окремих випадках – до 40%. Важливим є також удосконалення роботи громадського транспорту шляхом пріоритетного надання «зеленої хвилі» для автобусів і тролейбусів, що дозволить скоротити час поїздки та підвищити привабливість громадського транспорту для мешканців міста.

Окремий аспект дослідження становлять питання охорони праці та безпеки в умовах зростання транспортних потоків і військових дій. Водії пасажирського транспорту працюють у складних умовах підвищеного навантаження, а транспортна інфраструктура часто піддається додатковим ризикам. У цих умовах необхідно забезпечити безпечні умови праці, застосування сучасних систем захисту, ефективну роботу екстрених служб та адаптацію маршрутів громадського транспорту до умов воєнного стану.

Проведене дослідження демонструє, що впровадження інтелектуальної транспортної системи управління потоками у містах України має значний потенціал для підвищення ефективності міської мобільності. Імітаційне моделювання дозволяє визначити раціональні параметри організації дорожнього руху та оптимізувати маршрутизацію транспортних потоків у найскладніших умовах. Результати дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування, службами організації дорожнього руху та транспортними компаніями для розроблення рекомендацій щодо модернізації міських транспортних систем. Подальший розвиток цього напряму передбачає розширення бази даних дорожніх сценаріїв, інтеграцію штучного інтелекту для прогнозування транспортних ситуацій та створення цифрових двійників міських мереж, що дозволить максимально ефективно управляти транспортною інфраструктурою міст України.

УДК663.17

Н.І. Івачевький, О.М. Мельничук, Г.В. Щур
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

N.I. Ivachevkyi, O.M. Melnychuk, G.V. Shchur

IMPROVING THE RESPONSE SPEED OF ELECTROHYDRAULIC DIESEL INJECTORS

У сучасних дизельних двигунах важливим фактором формування якісного процесу сумішоутворення є швидкодія та точність роботи електрогідравлічних форсунок. Затримки в русі голки розпилювача, нерівномірність тиску в гідрозамикальній камері, коливання тиску підголкової порожнини та конструктивні обмеження розпилювача призводять до погіршення розпилу палива, підвищення токсичності відпрацьованих газів і зниження економічності двигуна.

Однією з ключових проблем форсунок з верхнім упором голки є зменшення площі поверхні, на яку діє тиск зі сторони гідрозапірної камери під час максимального підйому голки. Це знижує силу, що сприяє початку її опускання, внаслідок чого голка не завершує упорскування на пікових тисках, а опускається раніше – при значно нижчих значеннях тиску. Наслідком є передчасне закінчення упорскування, нерівномірність формування паливо-повітряної суміші та підвищення ймовірності неповного згоряння палива.

При збільшенні діаметра каналу штанги, що з'єднує гідрозамикальну камеру з торцем голки, зростає швидкість опускання голки та загальна швидкодія форсунки. Водночас зменшується площа контакту голки з корпусом форсунки, що підвищує ризик зминання торцевих поверхонь та прискорює їхній знос. Це обмежує можливість простого збільшення геометричних параметрів для підвищення швидкодії.

Важливим фактором є маса рухомих деталей. Чим вони більші, тим більшою є кінетична енергія удару голки об упор, що спричиняє деформацію контактних поверхонь і порушення стабільності процесу упорскування. Тому одними з ефективних шляхів покращення роботи форсунки є зменшення маси голки, штанги та інших рухомих елементів, а також регулювання тиску гідрозамикання в кінці її підйому. Короткочасне відкриття перепускного клапана перед посадкою голки на упор дозволяє зменшити її швидкість і, відповідно, ударне навантаження.

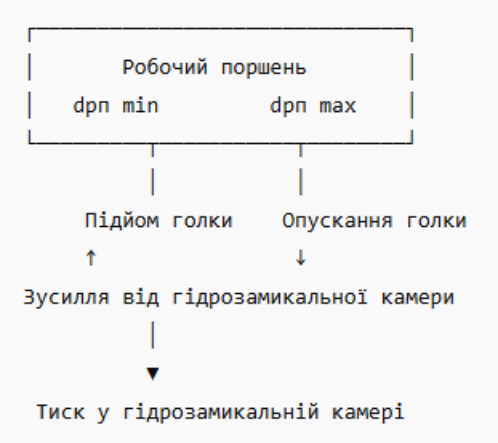
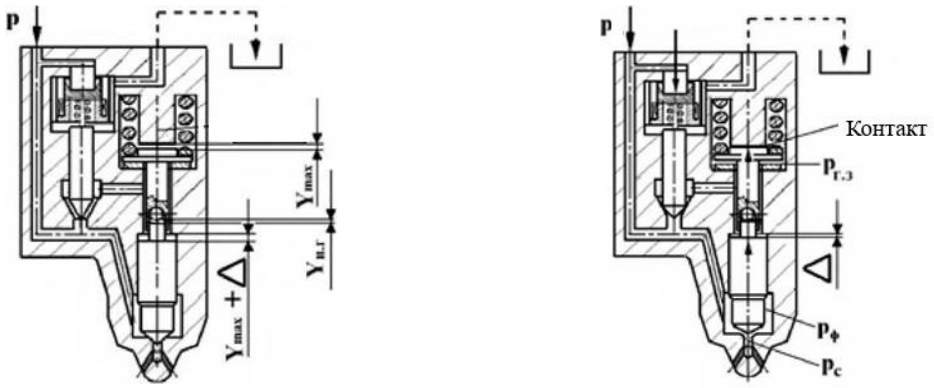


