виконано оцінку економічних показників перспективних автотракторних дизелів при використанні форсованої паливної апаратури з раціональними параметрами.

Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати роботи доповідались на Конгресі двигунобудівників України (Київ-Харків-Алушта), 1999,2000р.р.; науково-технічній конференції Харківської державної академії залізничного транспорту, 1996р.; на міжнародних науково-технічних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”, Харків – Мішкольц – Магдебург (Україна – Угорщина – Німеччина), 1995, 1997 – 2001р.р.

Публікації

Результати дисертації опубліковано в п’яти статтях у збірниках наукових праць; у трьох статтях у збірниках наукових праць міжнародних конференцій.

Обсяг та структура дисертації.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, 1 додатка. Повний обсяг дисертації складає 134 сторінки; з них 5 ілюстрацій по тексту, 12 ілюстрацій на 12 сторінках; 9 таблиць по тексту; 1 таблиця на 1 сторінці; 108 найменувань використаних літературних джерел на 12 сторінках;1 додаток на 3 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовується актуальність розглянутої теми дисертації, сформульовано її мету, основні задачі дослідження та шляхи їх вирішення.

Перший розділ присвячений питанням інтенсифікації вприскування палива з метою забезпечення прогресивних показників перспективних швидкохідних дизелів, а також шляхів їх забезпечення. При вивченні особливостей роботи паливної апаратури автотракторних дизелів з підвищеними тисками вприскування виникає ряд проблем, без вирішення яких неможливо досягти належної економічності, екологічності дизеля та надійності роботи паливної апаратури. Ці проблеми пов’язані з протіканням кінцевої фази вприскування. Інтенсивний і стійкий коливний процес, виникаючий у стовпі рідини в паливопроводі високого тиску форсованого ПНВТ, погіршує процес паливоподачі, а отже, і сумішоутворення у камері згоряння, що пов’язано в основному з підвприскуваннями і утворенням розривів безперервності потоку палива у паливопроводі.

Аналіз літературних даних свідчить, що означені проблеми, які виникають при створенні форсованої паливної апаратури автотракторних дизелів, ще далекі від вирішення, а запропоновані шляхи їх удосконалення не однозначні. Тому не викликає сумнівів необхідність подальшого покращення показників вприскування автотракторних дизелів при форсуванні паливної апаратури і

підвищення на цій основі якості робочого процесу з урахуванням забезпечення надійності роботи форсованої паливної апаратури.

Розглянуті шляхи забезпечення показників форсованого вприскування палива паливної апаратури.

У другому розділі розглядаються питання обґрунтування метода розрахунку процесу форсованого вприскування палива та необхідності удосконалення розрахунку його кінцевої фази, розробки методики та алгоритму розрахунку руху палива у паливопроводі з урахуванням виникаючих розривів безперервності потоку.

Аналіз існуючих методів розрахунку процесу вприскування палива паливної апаратури, розроблених І.В. Астаховим, Ю.Я. Фомінін, Т.Ф. Кузнєцовим, Б.А. Круком, Л.М. Голубковим та іншими, показав, що до теперішнього часу не достатньо розроблено надійних методик, які дозволяють з необхідною для практики точністю розраховувати кінцеву фазу форсованого вприскування палива з визначенням розривів безперервності потоку палива.

З урахуванням цього, запропоновано удосконалити розрахунок процесу вприскування палива шляхом визначення моментів виникнення розривів безперервності потоку, розповсюдження їх по паливопроводу та зникнення, а також визначення їхніх величин, що стає особливо актуальним саме при розрахунку форсованої паливної апаратури (з підвищеним тиском вприскування).

В основу такої методики покладено гідродинамічний метод Ю.Я. Фоміна. Згідно цього методу, система диференціальних рівнянь неусталеного руху в'язкого палива уздовж паливопроводу перетворена у систему рівнянь в повних диференціалах:

$$\left. \begin{aligned} du + \frac{1}{\rho} dp + u \frac{\lambda|u|}{2d_{TP}} dt &= 0; \\ du - \frac{1}{\rho} dp + u \frac{\lambda|u|}{2d_{TP}} dt &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Кожне з цих рівнянь розв'язується уздовж відповідних характеристичних ліній, які визначаються умовами:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= +a; \\ \frac{dx}{dt} &= -a. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Тут u , p – відповідно, швидкість руху та тиск палива у перерізі паливопроводу на відстані x від входу; ρ - густина палива; a - швидкість розповсюдження звуку у паливі; t - час; λ - коефіцієнт гідравлічного опору руху палива вздовж паливопроводу; d_{TP} – внутрішній діаметр паливопроводу.

