

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Мешков Денис Вікторович

УДК 621.436:621.43-44

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ З ЕЛЕКТРОННИМ
КЕРУВАННЯМ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ З ЛІНІЙНИМ
П’ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Марченко Андрій Петрович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», проректор з наукової роботи, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Григор'єв Олександр Львович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, професор кафедри вищої математики

кандидат технічних наук, доцент
Врублевський Олександр Миколайович,
Національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння

Захист відбудеться «11» листопада 2010 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.050.13 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21, кафедра двигунів внутрішнього згоряння, ауд. 11.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Автореферат розісланий «9» жовтня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Осетров О.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Аналіз стану світового двигунобудування показує, що акумуляторна паливна апаратура є практично безальтернативною системою при подальшому вдосконалюванні техніко-економічних і екологічних показників дизелів. Закордонні виробники паливної апаратури, такі як Robert Bosch, Siemens, Denso та ін., досягли досить високого рівня при розробці й удосконалюванні таких систем. Але, активному використанню закордонних акумуляторних паливних систем в Україні заважає надмірно висока вартість елементів такої паливної апаратури. Крім цього, певні труднощі викликає процес адаптації акумуляторної паливної апаратури, що включає в себе розробку алгоритму електронного керування конкретним двигуном. Послуги із проведення адаптації паливної апаратури досить дорогі, а методики адаптації систем є технічними секретами фірм виробників і ретельно охороняються, отже, не можуть бути використані.

Найбільш відповідальним і коштовним елементом акумуляторної паливної апаратури є електрокерована паливна форсунка, а конкретніше, її виконавчий механізм (ВМ). Від досконалості його характеристик залежать основні параметри роботи дизеля в цілому. У даний момент найбільше поширення одержали два типи виконавчих елементів: електромагнітний клапан і п'єзоелектричний перетворювач. Для використання в перспективній вітчизняній паливній апаратурі ВМ повинен задовольняти наступним умовам: висока швидкодія й зусилля, малі енергетичні витрати, низька вартість, доступність комплектуючих, простота конструкції й обслуговування. Незважаючи на те, що конструкція гідравлічної частини не представляє особливої складності, масове виготовлення ВМ зі стабільними характеристиками в умовах України є досить складним завданням.

Таким чином, розробка конструкції виконавчого елемента форсунки перспективної паливної акумуляторної апаратури вітчизняного виробництва, вибір її оптимальних параметрів і розробка методики адаптації такої системи до двигуна, є актуальним завданням, яке визначило напрямок даного дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Робота виконана на кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» в рамках держбюджетних тем МОН України: «Дослідження ресурсозберігаючих ультразвукових лінійних приводів паливних інжекторів з поліпшеними екологічними параметрами» (ДР № 0106U004291) і «Дослідження процесів згоряння, тепловиділення й утворення шкідливих речовин при використанні біопалив рослинного походження в дизелях» (ДР № 0106U011081), у яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

Мета й завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка системи паливоподачі дизеля з електрокерованою паливною форсункою з монокристалічним лінійним п'єзоелектричним перетворювачем (ЛПП), оптимізації її конструктивних параметрів та адаптації дослідної системи к ДВЗ.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені такі завдання:

- розробка конструкції електрокерованої паливної форсунки дизеля з ЛПП;
- розробка конструкції та експериментальне визначення характеристик роботи лінійного п'єзоелектричного перетворювача;
- створення математичної моделі й програми розрахунку гідродинамічних процесів в електрокерованій паливній форсунці дизеля, з урахуванням її гідравлічної схеми;
- розробка методики й вирішення багатокритеріального задачі вибору оптимальних значень конструктивних і регулювальних параметрів електрокерованої паливної форсунки дизеля ;
- проведення експериментального дослідження роботи дизеля 4ЧН12/14 для визначення параметрів паливоподачі по універсальній характеристиці з використанням штатної паливної апаратури;
- проведення розрахунково-експериментальної адаптації акумуляторної паливної системи з п'єзоелектричною форсункою з побудовою базової матриці для електронного блоку керування паливоподачею дизеля 4ЧН12/14.

Об'єкт дослідження – процеси у форсунці із лінійним п'єзоелектричним перетворювачем акумуляторної паливної апаратури.

Предмет дослідження – конструктивні параметри форсунки із лінійним п'єзоелектричним перетворювачем в акумуляторній паливній апаратурі і їхній вплив на процес упорскування.

Методи дослідження: Всі теоретичні аспекти дисертації базуються на фундаментальних положеннях теорії ДВЗ і сучасному математичному інструментарії. Одержання характеристик роботи ЛПП і дизеля 4ЧН12/14 виконано експериментальним дослідженням при стендових випробуваннях. Для чисельного вирішення телеграфного рівняння використано метод характеристик. Метод дослідження простору параметрів для оптимізації параметрів форсунки на основі математичного моделювання її роботи. Виконано синтез базової матриці керування паливоподачею автотракторного дизеля.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Уперше розроблена модель паливної форсунки дизеля, що включає математичний опис роботи оригінальних елементів у вигляді гідравлічного штовхача й параметрів роботи лінійного п'єзоелектричного перетворювача.
2. Уперше запропонований розрахунково-експериментальний метод синтезу базової матриці керування дизелем у вигляді області перетинання гідравлічної характеристики паливної системи й універсальної характеристики автотракторного дизеля.
3. Уперше запропоновано застосування монокристалічного лінійного п'єзоелектричного перетворювача у якості виконавчого елементу в електрокерованій паливній форсунці дизеля.
4. Набуло подальший розвиток застосування методу дослідження простору параметрів для багатокритеріальної оптимізації параметрів форсунки в

частині збільшення як кількості досліджуваних точок (до 8 разів), так і кількості критеріїв якості (до 8).

Практична цінність отриманих результатів для двигунобудування полягає в наступному:

1. Розроблено оригінальну конструкцію паливної форсунки дизеля з лінійним п'єзоелектричним перетворювачем, що дозволяє підвищити швидкість спрацьовування, знизити енергоспоживання, а також складність і вартість виробу.

2. Розроблено конструкцію лінійного п'єзоелектричного перетворювача на основі єдиного монокристалічного стержня для використання в якості виконавчого механізму у паливній форсунці дизеля, обрані його раціональні конструктивні параметри, експериментально отримані характеристики його роботи.

3. Реалізована у вигляді програмного продукту в середовищі MatLab/Simulink математична модель гідравлічних процесів в порожнинах форсунки із ЛПП, що є інструментом для поглибленого аналізу й оптимізації параметрів його роботи.

4. Розроблено програмний комплекс DieselAnalyse, що призначений для визначення індикаторних показників у складі дослідного стенду при експериментальних дослідженнях двигунів внутрішнього згоряння.

Результати дослідження й програмний комплекс впроваджені й використовуються в КП «ХКБД», ВАТ «ЧЗПА», науково-дослідної лабораторії кафедри ДВЗ НТУ «ХПІ», а також у навчальному процесі при підготовці студентів за фахом 7.090210 - двигуни внутрішнього згоряння в НТУ «ХПІ».

Особистий внесок здобувача. При виконанні дисертаційного дослідження здобувачем особисто:

1. Запропоновано використати як виконавчий елемент паливної форсунки швидкодіючий лінійний п'єзоелектричний двигун. Взято участь у створенні й проведенні експериментального дослідження п'єзоелектричного двигуна за допомогою спеціального стенда.

2. Розроблено конструкцію паливної форсунки із ЛПП для акумуляторної паливної системи автотракторного дизеля 4ЧН 12/14. Виконано математичне моделювання гідравлічних процесів в порожнинах паливної форсунки й обґрунтовано її оптимальні конструктивні параметри.

3. Проведено розрахункове дослідження параметрів паливоподачі при використанні розробленої форсунки.

4. Удосконалено методику обробки результатів індиціювання циліндра двигуна з використанням сучасних обчислювальних засобів, в частині урахування термодинамічної погрішності п'єзокерамічного датчика тиску.