Рисунок 1. Схема впливу мінімального та максимального діаметра робочого поршня на рух голки та тиск у гідрозамикальній камері форсунки

Одним із перспективних конструктивних рішень є обмеження максимального ходу голки не торцевою поверхнею, а через упор, поєднаний із витискувачем палива з гідрозамикальної камери. Такий підхід дозволяє зменшити об’єм камери, стабілізувати тиск і частково знизити навантаження на контактні поверхні. При цьому особливо важливо визначити раціональні значення площі контакту між упором та пружиною, які забезпечують мінімальний ризик зминання та водночас не знижують тиск початку опускання голки.

Важливим конструктивним елементом сучасних електрогідравлічних форсунок є робочий поршень, який використовується у малогабаритних розпилювачах для керування швидкістю руху голки. Збільшення площі поршня сприяє підвищенню сили, що діє на голку з боку гідрозамикальної камери, забезпечуючи швидше опускання голки та точніше припинення упорскування. При цьому мінімальний діаметр поршня визначається умовою забезпечення необхідного об’єму робочої порожнини, а максимальний – залежністю, що враховує граничні тиски початку підйому голки.



а) б)

Рисунок 2. Схема роботи форсунки з обмеженням підйому її голки за допомогою упору, поєднаного з витіснювачем палива з гідрозамикальної камери перед початком впорскування палива (а), та при максимальному підйомі голки (б).

Розрахунки показали, що оптимальний діаметр робочого поршня становить приблизно 5,7 мм, що добре узгоджується з типовими конструкціями автотракторних форсунок (6 мм). Для спрощення технології виробництва доцільно приймати діаметр у межах 6–7 мм, за умови підвищення максимального тиску в підголковій камері до значень 1380–1400 бар. Така комбінація забезпечує стабільну роботу форсунки, точність упорскування та достатню ударну міцність елементів конструкції без суттєвого ускладнення технологічного процесу.

Таким чином, підвищення швидкодії електрогідравлічної форсунки можливе шляхом комплексного вдосконалення конструктивних параметрів – оптимізації площі поверхонь упору, маси рухомих деталей, тиску гідрозамикання, а також правильного вибору діаметра робочого поршня. Застосування таких рішень дозволяє підвищити точність моментів відкриття та закриття голки, зменшити знос конструктивних елементів і забезпечити ефективніший процес сумішоутворення в дизельному двигуні.

Література

1. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Теорія експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Суми: СНАУ, 2015. 213 с.

2. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. К. : КВІЦ, 2004. 174 с.

3. Bosch. Diesel-Engine Management. Systems and Components. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2014. – 512 p.

4. Henein N. A., Singh H. Advanced Diesel Fuel Injection System Design and Simulation. SAE Technical Paper 2018-01-0880, 2018.

УДК 621.43.056

П.М. Качор; М.Д. П'єнтак, ст.викладач; Л.А. Джиджора, ст.викладач
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РЕЧОВИН

P.M. Kachor; M.D. Pientak, Senior Lecturer; L.A. Dzhydzhora, Senior Lecturer

METHODS OF ENHANCING INTERNAL COMBUSTION ENGINE PERFORMANCE BY ADDING ALTERNATIVE SUBSTANCES

Проблема підвищення продуктивності, потужності та економічності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), а також покращення їхніх екологічних характеристик, є однією з найбільш актуальних у сучасному машинобудуванні. Одним із методів вирішення цього завдання є додавання води в робочий цикл ДВЗ.

Концепція розведення паливо-повітряної суміші водою, що суттєво покращує характеристики ДВЗ, була теоретично передбачена та практично підтверджена ще в першій половині минулого століття. Історичний досвід, зокрема використання впорскування води на поршневих авіаційних двигунах, показав, що цей метод є ефективним засобом внутрішнього охолодження та форсування, дозволяючи підвищити злітну потужність до 30 %

Основні переваги, які забезпечує додавання води, включають:

– підвищення літрової потужності за рахунок можливості збільшення ступеня стиснення без підвищення вимог до детонаційної стійкості палива.

– зменшення витрати палива (до 20–25% на режимах максимальної потужності) за рахунок збіднення паливо-повітряної суміші.

– покращення екологічних показників завдяки суттєвому зниженню вмісту нормованих шкідливих речовин у відпрацьованих газах, зокрема оксидів азоту, оскільки вода знижує температуру згоряння.

– зниження ударних навантажень на деталі кривошипно-шатунного механізму (КШМ) та зменшення нагароутворення.