Означена система диференціальних рівнянь розв'язується чисельним інтегруванням.

У запропонованій методиці враховано, що внаслідок виникнення розриву безперервності потоку створюється вільна від палива порожнина, яка обмежена двома рухомими межами, координати яких з боків насоса x_H та форсунки x_F визначаються згідно формул:

$$x_{Hj+1} = x_{Hj} + u_{Hj} \cdot \Delta t; \quad (3)$$

$$x_{Fj+1} = x_{Fj} + u_{Fj} \cdot \Delta t. \quad (4)$$

Номер розрахункового перерізу паливопроводу в безперервному потоці перед x_{Hj+1} у момент часу $(t+\Delta t)$:

$$N_{Hj+1} = \text{int} \left(\frac{x_{Hj+1}}{\Delta x} \right) + 1. \quad (5)$$

При розрахунку швидкості руху межі x_H можливі три випадки.

Перший з них має місце, коли при посуванні в сторону паливного насоса межа x_H за час Δt не переходить крізь розрахунковий переріз N_{Hj+1} . Таку схему розрахунку приведено на рис. 1(а). В цьому випадку характеристики руху палива у розрахунковому перерізі N_{Hj+1} визначаються формулами:

$$u_{N_{H,j+1}} = 0,5 \left[u_{N_{H-1,j}} + u_{Hj} + \frac{1}{a\rho} p_{N_{H-1,j}} - u_{N_{H,j}} \frac{\lambda |u_{N_{H,j}}|}{2d_{TP}} \Delta t \right]; \quad (6)$$

$$p_{N_{H,j+1}} = 0,5 \left[a\rho \left(u_{N_{H-1,j}} - u_{Hj} - u_{N_{H,j}} \frac{\lambda |u_{N_{H,j}}|}{2d_{TP}} \Delta t \right) + p_{N_{H-1,j}} \right]. \quad (7)$$

Тут t – час проходження відбитої хвилі тиску, що виникає на межі між безперервним потоком та порожниною, яка підходить до розрахункового перерізу N_{Hj+1} ; Δx_H – відстань від розрахункового перерізу N_{Hj+1} до межі x_{Hj+1} .

Швидкість руху u_{Hj+1} межі перед розривом безперервності визначається співвідношенням:

$$u_{Hj+1} = u_C + \frac{1}{a\rho} p_C - u_C \frac{\lambda |u_C|}{2d_{TP}} \Delta t_H, \quad (8)$$

де Δt_H – час проходження прямою хвилею тиску відстані Δx_H ; u_C , p_C – швидкість та тиск палива у т.С розрахункової сітки; цей час

$$\Delta t_H = \Delta x_H / a; \quad (9)$$

Також

$$u_C = u_{N_{H,j+1}} - \frac{u_{N_{H,j+1}} - u_{N_{H,j}}}{\Delta t} \Delta t_H; \quad (10)$$

$$p_C = p_{N_{H,j+1}} - \frac{p_{N_{H,j+1}} - p_{N_{H,j}}}{\Delta t} \Delta t_H. \quad (11)$$

Другий випадок має місце, коли при посуванні межі x_H з боку паливного насоса вона за час Δt все ж перетинає розрахунковий переріз $N_{Hj+1}+1$. Схему цього розрахунку наведено на рис. 1(б). В цьому випадку характеристики руху палива в розрахунковому перерізі N_{Hj+1} визначаються фор-

мулами:

$$u_{N_H, j+1} = 0,5 \left[u_{N_H-1, j} + u_{N_H+1, j} + \frac{1}{a\rho} (p_{N_H+1, j} - p_{N_H-1, j}) - u_{N_H, j} \frac{\lambda |u_{N_H, j}|}{d_{TP}} \Delta t \right]; \quad (12)$$

$$p_{N_H, j} = 0,5 a\rho (p_{N_H-1, j} - u_{N_H+1, j} + p_{N_H-1, j} + p_{N_H+1, j}); \quad (13)$$

Швидкість руху u_{Hj+1} межі перед розривом безперервності визначається за формулами (8–11).