Апробація результатів дисертації. Основні положення й результати досліджень, які включені в дисертацію доповідалися на: X - XIII Міжнародних конгресах двигунобудівників (с. Рибаче, 2005 - 2008 рр.); XII - XV Міжнародних науково-технічних конференціях "Інформаційні технології: наука,

техніка, технологія, освіта, здоров'я" (м. Харків, 2004-2007 рр.); Всеукраїнській науково-технічній конференції «Сучасні проблеми двигунобудування: стан ідеї рішення» (м. Первомайськ, 2007 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Двигатель - 2007» (м. Москва, Росія, 2007 р.); Науково - технічній конференції «Актуальные проблемы развития поршневых ДВС» (м. Санкт-Петербург, Росія, 2008 р.).

Публікації. Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані у 15 наукових працях, 12- у фахових виданнях ВАК України, 1 патент України.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і додатків. Загальний обсяг роботи включає 164 сторінки; з них 45 рисунків по тексту, 2 рисунки на 2 окремих сторінках, 12 таблиць по тексту, 4 додатка на 17 сторінках, 144 найменування використаних літературних джерел на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані її мета й основні завдання дослідження, визначені шляхи їхнього рішення, наведена інформація про наукову новизну й практичну цінність роботи, особистий внесок здобувача, апробацію й впровадження результатів роботи.

Перший розділ присвячений аналізу й обґрунтуванню завдань, пов'язаних з вибором напрямку дисертаційного дослідження. Розглянуто вплив на екологічність і економічність автотракторного дизеля таких параметрів роботи дизельної паливної апаратури (ПА), як кут випередження упорскування палива, тиск упорскування, наявність і тип багатозафазного упорскування. Показано, що тільки при наявності гнучкого регулювання цих параметрів можливе виконання сучасних норм по обмеженню викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами без погіршення витрати палива.

Аналіз літературних джерел показує, що такі заходи у найбільш повному ступені можливо реалізувати тільки в ПА акумуляторного типу з електронним керуванням. При цьому відповідальним елементом акумуляторної ПА є електрокерована форсунка, що повинна забезпечити задану циклову подачу в широкому діапазоні зміни тиску палива в акумуляторі, поциклову стабільність, мати прийнятну вартість і простоту конструкції. Найбільше поширення одержали електрогідравлічні (ЕГФ) і п'єзоелектричні (ПЕФ) форсунки. Виконавчими елементами в них є, відповідно, електромагнітний клапан і набірний п'єзоелектричний стовп. Провідними двигунобудівними фірмами в цей час розроблені й серійно випускаються надійні й високоефективні конструкції таких форсунок. Однак створення на їхній базі вітчизняного аналога акумуляторної ПА не представляється можливим через високу вартість, відсутність методики адаптації на двигуні, патентного захисту тощо.

Кафедрою ДВЗ НТУ «ХПІ» разом з лабораторією мікроелектроніки НТУУ «КПІ» створений виконавчий механізм (ВМ) на базі лінійного п'єзое-

лектричного перетворювача (ЛПП), що характеризується високою швидкістю спрацьовування, малим енергоспоживанням, простотою конструкції й доступністю вихідних комплектуючих. У даний момент, як в Україні, так і за кордоном відсутній досвід створення акумуляторних ПА на базі ЛПП. Тому є необхідність розробки конструкції паливної форсунки із ЛПП, математичної моделі гідравлічних процесів в порожнинах форсунки для гідродинамічного розрахунку такої форсунки, методики вибору оптимальних конструктивних і регульовальних параметрів форсунки й, нарешті, методики побудови базової матриці керуючих впливів для електронного блоку керування дизелем.

У **другому розділі** розглянута конструкція дослідної форсунки із ЛПП. Позначено основні відмінності від відомих рішень, призначення окремих елементів і загальний принцип дії.

Конструкція дослідної паливної форсунки відрізняється від аналогів установленим у верхній частині корпусу монокристалом ЛПП із електричною проводкою. Сердечник ЛПП жорстко пов'язаний з верхнім поршнем гідравлічного штовхача, встановленого в середній частині корпусу форсунки й призначеного для компенсації температурного розширення й збільшення ходу переміщення запірного органа.

Принцип дії паливної форсунки полягає в наступному. При подачі керуючого імпульсу від електронного блоку керування (ЕБК) на вхід ЛПП відбувається його подовження. Шток привода впливає через гідравлічну передачу на стрижень керуючого клапана. Тиск у надголкової порожнині знижується, голка розпилювача переміщується нагору, починається процес упорскування палива.

Для використання в якості ВМ форсунки було розглянуто кілька конструкцій ЛПП: п'єзоперетворювачі обертання, лінійний перетворювач на базі порожнього, цілого циліндрів і прямокутного стрижня. У результаті досліджень у лабораторії мікроелектроніки НТУУ «КПІ» встановлено, що найкращі характеристики роботи забезпечує ЛПП на базі прямокутного стрижня. Основні характеристики роботи такого ЛПП у порівнянні з електромагнітним клапаном і складальним п'єзоелектричним стовпом представлені в табл. 1. У таблиці в дужках позначене зусилля, що розвивається п'єзо ВМ у момент початку спрацьовування.

Розроблений ЛПП виконаний як п'єзоелектричний осцилятор з активною частиною з поляризованого матеріалу у вигляді прямокутної пластини довжиною L і шириною B (рис. 1). На основній поверхні пластини нанесений суцільний, загальний електрод з виводом для підключення до джерела живлення. ЛПП закріплений у тримачі, що є одночасно захисним екраном перетворювача й корпусом для установки на форсунку. Рухлива частина виконана у вигляді вилки, зуби якої притиснуті через зносостійкі керамічні прокладки до середин бічних граней. Стрижень клапана закріплений у підставі вилки через підпружинену діафрагму.

У результаті експериментального дослідження встановлено, що раціональне співвідношення довжини пластини L до її ширини B перебуває в межах $(2:1) \pm 20\%$.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики типів ВМ паливних форсунок дизелів

№	Параметр	Електромагнітний клапан (CR I,II)	П'єзоелектричний набірний стовп	ЛПП
1.	Швидкість спрацьовування, мс	0,2	0,1	0,1
2.	Переміщення, мм	0,05	0,04	0,05
3.	Максимальне зусилля, Н	100	500 (4500)	400 (3500)
4.	Напруга, В	60	400	150

Крім того, обґрунтовано, що робочу частоту збудження необхідно знизити в 7 разів для підвищення швидкості переміщення рухливої частини ЛПП. Цей захід виконаний шляхом збудження поперечних коливань по довжині пластини.

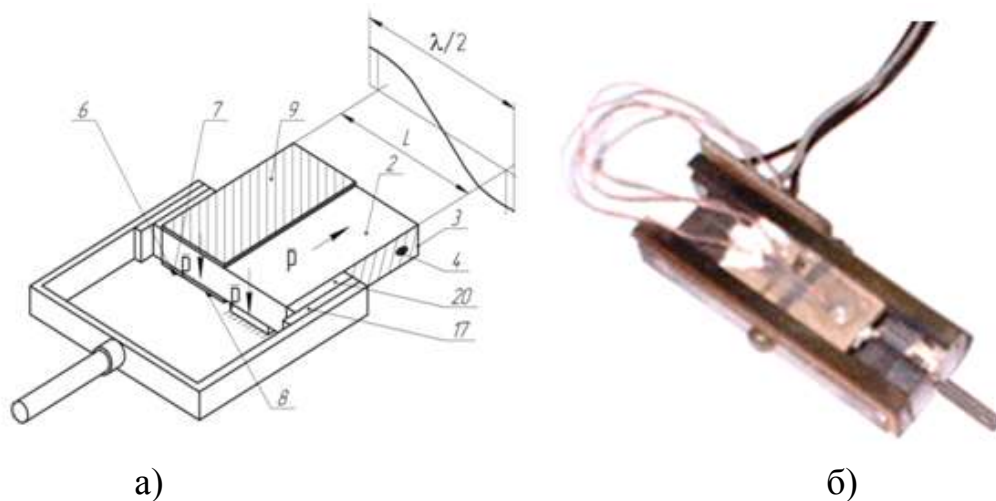


Рис.1. Схема (а) і фото (б) лінійного п'єзоелектричного двигуна

Аналіз існуючих математичних моделей для гідродинамічного розрахунку процесів у паливній форсунці, розроблених у НТУ «ХПІ», МГТУ ім. Баумана, ХНАДУ, університету Хан-Янг (Ю.Корея) та ін. показав, що використання їх для розрахунку процесів у паливній форсунці із ЛПП неможливо без змін, які враховували б особливості дослідної ПА, а також доповнення експериментальними залежностями роботи ЛПП.

З урахуванням цього, у дослідженні розроблена математична модель гідродинамічних процесів у паливній форсунці із ЛПП, що враховує наявність у конструкції оригінальних елементів – гідравлічного штовхача, п'єзоелектричного елемента тощо. При цьому запропонована гідравлічна розрахункова схема, яка представлена на рисунку 2.

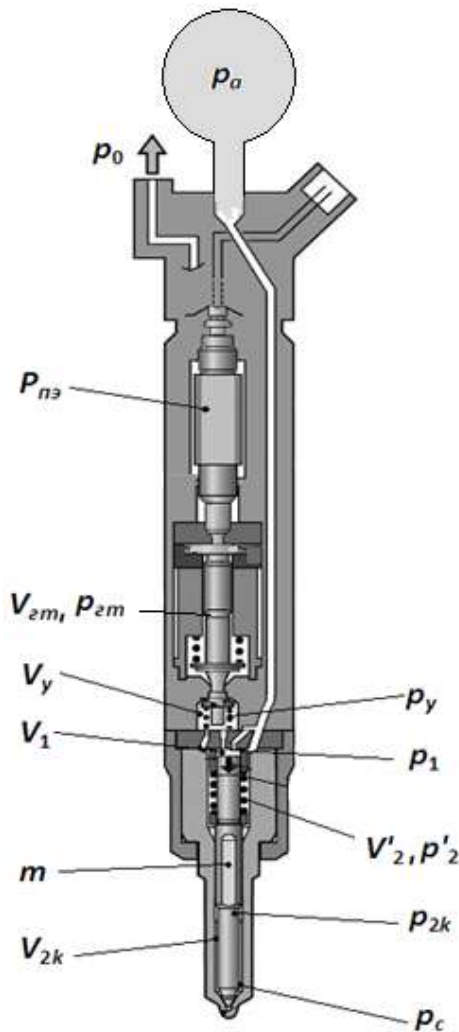


Рис. 2. Гідравлічна розрахункова схема форсунки с ЛПП

системі відсутні;

- тиск середовища, у якому відбувається упрскування, постійний;
- рухливі елементи є абсолютно твердими;
- ураховується гідравлічний опір потоку палива в каналах системи.

Рух палива описується «телеграфним» рівнянням

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{2k}{a^2} \frac{\partial u}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

де u – швидкість руху палива, x – координата по довжині трубопроводу (каналу), t – час, a – швидкість поширення хвилі тиску в паливі (швидкість звуку), k – фактор гідравлічного опору.

Для рішення рівняння (1) були застосовані два методи: чисельний метод характеристик, запропонований Ю.Я. Фомінін і метод аналітичного рішення

У наведеній схемі можна виділити наступні характерні порожнини й рухливі елементи: ЛПП ($P_{лп}$ сила, створювана ЛПП), гідравлічний штовхач ($V_{лп}$, $p_{лп}$ – відповідно об'єм і тиск у порожнині між плунжерами), порожнина керування (V_y , p_y – відповідно об'єм і тиск у цій порожнині), порожнина запирання (V , p – об'єм і тиск у цій порожнині), порожнина пружини голки (V'_2 , p'_2 – об'єм і тиск у цій порожнині), порожнина кишені розпилювача (V_{2k} , p_{2k} – об'єм і тиск у цій порожнині), порожнина замикаючим конусом (V_c , p_c – об'єм і тиск у цій порожнині), акумулятор палива (V_a , p_a), голка розпилювача (m – маса рухливих частин, віднесених до голки). Крім того, при розрахунку процесів у форсунці визначаються поточні значення переміщень верхнього й нижнього плунжерів гідроштовхача, керуючого клапана й голки форсунки.

Для математичного опису фізичних процесів, що відбуваються в паливній форсунці, прийняті наступні припущення й допущення:

- паливо є стисливою рідиною;
- потік палива в системі розглядається як одномірний, ізотермічний;
- при завданні закону руху запірних органів урахувуються сили інерції, сили пружин, сили тиску палива й дисипативні сили;
- витоки палива через ущільнення в системі відсутні;

у формі Д'Аламбера.

Прийнято, що в момент часу $t = 0$ тиск у всіх порожнинах високого тиску системи дорівнює початковому тиску палива в акумуляторі $p_2 = p_a$, а швидкість руху потоку - $u_0 = 0$.

Граничні умови в порожнинах форсунки задаються системою диференціальних рівнянь руху запірних елементів і рівнянь об'ємного балансу.

Наведена математична модель гідравлічних процесів в порожнинах форсунки з ЛППP реалізована за допомогою пакета моделювання динамічних систем MatLab/Simulink. Система диференціальних рівнянь граничних умов вирішується методом Дорманда-Принса. Крок інтегрування – $5 \cdot 10^{-6}$ с. Модель дозволяє розрахувати й візуалізувати всі процеси, що відбуваються у форсунці, а саме - зміну тиску в різних порожнинах, поточне переміщення, швидкості й прискорення рухливих елементів та ін. (рис. 3).

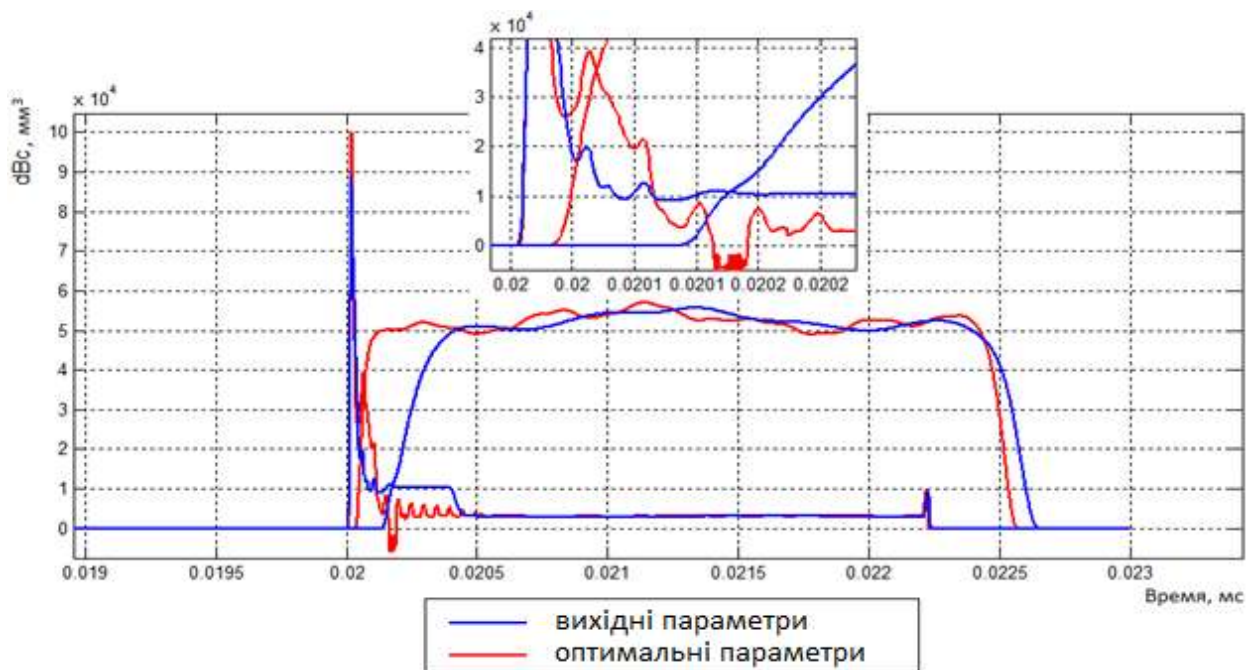


Рис. 3. Залежність диференціальної характеристики паливоподачі й витрати палива в камері керування при вихідних і оптимальних параметрах

Отримані характеристики в порожнинах паливної форсунки повторюють характер зміни досліджуваних параметрів, отриманих фірмою Bosch при вивченні форсунок означеного типу. При цьому показано, що: досліджувана форсунка здатна забезпечувати подачу малих порцій палива на ділянці попереднього упорскування, не впливаючи на ділянку основного упорскування.