Для третього випадку, тобто коли при переміщенні межі x_H в сторону форсунки вона за час Δt перетинає розрахунковий переріз $N_{Hj+1}+1$, схему відповідного розрахунку приведено на рис. 1(с). При цьому розрахунок запроваджується за формулами (6–9) з урахуванням того, що u_C , p_C визначаються такими співвідношеннями:

$$u_C = u_{N_H, j+1} - \frac{u_{N_H, j+1} - u_{Hj}}{\Delta t_2} \Delta t_H; \quad (14)$$

$$p_C = p_{N_H, j+1} - \frac{p_{N_H, j+1}}{\Delta t_2} \Delta t_H, \text{ де } \Delta t_2 = \frac{\Delta x_H}{u_{Hj}} \quad (15)$$

Розрахунок швидкості руху u_{Fj+1} межі розриву безперервності потоку з боку форсунки між розривом безперервності та безперервним потоком виконується аналогічно розрахунку u_{Hj+1} .

Перевірка достовірності визначення вільних об'ємів у лінії високого тиску та уточнення координат розривів безперервності потоку здійснюється, коли виконується умова, що об'ємна кількість палива, яка пройшла крізь нагнітальний клапан у паливопроводі до даного моменту часу, менше суми об'ємної кількості палива, яка пройшла крізь розпилюючі отвори форсунки та порожнини в лінії високого тиску.

Результати ідентифікації отриманої математичної моделі на основі порівняння експериментальних даних та розрахункових даних, отриманих при використанні уточненого гідродинамічного методу та методу Ю.Я. Фоміна, дозволяють говорити про її прийнятну адекватність. Порівняння розрахункових даних, одержаних при використанні методики урахування розривів безперервності потоку та експериментальних даних з різними як частотами обертання кулачкового валу n_K , так і цикловими подачами $q_{Ц}$ (на рис. 2 наведені результати для режиму роботи при $n_K=1000 \text{ хв}^{-1}$, $q_{Ц}=160 \text{ мм}^3/\text{цикл}$) виявило, що їхнє відхилення по тривалості вприскування не перевищує 3%, відхилення по рівню максимальних тисків у кінці паливопроводу сягає 2,5%, а на початку паливопроводу - 4%, що треба визнати допустимим, на відміну від результатів, отриманих при використанні метода Ю.Я. Фоміна, де підвприскування склали 30 % від основної подачі палива, при цьому тиски

вприскування стали менш фактичних на 10%, а тривалість вприскування зростає.

У третьому розділі на основі аналізу літературних джерел та кількісних оцінок обрані визначальні фактори, які спроможні вчинити вплив на показники інтенсифікації вприскування палива. Наведено методику чисельного експериментального дослідження, в якій використано розроблену методику урахування розривів безперервності потоку у паливопроводі. Аналіз таких робіт показав, що найбільш впливаючими факторами при математичному плануванні чисельного експерименту щодо показників вприскування палива є такі: діаметр плунжера $d_{П}$, середня швидкість руху плунжера на ділянці активного ходу $v_{СР}$, діаметр паливопроводу $d_{ТР}$, тиск відкриття голки форсунки $P_{ФО}$ та діаметр розпилюючих отворів d_C .

В якості критеріїв раціонального вибору параметрів паливної апаратури прийняті максимальні тиски у перерізах паливної системи (у насоса $P_{Кmax}$, у форсунки $P_{Фmax}$, перед розпилюючими отворами $P_{Сmax}$), а також тривалість вприскування $\varphi_{ВІР}$.

Межі варіювання визначаючих факторів обирались виходячи з попереднього їх розрахунку при урахуванні рівня форсування паливної апаратури.

Для досягнення поставленої у дослідженні мети було проведено п'ятифакторний чисельний експеримент, в результаті якого отримані аналітичні залежності (рівняння регресії), які дозволили прогнозувати показники вприскування палива без виникаючих небажаних явищ у лінії високого тиску при зміні основних параметрів паливної апаратури. Виконані розрахунки за допомогою отриманих рівнянь показали добру збіжність результатів розрахунку та даних чисельного експерименту.