Така можливість досягається тим, що п'єзоелектрична форсунка має більш високу швидкодію в порівнянні з електрогідравлічними форсунками ранніх років випуску. Проміжок часу від подачі керуючого імпульсу до початку підйому голки становить близько 1 мкс, що в 2-3 рази менше, ніж в електрогідравлічній форсунці. Це пояснюється тим, що для забезпечення початку

руху голки форсунки потрібне менше падіння тиску в камері запирання, ніж для електромагнітної форсунки. До того ж, при цьому значно, приблизно в 2 рази, зменшується витрата палива на керування.

Важливо відзначити також, що при підйомі голка не досягає упору, а опирається у верхньому (піднятому) положенні на паливо у камері запирання, що забезпечується рівністю об'ємних швидкостей затікання й витікання палива із цієї камери.

У **третьому розділі** наведена методика вибору оптимальних конструктивних і регулювальних параметрів дослідної паливної апаратури. Для визначення оптимальних параметрів використаний метод дослідження простору параметрів, запропонований І.М. Соболев і Р.Б. Статниковим, що не має обмежень ні на кількість параметрів оптимізації, ні на кількість критеріїв якості. Як пробні точки простору параметрів використані точки на основі плану, складеного за спеціальним алгоритмом із використанням ЛП_т-послідовностей. Результатом виконання етапу є «таблиці випробувань» - результати математичного моделювання роботи об'єкта дослідження в кожній точці заданого плану.

Розроблена конструкція форсунки містить близько 40 конструктивних параметрів, тим або іншим способом, впливаючих на робочий процес системи. Із всієї сукупності виділені 13 параметрів, які, за результатами аналізу даних, отриманих при виконанні розділу 2, впливають найбільшою мірою: $K_{прв}$, $K_{прн}$, $K_{пркл}$ – жорсткість відповідно верхньої й нижньої пружин гідроштовхача, пружини клапана, $V_{1(0)}$ – об'єм порожнини запирання в початковий момент часу, $V_{зм}$ – об'єм порожнини в гідроштовхачі, V_y – об'єм порожнини керування, V'_2 – об'єм порожнини перед камерою запирання, $d_{клв}$, $d_{клн}$ – ефективний діаметр прохідного перетину відповідно у верхньому й нижньому каналах клапана, $d_{змв}$, $d_{змн}$ – діаметр поперечного перерізу відповідно верхнього й нижнього плунжерів гідроштовхача, d_2 , d_0 – діаметр прохідного перетину відповідно вхідного й вихідного жиклерів порожнини запирання. Дослідні параметри й межі їхнього варіювання перераховані в табл. 2 і показані на рисунку 4. При виборі меж варіювання кожного з параметрів виходили з можливості покриття найбільшої області з урахуванням конструктивних і технологічних обмежень.

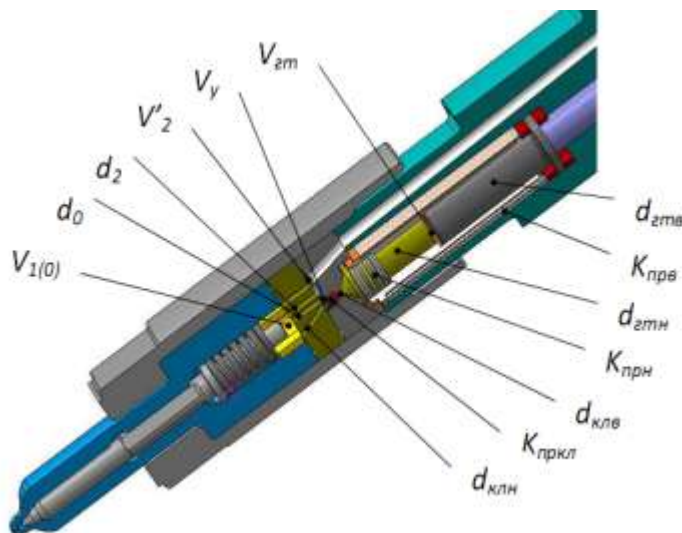


Рис. 4. Параметри оптимізації форсунки

Оцінка ефективності пробних точок і визначення їхніх параметрів здійснюється за допомо

Таблиця 2

Досліджувані параметри паливної форсунки

№	Параметр, $\alpha_{i,j}$	Розмірність	Початкове значення, $\alpha_{0,j}$	Межі зміни		Оптимальне значення
				$\alpha_{j \max}$	$\alpha_{j \min}$	
1	$K_{пркл}$	кН/м	290	205	375	361
2	$V_{1(0)}$	мм ³	10	2	18	6
3	V_y	мм ³	30	15	47	20
4	V'_2	мм ³	8	3	13	4
5	d_0	мм	0,17	0,16	0,34	0,29
6	d_2	мм	0,2	0,03	0,27	0,2
7	$d_{клв}$	мм	1,5	0,25	2,25	1,94
8	$d_{клн}$	мм	0,5	0,2	0,8	0,38
9	$K_{прв}$	кН/м	250	200	300	250
10	$K_{прн}$	кН/м	130	100	160	100
11	$V_{зм}$	мм ³	3,3	1,1	6,1	4,7
12	$d_{змв}$	мм	5	2,3	6,1	5,7
13	$d_{змн}/d_{змв}$	мм	0,82	0,65	0,99	0,814

гою чотирьох критеріїв якості: 1. Середній тиск упорскування $p_{с.ср}$; 2. Величина керуючої подачі палива B_y ; 3. Час від початку подачі керуючого імпульсу на ЛПП до початку підйому голки форсунки $\tau_{нід}$; 4. Час від зняття керуючого імпульсу до посадки голки форсунки $\tau_{нос}$. Очевидно, що значення $p_{с.ср}$ повинне бути максимальним, а значення B_y мінімальним, що дозволяє знизити витрати потужності на привод паливного насоса високого тиску. Критерії $\tau_{нід}$ і $\tau_{нос}$ важливі з погляду відносного часу знаходження форсунки в «некерованому» стані, що позначається на можливості забезпечення стійких малих циклових подач.

Перераховані критерії якості переведені в безрозмірну форму в такий спосіб:

$$\Phi_p = \frac{p_{ак}}{p_{с.ср}}; \Phi_B = \frac{B_y}{B_u}; \Phi_{нод} = \frac{\tau_{нод}}{\tau_{унр}}; \Phi_{нос} = \frac{\tau_{нос}}{\tau_{унр}}, \quad (2)$$

де $p_{ак}$ – тиск в акумуляторі, B_u – циклова подача палива, $\tau_{унр}$ – тривалість керуючого імпульсу. У дослідженні прийнято: $p_{ак.мін} = 30$ МПа, $p_{ак.мах} = 160$ МПа, $\tau_{унр.мін} = 0,6$ мс, $\tau_{унр.мах} = 2,2$ мс – для забезпечення відповідно мінімальної й номінальної на стійкому холостому ході циклової подачі. Завдання оптимізації зводиться до знаходження такого набору параметрів, що забезпечить мінімальні значення даних критеріїв.

На основі наведеного алгоритму був проведений чисельний експеримент по дослідженню простору параметрів в 1024 крапках тринадцятимірного простору для двох режимів роботи двигуна: холостий хід (мінімальна подача)

і номінальний режим (максимальна подача).

Результат проведеного чисельного експерименту показав, що система зберігає працездатність на обох режимах в 120 крапках з 1024. Аналіз отриманих результатів показав, що ідеальне рішення завдання оптимізації не досягнуто. Тому, застосовуючи принцип формалізації, призначається компромісне рішення шляхом вибору одного з отриманих векторів параметрів, що і є оптимальним.

Далі було введено обмеження за критерієм якості $\Phi_p < 0,11$ для режиму номінальної потужності. Таким чином, кількість векторів параметрів, що відповідає цьому обмеженню зменшилося до 7. Наступне обмеження критерію $\Phi'_{noc} < 1,0$ залишає 5 векторів у точках 180, 259, 343, 369, 902. Значення критеріїв якості в цих крапках наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Значення критеріїв якості в п'яти точках

i	$p_{ак. min} = 30 \text{ МПа}, \tau_{унр. min} = 0,6 \text{ мс},$				$p_{ак. max} = 160 \text{ МПа}, \tau_{унр. max} = 2,2 \text{ мс}$			
	Φ_v	Φ_p	Φ_{noc}	$\Phi_{под}$	Φ'_v	Φ'_p	Φ'_{noc}	$\Phi'_{под}$
180	0,103	1,354	0,130	0,015	0,427	17,866	0,572	0,050
259	0,106	1,351	0,156	0,020	0,420	18,336	0,612	0,068
343	0,085	1,340	0,163	0,012	0,324	16,481	0,683	0,040
369	0,081	1,345	0,224	0,028	0,327	18,114	0,903	0,092
902	0,100	1,353	0,158	0,036	0,437	18,884	0,645	0,120
0	0,096	1,433	0,205	0,060	1,22	138	0,428	0,290

Аналіз даних табл. 3 показав, що вектор параметрів у точці 343 має 5 з 8 мінімальних значень критеріїв якості з обраних векторів і ще один, що не значно відрізняється від мінімального.

Виходячи із цього, найкращою пробною точкою (оптимальною) обрана точка 343. Відповідні їй значення вектора параметрів наведені в табл. 2.

Четвертий розділ присвячений розробці засобів і методики експериментального дослідження дизеля 4ЧН12/14 з розробленою конструкцією ЛПП. Експериментальна частина роботи виконана в моторній лабораторії кафедри ДВЗ НТУ «ХПІ» і лабораторії кафедри мікроелектроніки НТУУ «КПІ».

Метою експериментального дослідження дизеля є одержання по універсальній характеристиці таких параметрів паливоподачі як кут випередження упорскування, максимальний тиск упорскування й тривалість паливоподачі. Для проведення експерименту на моторний стенд дизеля встановлено два додаткових датчики: п'єзоелектричний датчик тиску палива на вході у форсунку AVL 5QP6002 і індукційний датчик руху голки розпилювача, змонтований безпосередньо в корпусі форсунки, сигнал якого підсилюється за допомогою промислового підсилювача 8АНЧ-23. Перетворення сигналів з аналогової в цифрову форму здійснювалося за допомогою АЦП L-Card 783-86. Сигнали всіх датчиків, включаючи датчик тиску в циліндрі AVL 8QP 505с синхронізо-

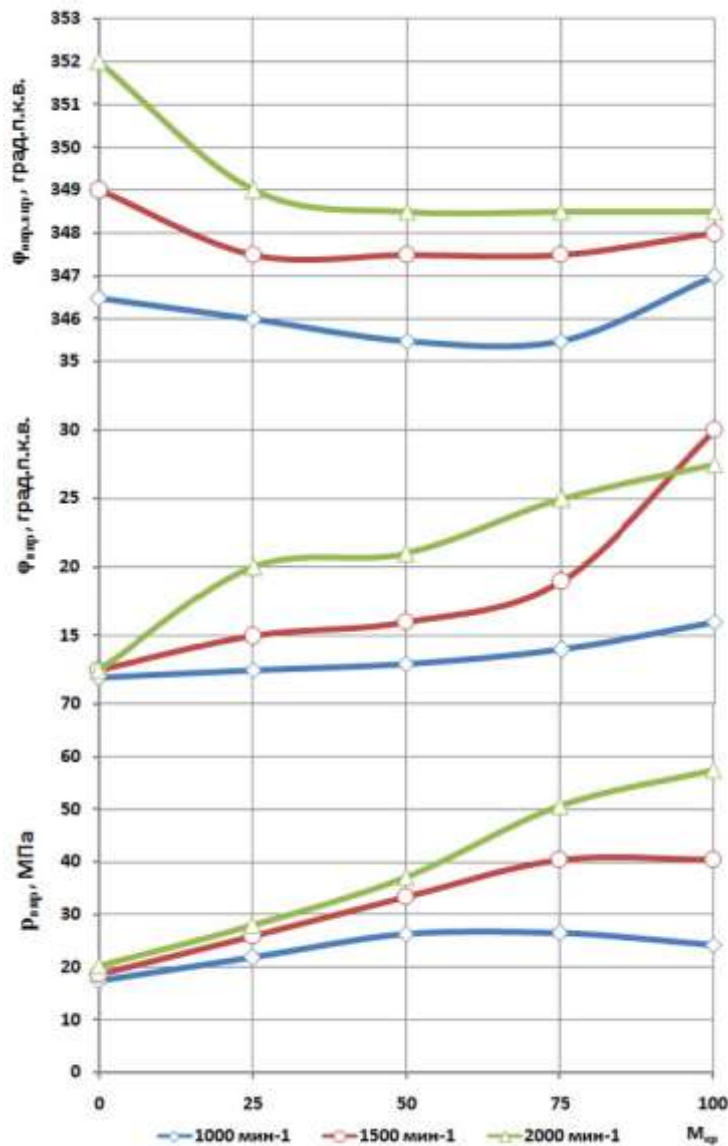


Рис. 5. Експериментальні дані роботи штатної ПА

мм і товщина A - 10 мм. Отримані результати досліджень ЛПП представлені в табл. 1 і на рисунку 6. Зразок виготовлений з матеріалу ЦТБС-3. Для виміру зусиль, які розвиває ЛПП, був виготовлений стенд. Стенд містить у собі Т-подібну рухливу конструкцію, можливість пласкопаралельного переміщення якої забезпечується шарикопідшипниками. Між двома плоскими поверхнями, на які наклеєні смужки зі скла, розміщений

вані із сигналами відмітчика ВМТ і надходять на вхід комплексу автоматизованого дослідного стенда. Збір даних здійснювався за допомогою програмного забезпечення PowerGraph 3.2 Pro. Аналіз, обробка й графічне подання здійснюється за допомогою ПЗ DieselAnalyse, розробленого на кафедрі ДВЗ НТУ «ХП».

Випробування дизеля проведено по навантажувальним характеристикам при $n = 1000, 1500$ і 2000 хв^{-1} із постійним установочним кутом випередження упорскування $\theta_s = 17$ град. до ВМТ. Отримані результати для сукупності режимів названих «опорними», представлені на рисунку 5.