У четвертому розділі проведено аналіз результатів виконаного чисельного експерименту та вибрані й обґрунтовані раціональні параметри форсованої паливної апаратури. Спроековано деталі для забезпечення перспективних показників вприскування при підвищених тисках палива. Виконано оцінку ефективності застосування форсованої паливної апаратури з раціональними параметрами.

З використанням отриманих рівнянь регресії проведено аналіз кожного варіювального параметра на показники вприскування, який виявив, що на показники форсованого вприскування палива найбільш істотний вплив чинять діаметри плунжера $d_{П}$ та розпилюючих отворів d_C , середня швидкість плунжера на ділянці активного ходу плунжера $v_{СР}$. Причому їх вплив на показники вприскування не однозначний. Так, при збільшенні діаметра розпилюючих отворів d_C з 0,32 до 0,36 мм (геометричний прохідний переріз збільшився в у 1,3 рази), тривалість вприскування $\varphi_{ВІР}$ зменшилася з 12,4 до 10,9 гр.об.кул.в., але при цьому одночасно зменшилися максимальні тиски у відповідних перерізах системи: $P_{Кmax}$ на 4 МПа (5%), $P_{Фmax}$ на 11 МПа (11%), $P_{Сmax}$ на 17 МПа (20%). Такий характер впливу може несприятно позначитися на якості сумішоутворення та згоряння при відносно великих значеннях d_C .

Збільшення d_{II} з 11 до 13 мм (площина поперечного перерізу плунжеру збільшилася в 1,4 рази) веде до підвищення P_{Kmax} на 17 МПа (18%), $P_{\Phi max}$ на 10 МПа (11%), P_{Cmax} на 10 МПа (14%), при цьому $\varphi_{ВПР}$ скорочується з 11,3 до 10,7 гр.об.кул.в. (5%). Збільшення v_{CP} з 2,5 до 3,75 м/с (в 1,5 рази) веде до підвищення P_{Kmax} на 15 МПа (16%), $P_{\Phi max}$ на 15 МПа (16%), P_{Cmax} на 17 МПа (23%), скороченню $\varphi_{ВПР}$ з 11,4 до 10,6 гр.об.кул.в.

З цих результатів видно, що приблизно адекватне збільшення d_{II} та v_{CP} веде до того, що максимальні тиски у розрахункових перерізах при збільшенні v_{CP} приблизно на 10% стають вищими, ніж при збільшенні d_{II} . Тому підвищення v_{CP} більш раціонально порівняно з d_{II} .

Інші параметри (діаметр паливопроводу d_{TP} та тиск початку відкриття голки форсунки $P_{\Phi O}$) впливають менше на показники впрыскування.

Тому d_{TP} вибирався з умови зниження гідравлічного опору руху палива та зменшення об'єму лінії високого тиску, а $P_{\Phi O}$ – з точки зору уникнення закидання газів із циліндра. При виборі раціональних параметрів основна увага була приділена рівням d_{II} , d_C , v_{CP} .

На основі аналізу результатів чисельного експерименту щодо комплексного впливу факторів на показники впрыскування палива перспективних автотракторних дизелів (рис.3) зроблено вибір відповідних раціональних значень параметрів форсованої паливної апаратури: $d_{II}=13$ мм, $d_C=0,35\dots 0,36$ мм, $v_{CP}=3,25\dots 3,5$ м/с, $P_{\Phi O}=25$ МПа, $d_{TP}=2$ мм.

Для досягнення максимально можливої v_{CP} був застосований профіль кулачка, який складається із трьох ділянок. Перша ділянка профілю – вгнута та утворена дугою кола постійного радіусу. Це дозволило досягнути високих швидкостей руху плунжера при відносно невеликому його переміщенні. Друга ділянка профілю – випукла з постійним радіусом кривизни. Він обирався таким чином, щоб контактні напруги між кулачком та роликком штовхача при максимальному тиску палива не перевищували гранично допустимих значень. Третя ділянка профілю із змінним радіусом кривизни, який забезпечує умову постійного запасу по зусиллю розриву кінематичного зв'язку пари штовхач-кулачок. З метою надання подальших рекомендацій по використанню раціональних параметрів паливної апаратури розроблено два варіанти паливних кулачків з робочими профілями, які забезпечують $v_{CP}=3,25$ та 3,5 м/с для досягнення перспективного тиску впрыскування.