Метою досліджень ЛПП було визначення його характеристик: швидкості спрацьовування, максимального зусилля, що розвивається, і закону переміщення. Дослідний зразок мав такі розміри п'єзокерамічного кристала: довжина L - 62 мм, ширина B - 30

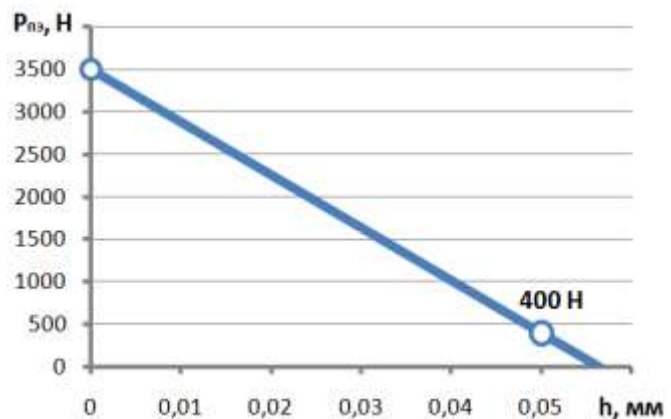


Рис. 6. Залежність зусилля P_{nz} від h

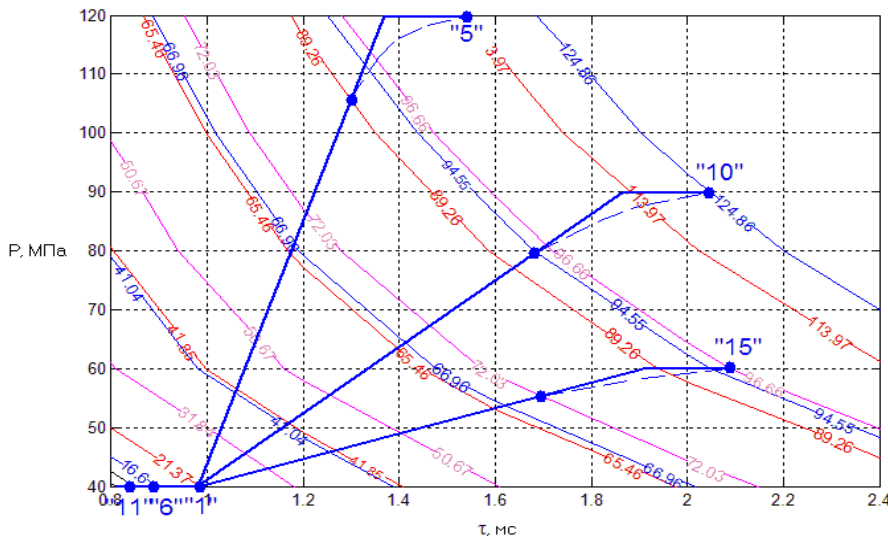


Рис. 7. Характеристика дослідної акумуляторної паливної системи

ЛПП. Пружинним динамометром вимірюється зусилля притиску ЛПП до скляних поверхонь. До рамки, що охоплює ЛПП, закріплена струна, що об'єднана з динамометром і призначена для виміру пускового зусилля двигуна. При цьому

основними результатами є: макси-

мальне зусилля 400Н; швидкість спрацьовування 0,1 мс; максимальне переміщення 0,05 мм. к виконавчого механізму електрокерованої паливної форсунки й включені в математичну модель для опису його роботи.

В **п'ятому розділі** на основі даних, отриманих здобувачем при випробуваннях дизеля 4ЧН12/14 і результатів математичного моделювання роботи дослідної ПА із ЛПП, запропонована методика синтезу електронної системи паливopодачі. Визначення значень керуючих впливів для матриць $p_{ак}$ і τ на опорних режимах виконано графічним методом, що проілюстровано на рис. 7. Графічне подання отриманих матриць розмірністю 16×16 наведене на рис. 8.

При цьому послідовність дій наступна:

1) Задається діапазон зміни тиску палива в акумуляторі – від 40 до 120 МПа. Такий вибір діапазону обумовлений бажанням обмеження

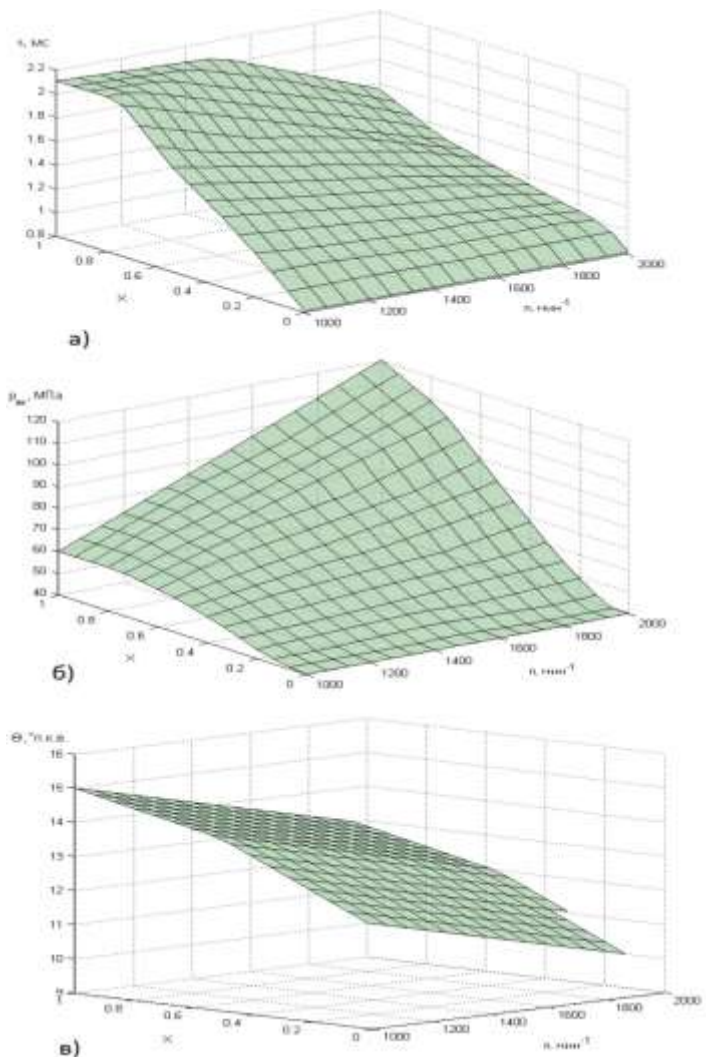


Рис. 8. Матриці керування: а) $\tau = f(X, n)$; б) $p_{ак} = f(X, n)$; в) $\Theta = f(X, n)$

числа отриманих характеристик дизеля ($1000 \dots 2000 \text{ min}^{-1}$).

2) Виходячи з того, що раціональна тривалість упорскування при повному навантаженні по куті повороту становить $18 \dots 20^\circ$ п. к. в., задаємося рівнем тисків для режимів 5, 10, 15 (рис. 8, т. «5», «10», «15» відповідно).

3) Для надійного забезпечення малих циклових подач на режимах «нульового» навантаження, тиск палива в акумуляторі повинний бути мінімальним (т. «1», «6» і «11», що відповідають режимам табл. 4).

4) Використовуючи, наприклад, лінійний закон спільної зміни $p_{ак}$ і τ для кожної навантажувальної характеристики, визначаються значення цих параметрів для проміжних опорних режимів, по точкам перетинання з відповідними ізолініями циклових подач.

Використовуючи стандартні засоби двовимірної інтерполяції системи комп'ютерної математики MatLab, зроблений розрахунок таблиць, що відбивають залежності $\theta = f(X, n)$, $p_{ак} = f(X, n)$ і $\tau = f(X, n)$, які і є матрицями або базовими характеристиками керування.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлене й вирішене науково-технічне завдання, пов'язане з дослідженням і оптимізацією форсунки для акумуляторної паливної системи з використанням швидкодіючого ЛПП. Розв'язання даної задачі дозволило одержати такі наукові і практичні результати:

1. Розроблено конструкцію електрокерованої паливної форсунки дизеля з лінійним п'єзоелектричним перетворювачем. Відмінною рисою конструкції є застосування гідравлічного штовхача й камери керування тиском палива в надгольної порожнині.

2. Розроблено, виготовлено й досліджено п'єзоелектричні двигуни лінійного й обертального типів, які можуть бути використані як виконавчі механізми в дизельній паливній форсунці. Обґрунтовано вибір ЛПП із зусиллям 400Н з переміщенням 0,05 мм за час 0,1 мс для використання в дослідній паливній апаратурі акумуляторного типу.

3. Розроблена й реалізована в середовищі MatLab/Simulink математична модель дослідної форсунки дизеля із ЛПП для акумуляторної системи паливоподачі автотракторного дизеля. Модель урахує процеси, що відбуваються в оригінальних елементах гідромеханічної системи: гідроштовхачі й ЛПП. Задача про течію палива в каналах форсунки дослідної системи вирішена з застосуванням метода характеристик. Система диференціальних рівнянь граничних умов вирішується методом Дорманда-Принса.

4. На основі результатів математичного моделювання роботи дослідної форсунки із ЛПП визначені її параметри, що роблять основний вплив на показники якості роботи. Удосконалено застосування методу дослідження простору параметрів на основі ЛП_т-послідовностей для багатопараметричної багатокритеріальної оптимізації конструктивних параметрів дослідної форсунки

із ЛПП. Визначено чотири критерії якості, що дозволяють оцінити ефективність роботи форсунки: середній тиск упорскування $p_{с.ср}$; величина керуючої подачі B_y ; час від початку подачі керуючого імпульсу на ЛПП до початку підйому голки форсунки $\tau_{під}$; час від зняття керуючого імпульсу до посадки голки форсунки $\tau_{пос}$.

Виконана оптимізація дозволила:

а) визначити область значень параметрів, при яких конструкція форсунки є працездатною у всьому діапазоні можливих режимів її роботи;

б) визначити вектор параметрів, при яких форсунка забезпечує найкращі значення критеріїв якості: швидкодія по підйому 0,01 мс, швидкодія по посадці 0,02 мс, витрата палива на керування 5...7% від V_c на номінальному режимі й 10...14% на режимі холостого ходу.

5. У результаті розрахунково-експериментального дослідження встановлено, що дослідна паливна форсунка забезпечує: упорскування палива при тиску від 30 до 160 МПа в паливному акумуляторі; багатофазне упорскування палива зі стійкою мінімальною подачею 0,5 мм³/цикл; витрату палива на керування на рівні 5...10% номінальної циклової подачі.

6. Для штатної паливної апаратури дизеля 4ЧН12/14 по універсальній характеристиці експериментально отримані такі параметри паливоподачі як кут випередження упорскування, максимальний тиск упорскування й тривалість паливоподачі.

7. На підставі даних, отриманих при моделюванні роботи паливної форсунки з використанням результатів випробувань дизеля 4ЧН12/14 на стенді, розроблена методика побудови базової матриці для електронного блоку керування автотракторного дизеля.

8. Результати наукового дослідження впроваджені й використовуються у ВАТ «ЧЗТА» (м. Чугуїв), КП «ХКБД» (м. Харків), науково-дослідній лабораторії кафедри ДВЗ НТУ «ХП», а також у навчальному процесі при підготовці студентів за фахом 0.90210 - Двигуни внутрішнього згоряння в НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛИКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мешков Д.В. Программное обеспечение автоматизированного комплекса для исследований двигателей внутреннего сгорания / А.П. Марченко, С.И. Червонный, Д.В. Мешков, Е.Г. Мешкова // Вісник Національного технічного університету „ХП”. Харків: НТУ «ХП». - 2004. - № 46.- С. 44 - 49. *Здобувачем сформульовані основні вимоги до програмного забезпечення автоматизованого дослідного комплексу.*

2. Мешков Д.В. Тенденции развития форсунок аккумуляторных топливных систем типа Common Rail / А.П. Марченко, И.В. Рыкова, Д.В. Мешков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2005. - № 1.- С. 68 – 74. *Здобувачем вико-*

аний аналіз існуючих конструкцій паливних форсунок з електронним керуванням і визначені перспективи їхнього подальшого розвитку.

3. Мешков Д.В. Универсальный автоматизированный стенд для испытаний ДВС / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Вісник Національного технічного університету „ХПІ”. Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – С. 119-126. *Здобувачем запропонований алгоритм обробки електричного сигналу датчика тиску в циліндрі дизеля.*

4. Мешков Д.В. Математическое моделирование процессов в электрогидравлической форсунке системы Common Rail в среде MATLAB/Simulink / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. – №1. – С. 98-101. *Здобувачем виконана підготовка вихідних даних для моделювання, обробка й графічне подання результатів досліджень.*

5. Мешков Д.В. Компенсация погрешности при регистрации давления в цилиндре ДВС пьезокерамическим датчиком / И.В. Парсаданов, А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2006. – Вып. 7/33. – С. 105–108. *Здобувачем розроблений метод компенсації термодинамічної погрешності при індиціюванні двигуна п'єзокерамічним датчиком тиску.*

6. Мешков Д.В. Выбор рационального количества рабочих циклов для усреднения индикаторной диаграммы / А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. – №2. – С. 95-96. *Здобувачем запропонований метод оптимального вибору кількості робочих циклів для усереднення індикаторної діаграми.*

7. Мешков Д.В. Выбор рациональных конструктивных параметров опытной топливной форсунки типа Common Rail быстроходного дизеля / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. - № 2.- С. 20 – 29. *Здобувачем розроблено конструкцію дослідної паливної апаратури, оброблено результати моделювання й графічно подано результати дослідження.*

8. Мешков Д.В. Выбор и обоснование параметров топливного аккумулятора и топливного насоса высокого давления опытной системы типа Common Rail быстроходного дизеля / А.П. Марченко, Д.В. Мешков // Вісник Національного технічного університету „ХПІ”. Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. - № 49.- С. 44 – 47. *Здобувачем уточнена методика для розрахунку об'єму паливного акумулятора й продуктивності паливного насоса високого тиску високообертового автотракторного дизеля.*

9. Мешков Д.В. Влияние многофазного впрыскивания топлива системой Common Rail на технико-экономические и экологические показатели быстроходного дизеля / Д.В. Мешков // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2007. – Вып. 10/46. – С. 165–169.

10. Мешков Д.В. Влияние типа топлива на параметры работы экспериментальной топливной аппаратуры дизеля / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Вісті академії інженерних наук України. Спецвипуск: Інженерні проблеми АПК. – 2008. – №1(35) – С. 56–60. *Здобувачем виконано порів-*

няння результатів дослідження роботи дизеля на різних типах палива. Виконано графічне представлення результатів дослідження.

11. Мешков Д.В. Сравнительный анализ методов решения телеграфного уравнения при моделировании процесса впрыскивания топлива аккумуляторной системой CR / А.А. Прохоренко, И.Д. Васильченко, Д.В. Мешков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2008. - № 1.- С.21 – 29. *Здобувачем підготовлені вихідні дані для розрахунку, виконаний аналіз результатів дослідження.*

12. Мешков Д.В. Математическая модель процесса топливоподачи системой Common Rail с пьезоэлектрической форсункой / А.А. Прохоренко, Д.Е. Самойленко, Д.В. Мешков // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2009. – №1(8). – С. 6–12. *Здобувачем проведено розрахункове дослідження, виконані обробка й аналіз результатів.*

13. Пат. 9799 U Україна, МПК F 02 М 51/06, F 02 М 47/00. Паливний інжектор / В.С. Коваль, В.В. Лавріненко, А.П. Марченко, Д.В. Мешков, В.М. Хорунжий; заявитель и патентообладатель НТУУ «КПІ». – № u200503134; заявл. 05.04.2005; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10/2005. *Здобувачем запропоновано використання лінійного п'єзоелектричного перетворювача в паливній форсунці швидкохідного дизеля. Розроблено конструкцію такої форсунки.*

14. Мешков Д.В. Вибір раціональних параметрів електромагнітного клапана форсунки паливної системи Common Rail швидкохідного дизеля / А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Матеріали Другої всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми двигунобудування: стан ідеї рішення». – Первомайськ: ППІ. – 2007. – С. 72–74. *Здобувачем виконаний аналіз працездатності електрогідравлічної паливної форсунки з електромагнітним клапаном вітчизняної розробки.*

15. Мешков Д.В. Методика построения базовой характеристики управления дизеля с системой Common Rail / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.В. Мешков // Материалы межотраслевой научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития поршневых ДВС». – Санкт-Петербург. – 2008. – С. 65–67. *Здобувачем виконаний аналіз методів побудови базової матриці для електронного блоку керування роботою дизеля.*

АНОТАЦІЇ

Мешков Д.В. Розробка системи паливоподачі з електронним керуванням автотракторного дизеля з лінійним п'єзоелектричним перетворювачем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”. – Харків, 2010.