Також в роботі приділена увага зниженню гідравлічних опорів у проточній частині розпилювача форсованої паливної апаратури. Для цього було збільшено прохідний переріз у запираючому конусі розпилювача за допомогою введення за ним додаткового конуса з кутом $70\dots 80^\circ$ та діаметром основи $d_{ЗК}=1,3\dots 1,4$ мм. Застосування цих заходів при збільшенні $d_{ЗК}$ з 1,2 до 1,4 мм привело до збільшення тиску перед розпилюючими отворами на 5 МПа (7%).

З раціональними параметрами паливної апаратури був виконаний розрахунок процесу впрыскування палива. При циклових подачах $q_{II}=140,160,180$ мм³/цикл та частоті обертання кулачкового валу $n_K=1000$ хв⁻¹ максимальні тиски у форсунці досягли прогресивного (перспектив-

ного) рівня та склали 93,6; 98,6; 109,4 МПа при тривалості впрыскування відповідно 9,9; 10,8; 12 гр.об.кул.в.

Дослідження впливу означених раціональних параметрів на показники впрыскування по навантажувальній характеристиці показало, що при $n_K=1000$ хв⁻¹ та $q_{Ц}=40,60,100,130,160$ мм³/цикл тиск у форсунці підвищився майже у 1,4 рази (досяг відповідно 42,9; 54,9; 68,4; 82,9; 98,6 МПа), а тривалість впрыскування скоротилася в 1,25 рази (досягла відповідно 4,6; 5,5; 8,1; 9,5; 10,8 гр.об.кул.в.) порівняно з серійним паливним насосом ТН-635, розробленим ВАТ “Чугуївська паливна апаратура” ($d_{П}=12$ мм, $d_{С}=0,36$ мм, $v_{СР}=2,4$ м/с, $P_{ФО}=20$ МПа, $d_{ТР}=2$ мм).

Узагальнюючи отримані раніше результати випробувань, проведених у ВАТ “ГСКБД”, зроблено оцінку ефективності використання форсованої паливної апаратури з раціональними параметрами на перспективних дизелях, які наведені у табл. 1 та рис. 4.

Таблиця 1 –

Результати моторних випробувань паливних насосів на дизелях типу СМД

Двигун	Тип паливного насосу	$d_{П}$, мм	$S_{П}$, мм	$q_{Ц}$, мм ³ /ц	n_K , хв ⁻¹	$P_{ВПР}$, МПа	$\Phi_{ВПР}$, гр.об.кул.в.	g_e , г/(кВт·г)	$K_{д}$, %	$g_{СО}$, г/(кВт·г)
СМД-31	НД-22/6 (58.111104)	10	8	160	1000	50	13,9	219	21	4,66
	НД-22/6 (581.111104)	10	10	160	1000	58	13,2	216,5	18	3,83
	РФ6-26	12	11	160	1000	72	12,5	216,5	15	3,22
	6НТД-32	12	12	160	1000	72,5	12,3	215	11	3,25
	Компакт-32	11	13	160	1000	73,3	11,9	214,5	10	2,24
	Рекомендований	13	15	160	1000	98,6	10,8	210*	6*	1,1*
СМД-23	ЛСТНФ	10	12	140	1000	52	13	223	15	
	НД22/4	10	10	140	1000	53	13	219	13	
	НТД-32 (ЦНИТА)	12	11	140	1000	68	10,6	217	10	
	Рекомендований	13	15	140	1000	92,2	9,8	213*	6*	

Примітка: * прогнозуемий рівень показників дизеля.

Як бачимо з таблиці, підвищення тиску впрыскування у 1,5...1,8 рази дозволяє покращити паливну економічність на 2...6 г/(кВт·г). Для наведених режимів роботи форсованої паливної апаратури дизелів типу СМД було проведено гідродинамічний розрахунок процесу форсованого впрыскування палива з раціональними параметрами, який підтвердив, що максимальні тиски

вприскування палива перевищуватимуть існуючі у 1,4...1,9 рази. Тому, враховуючи приведену на рис. 4 закономірність впливу тиску вприскування палива на показники дизеля, слід вважати реальним, що при таких високих рівнях $P_{ВІР\max}$ питома ефективна витрата палива покращиться на 4...9 г/(кВт·г), а димність викидних газів за шкалою Хартриджа на 4...15 %.