Дисертація присвячена питанням розробки акумуляторної паливної апаратури з електронним керуванням на базі лінійного п'єзоелектричного перетворювача.

У роботі запропонована оригінальна конструкція швидкодіючого виконавчого механізму паливної форсунки акумуляторної паливної апаратури на базі лінійного п'єзоелектричного перетворювача.

Запропоновано метод багатокритеріальної оптимізації розробленої конструкції паливної форсунки, заснований на оптимальному виборі всіх визначальних параметрів з використанням методу дослідження простору параметрів.

Запропоновано методику визначення базової характеристики керування паливоподачею дизеля, оснащеного дослідною акумуляторною паливною системою з електронним керуванням. Запропонована методика використана для визначення матриць керування автотракторного дизеля 4ЧН12/14 при обладнанні його дослідною акумуляторною паливною системою з лінійним п'єзоелектричним перетворювачем.

Ключові слова: високообертовий дизель, акумуляторна паливна апаратура, лінійний п'єзоелектричний перетворювач, оптимізація параметрів, методика адаптації.

Мешков Д.В. Разработка системы топливоподачи с электронным управлением автотракторного дизеля с линейным пьезоэлектрическим преобразователем. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – двигатели и энергетические установки. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». – Харьков, 2010.

Диссертация посвящена вопросам разработки аккумуляторной топливной аппаратуры с электронным управлением на базе линейного пьезоэлектрического преобразователя (ЛПП).

В работе предложена оригинальная конструкция быстродействующего исполнительного механизма топливной форсунки аккумуляторной топливной аппаратуры на базе линейного пьезоэлектрического преобразователя. Спроектировано, изготовлено и исследовано несколько различных типов таких преобразователей. Предложено несколько альтернативных конструкций ЛПП для использования в топливной системе. Экспериментально установлено, что преобразователи на основе прямоугольного монокристаллического стержня обеспечивают наилучшие параметры работы, сравнимые с уровнем наборных пьезокерамических столбов. В исследовательских образцах, в качестве материала для изготовления ЛПП, использована керамика ЦТБС-3. Для лучшего образца изготовленного ЛПП получены следующие характеристики срабатывания: максимальное усилие – 400 Н, скорость срабатывания – 0,1 мс, максимальное перемещение – 0,05 мм.

В работе предложена оригинальная конструкция топливной форсунки аккумуляторной топливной системы, отличающаяся от аналогов установленным в верхней части ЛПП с электрической проводкой. Для компенсации тем-

пературного расширения и увеличения хода сердечника предложено использовать гидравлическую передачу и полость управления в цепи привода иглы форсунки. Конструкция форсунки разработана с учетом минимальной адаптации к существующим двигателям.

В работе предложена математическая модель, описывающая гидродинамические процессы в разработанной форсунке. При проведении расчетных исследований с помощью разработанной математической модели для решения уравнений использован аналитический метод Д'Аламбера с учетом разветвления канала высокого давления в корпусе форсунки. Математическая модель реализована в пакете компьютерной математики MatLab/Simulink. Система дифференциальных уравнений решается методом Дорманда-Принса. Шаг интегрирования – $5 \cdot 10^{-6}$ с. Модель позволяет рассчитать и визуализировать процессы, происходящие в форсунке: изменение давления, текущее перемещение и ускорение подвижных элементов и др. Показано, что промежуток времени от подачи управляющего сигнала до начала подъема иглы форсунки составляет 1 мкс, что в 2-3 раза меньше, чем в электрогидравлической форсунке. При этом примерно в 2 раза снижается расход топлива на управление.

В работе получило дальнейшее развитие использование метода многокритериальной оптимизации на основе метода исследования пространства параметров, предложенного И.М. Соболев и Р.Б. Статниковым. Предложено четыре критерия качества для процесса топливоподачи. Определены более чем 40 конструктивных параметров, влияющих на процесс топливоподачи. Выбраны и обоснованы тринадцать параметров, подлежащие оптимизации, а также пределы их варьирования, что определяет границы исследуемого пространства параметров.

На основе приведенного алгоритма был проведен численный эксперимент в 1024 точках тринадцатимерного пространства для двух режимов работы двигателя: холостой ход и номинальный режим.

На основании обоснованных функциональных ограничений и выбранных безразмерных критериев качества, связывающих максимальное среднее давление впрыскивания, величины управляющей подачи и времени подъема и посадки иглы распылителя, определены эффективные точки.

В результате оптимизации параметров разработанной топливной форсунки определен вектор параметров, при которых форсунка обеспечивает меньшие значения критериев качества, чем в исходной точке. При этом, на номинальном режиме быстродействие увеличивается по подъему в 5 раз, по посадке в 1,25 раза, а на режиме холостого хода расход топлива на управление уменьшается в 3,75 раза при увеличении среднего давления впрыскивания более, чем в 8 раз.

Разработана методика и проведено экспериментальное исследование дизеля 4ЧН12/14 с целью получения характеристик работы штатной топливной аппаратуры. С использованием быстродействующего автоматизирован-

ного стенда для испытаний ДВС получены значения цикловых подач, максимального давления впрыскивания и угла опережения впрыскивания по универсальной характеристике.

Предложена методика определения базовой характеристики управления топливopодачей дизеля, оснащенного опытной аккумуляторной топливной системой с электронным управлением. Предложенная методика использована для определения матриц зависимостей продолжительности управляющего импульса, давления топлива в аккумуляторе и угла опережения впрыскивания от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала для автотракторного дизеля 4ЧН12/14 при оборудовании его опытной аккумуляторной топливной системой с ЛПП. Полученные матрицы являются первичными для адаптации электронной системы управления автотракторного дизеля.

Ключевые слова: высокооборотный дизель, аккумуляторная топливная аппаратура, линейный пьезоэлектрический преобразователь, оптимизация параметров, методика адаптации.

D. Meshkov. Development electronically controlled fuel delivery system for the autotractor diesel engine with the linear piezoelectric converter. - Manuscript.

Thesis for competition of candidate's degree on specialty 05.05.03 - engines and power plants. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". - Kharkiv, 2010.

The dissertation is devoted questions of working out of storage fuel equipment with electronic control on the basis of the linear piezoelectric converter. The original design of the high-speed executive mechanism of a fuel injector on the basis of the linear piezoelectric converter which is the part of accumulator fuel delivery system is offered in the work.

The method of multicriterion optimization for development the fuel injectors of the mentioned system is offered. The method is based on the optimum choice of all defining parameters through research all space of parameters.

The open methodology for definition the base characteristics of diesel's fuel delivery control is offered. The diesel was equipped with the accumulator fuel system. The new technique was applied for definition the matrix of 4ЧН12/14 autotractor diesel engine's adjustment while the engine is equipped with investigated fuel system with the linear piezoelectric converter.

Keywords: high speed diesel engine, Common Rail fuel system, linear piezoelectric converter, parameters optimization, adaptation technique.



Підписано до друку 8.10.2010 р. Формат 60х84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman Суг. Віддруковано на ризографі.

Ум. друк. арк. 0,9

Зам. № 680/10. Тираж 100 прим. Ціна договірна.

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.

Тел/факс: (057)700-38-72; 707-37-03

*Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюдчувачів
видавничої продукції, серія ДК № 897 від 17.04.2002 р.*