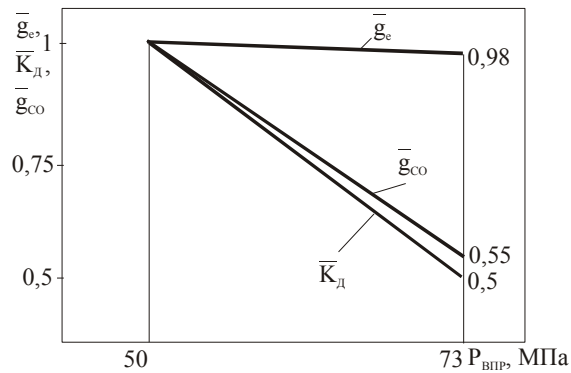


Рис. 4. Тенденція впливу тиску вприскування на показники дизеля.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні отримані такі основні результати:

1. Розроблені методика та алгоритм розрахунку процесу паливоподачі з урахуванням виникаючих розривів безперервності потоку у кінцевій фазі вприскування при його інтенсифікації, обумовлених специфікою перспективних паливних дизельних насосів з підвищеним тиском палива.

2. На цій основі уточнена математична модель руху палива у тракті високого тиску на різних режимах форсованої паливної апаратури, що дозволило суттєво зменшити розходження між експериментальними та розрахунковими даними до 4%, обґрунтовано її адекватність.

3. Методика уточненого математичного моделювання руху паливоподачі у паливопроводі з підвищеним тиском удосконалена додачею до неї програмного блока, який дозволяє розраховувати рух палива у паливопроводі з урахуванням характеристик виникаючих розривів безперервності потоку, в тому числі – величини та динаміки їх виникнення, розповсюдження по паливопроводу й зникнення.

4. На основі результатів чисельного експерименту при використанні запропонованої уточненої математичної моделі виявлено та проаналізовано вплив основних параметрів форсованої паливної апаратури на показники вприскування палива з такими результатами:

- приблизно адекватне підвищення середньої швидкості (на ділянці активного ходу) та діаметру плунжера неоднаково впливають на максимальні тиски у розрахункових перерізах; так, при збільшенні середньої швидкості плунжера тиск підвищується приблизно на 10 % вище, ніж за рахунок збільшення діаметру плунжера;

- збільшення діаметру розпилюючих отворів веде до скорочення тривалості вприскування, однак при цьому зменшуються максимальні тиски, що несприятно впливатиме на якість сумішоутворення та згоряння у циліндрі дизеля;

- узгоджене збільшення діаметру та середньої швидкості плунжера на ділянці активного ходу при зменшенні діаметру розпилюючих отворів, одночасно призводить до суттєвого підвищення максимального тиску та скорочення тривалості вприскування.

Такі результати покладено до основи вибору та обґрунтування раціональних діаметрів плунжера та розпилюючих отворів, а також середньої швидкості плунжера на ділянці активного його ходу при специфічних умовах, обумовлених інтенсифікацією вприскування. Показано, що застосування форсованої паливної апаратури з раціональними параметрами дозволяє суттєво підвищити максимальний тиск у форсунці (у 1,4 рази) порівняно з паливною апаратурою, розробленою на ВАТ “Чугуївська паливна апаратура”, яка має аналогічні конструктивні параметри, тобто досягнути високого прогресивного рівня такого тиску 90...100 МПа для підвищення необхідної якості процесів сумішоутворення та згоряння. При цьому ліквідовано небезпеку появи негативних підвприскувань у кінцевій фазі паливоподачі.

5. Запропоновано конструктивні заходи для реалізації підвищених тисків вприскування до 90...100 МПа на перспективних ПНВТ виробництва ВАТ “Чугуївська паливна апаратура”.

6. Проведено оцінку ефективності використання форсованої паливної апаратури з запропонованими раціональними параметрами, яка підтвердила реальну можливість отримання підвищення паливної економічності на 4...9 г/(кВт·г), а димності викидних газів за шкалою Хартриджа на 4...15 % на перспективних дизелів за рахунок реалізації прогресивних рівнів тисків вприскування.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В. Выбор определяющих факторов для математического планирования расчетного эксперимента при исследовании впрыскивания топлива в быстроходном дизеле. // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 1998. – Вып.5. – С.153-155.

2. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В. Методика расчета движения топлива в трубопроводе высокого давления топливной аппаратуры при наличии разрывов сплошности потока // *Вісник Харківського державного політехнічного університету*. – Харків: ХДПУ, 1999. – Вип. 59. – С. 66-70.

3. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В. Выбор рациональных параметров топливной аппаратуры перспективных автотракторных дизелей по результатам факторного планирования численного эксперимента // *Вісник Харківського державного політехнічного університету*. –

Харків: ХДПУ, 2000. – Вип. 101. – С.249-252.

4. Прудников Г.В., Рыкова И.В., Васильченко И.Д., Шеховцов А.Ф. Пути разработки топливной аппаратуры перспективных автотракторных дизелей // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2000. – Вып. 19. – С.70-73.

5. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В., Коколев А.А., Парсаданов И.В. Оценка экономических показателей перспективных автотракторных дизелей на основе совершенствования топливной аппаратуры // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2001. – № 2. – С.67-72.

6. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В. Проблемы создания форсированной топливной аппаратуры перспективного автомобильного дизеля // Тр. междунар. научн.-техн. конф.: “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”. – Харьков: ХГПУ, 1997. – Ч. 3. – С.417-419.

7. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В. Особенности алгоритма движения топлива в трубопроводе дизельной топливной аппаратуры с учетом влияния разрывов сплошности потока. // Сб. науч. трудов Харьковского государственного политехнического университета: “Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”. – Харьков: ХГПУ, 1998. – Вып. 6, Ч.2. – С. 177-181.

8. Шеховцов А.Ф., Васильченко И.Д., Рыкова И.В. Постановка задачи факторного планирования при исследовании впрыскивания топлива в перспективных автотракторных дизелях методом численного эксперимента // Зб. наук. праць Харківського державного політехнічного університету: “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”. – Харків: ХДПУ, 1999. – Вип. 7, Ч. 2. – С. 382-385.

АНОТАЦІЇ

Рикова І.В. Вибір та обґрунтування параметрів паливної апаратури автотракторних дизелів при інтенсифікації впрыскування. – 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 посвячено вибору параметрів форсованої паливної апаратури перспективних автотракторних дизелів на основі уточненої математичної моделі розрахунку процесу впрыскування палива. Розроблені методика та алгоритм розрахунку руху палива у паливопроводі високого тиску з уточненнями розрахунку кінцевої фази впрыскування та використані у програмі для ЕОМ. Проведено чисельне експериментальне дослідження впливу конструктивно-регулювальних параметрів паливної апаратури на показники впрыскування палива при його інтенсифікації. Запропо-

новані практичні рекомендації щодо підвищення максимальних тисків впрыскування шляхом вибору раціональних конструктивно-регулювальних параметрів паливної апаратури. Виконана оцінка ефективності використання форсованої паливної апаратури з раціональними параметрами.

Ключові слова: форсована паливна апаратура, розрив безперервності потоку, гідродинамічний розрахунок процесу впрыскування палива, максимальний тиск впрыскування.

Рыкова И.В. Выбор и обоснование параметров топливной аппаратуры автотракторных дизелей при интенсификации впрыскивания. – 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 выбору параметров форсированной топливной аппаратуры перспективных автотракторных дизелей на основе уточненной математической модели расчета процесса впрыскивания топлива. Разработаны методика и алгоритм расчета движения топлива в топливопроводе высокого давления с уточнениями расчета конечной фазы впрыскивания и применены в программе для ЭВМ. Полученные аналитические зависимости для расчета характеристик движения топлива в топливопроводе с учетом возникающих разрывов сплошности потока, а также для определения их величин, моментов возникновения, характеристик распространения по топливопроводу и исчезновения позволяют более точно выполнять гидродинамический расчет процесса впрыскивания топлива в конечной фазе впрыскивания.

Проведен численный эксперимент с использованием разработанной программы гидродинамического расчета процесса впрыскивания топлива, в результате которого получены уравнения регрессии, позволяющие определять показатели впрыскивания топлива в зависимости от основных конструктивно-регулирующих параметров форсированной топливной аппаратуры.

На основе полученных уравнений регрессии проведен ряд расчетных исследований, которые выявили влияние диаметров плунжера, распыливающих отверстий и топливопровода, средней скорости плунжера на участке активного хода и давления начала открытия форсунки на интенсификацию впрыскивания топлива. Анализ результатов исследования показал, что наиболее существенное влияние на интенсификацию впрыскивания топлива оказывают диаметры плунжера, распыливающих отверстий и средняя скорость плунжера на участке активного хода. Причем, повышение средней скорости плунжера на участке активного хода более рационально по сравнению с адекватным увеличением диаметра плунжера. При одновременном согласованном увеличении диаметра плунжера и средней скорости плунжера на участке активного хода и уменьшении диаметра распыливающих отверстий существенно повышается максимальное давление и сокращается

продолжительность впрыскивания.

Проведен выбор рациональных значений диаметра распыливающих отверстий и средней скорости плунжера на участке активного хода при различных уровнях диаметра плунжера, которые позволили достичь максимального уровня давлений впрыскивания 90...100 МПа.

Выполнены расчеты процесса впрыскивания топлива с рациональными параметрами форсированной топливной аппаратуры на основных режимах работы, которые показали, что максимальное давление в форсунке повысилось примерно на 20 МПа по сравнению с аналогичным топливным насосом, разработанным на ОАО "ЧТА", и тем самым достигло прогрессивного уровня.

Для обеспечения выбранных параметров форсированной топливной аппаратуры предложены необходимые конструктивные мероприятия. Так, для достижения максимально возможных скоростей плунжера на участке активного хода разработаны два профиля топливных кулачков, обеспечивающих реализацию отмеченных максимальных скоростей соответственно 3,25 и 3,5 м/с. Уделено внимание снижению гидравлических сопротивлений в проточной части распылителя, для чего введен за запирающим конусом дополнительный конус с углом 70...80° и диаметром основания 1,3...1,4 мм. Установлено, что данное мероприятие при увеличении диаметра основания запирающего конуса с 1,2 до 1,4 мм позволяет повысить максимальное давление перед распыливающими отверстиями на 7 %.

По экспериментальным данным выполнена оценка эффективности использования форсированной топливной аппаратуры с рациональными параметрами, которая подтвердила возможность улучшения топливной экономичности перспективных дизелей с повышенными максимальными давлениями впрыскивания.

Ключевые слова: форсированная топливная аппаратура, разрыв сплошности потока, гидродинамический расчет процесса впрыскивания топлива, максимальное давление впрыскивания.

Rykova I.V. Selection and justification of fuel equipment parameters of auto-tractor diesel engines at intensification of an injection. - Manuscript.

The dissertation for presenting candidate degree technical sciences of specialty 05.05.03 – heat engines. – National technical university "the Kharkov polytechnic institute", Kharkov, 2002.

The dissertation is devoted to selection of parameters of fuel equipment of perspective auto-tractor diesel engines on the basis of updated mathematical model of calculation of fuel injection process. Designed a technique and algorithm of calculation of driving of fuel in the fuel line high-pressure with refinements of calculation of a final phase of an injection and are applied in the computer program. The numerical experimental research of influence of structurally - adjusting parameters of fuel instrumentation on indexes of an injection of fuel is carried out. The practical guidelines on a heightening of maximal

pressures of an injection are offered by selection of rational structurally - adjusting parameters of fuel instrumentation. The estimation of efficiency of usage of fuel instrumentation with rational parameters is executed.

Key words: forced fuel equipment, disruption of flow continuous, hydraulic calculation of fuel injection process, maximal injection pressure.

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. Прохоренко А.О.

Підп. до друку 07.05.2002 р. Формат видання 145x215.
Формат паперу 60x90/16. Папір Могра. Друк – ризографія.
Обсяг 0,9 авт. арк. Наклад 100 прим. Зам. № 181.

Видавничий центр НТУ “ХПІ”. Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2002 р.

Друкарня НТУ “ХПІ”, 61002, м. Харків, вул. Фрунзе 21.
