

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ КОНСТРУКЦІЇ ФОРСУНКИ З ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*В роботі розглянуті питання щодо підвищення ефективності роботи дизельних двигунів удосконаленням конструкції форсунки з електронним керуванням. Розглянуті принципи управління подачі палива електронними регуляторами, а також швидкодіючий електромагнітний привід форсунок дизелів, їх особливості та вимоги до них.*

*На основі проведених досліджень і розрахунків була розроблена оптимальна конструкція форсунки з швидко-працюючим електромагнітним приводом, що забезпечить своєчасність подачі та розпилення палива в циліндр двигуна, та стабільність його роботи.*

**Ключові слова:** форсунка, common rail, розпилювач, дизель, насос-форсунка, циклова подача.

### *Abstract*

*The issues of increasing the efficiency of diesel engines by improving the design of the electronically controlled injector are considered in the paper. The principles of fuel supply control by electronic regulators, as well as high-speed electromagnetic drive of diesel injectors, their features and requirements to them are considered.*

*Based on the research and calculations, the optimal design of the injector with a fast-acting electromagnetic drive was developed, which will ensure the timeliness of supply and spraying of fuel into the engine cylinder, and the stability of its operation.*

**Keywords:** injector, common rail, atomizer, diesel, injector pump, cyclic supply.

### **Вступ**

Серед різних напрямків в галузі вдосконалення дизельних двигунів найбільш перспективним є покращення організації процесу подачі палива в циліндр двигуна. Застосування електронних систем збору інформації та формування управляючих впливів розширюють можливості управління робочим процесом дизеля.

Постійне вдосконалення дизельних двигунів, підвищення їх техніко-економічних та експлуатаційних показників вимагають перш за все безперервного поліпшення роботи паливної апаратури. Класичні схеми паливних систем вичерпали свої можливості. Подальший розвиток може бути забезпечено лише на якісно новій основі. В даний час найбільш перспективним напрямком вважається електронне керування системою живлення, зокрема роботою форсунок. Роботи в цьому напрямку широко ведуться в багатьох країнах: США, Англії, Німеччини, Японії, Франції тощо. Аналізуючи публікації науковців даної галузі, встановлено, що багато робіт ведеться по розробці швидкодіючих форсунок з електронним керуванням.

### **Результати дослідження**

Основна область застосування електрично-керованих форсунок в системах регулювання уприскування палива в дизелі з гідравлічними акумуляторами великої ємності. Конструктивно вони складаються з електромеханічно керованого силового елемента, запірною органу, виконаного зазвичай у вигляді конусної голки, і розпилювача, якщо такий передбачений конструкцією форсунки.

Якщо електромеханічний силовий елемент керуваної форсунки жорстко з'єднаний з основним запірним органом, безпосередньо керуючим подачею, то таку конструкцію віднесуть до розряду форсунок безпосередньої дії.

Величина керуючого зусилля, що розвивається електромеханічним елементом, повинна значно перевищувати протидіючу силу опору для забезпечення швидкого переміщення запірної клапана керуваної форсунки.

Протидіюче зусилля визначається в загальному випадку характеристиками системи подачі, в якій працює дана керувана форсунка. До характеристик системи подачі відносяться такі параметри, як величина циклової подачі, тривалість упорскування, об'ємна швидкість уприскування, тиск палива в акумуляторі, площа запірної клапана, на яку цей тиск діє, величина і швидкість підйому клапана.

На практиці може виникнути ситуація, коли зусилля, яке протидіє, перевищує величину керуючої сили, що розвивається реальними електромеханічними елементами. У цьому випадку необхідно посилення керуючого сигналу (механічного зусилля, що розвивається електромеханічним керуючим елементом). Посилення сигналу управління проводиться в пристрої, доданий між електромеханічним керуючим елементом і робочим запірним органом форсунки, керуючим подачею. Зазвичай цим пристроєм є гідравлічний підсилювач.

У звичайній гідромеханічній паливній апаратурі відомі і широко застосовуються пристрої, що поєднують в собі функції насоса високого тиску і форсунки, будучи виконаними у вигляді єдиного конструктивного блоку, вони носять назву насос-форсунки.

Сучасні гідромеханічні насос-форсунки мають один серйозний недолік, який заважає їх широкому поширенню. Цей недолік полягає в необхідності мати силовий механічний привід в кожній насос-форсунці.

Найбільшого поширення набули акумуляторні системи живлення так звані Common Rail, де використовуються форсунки з електронним керуванням, які забезпечують малі циклові подачі, точне дозування палива при впорскуванні та високу швидкодію форсунки.

На рис. 1 наведені затримка подачі  $T_{зат.вкл}$  та затримка зупинки подачі  $T_{зат.викл}$  палива, миттєва  $Q'$  та абсолютна  $Q$  витрати палив через сопла форсунки. За рахунок цих затримок і буде визначатись швидкодія форсунки та її мінімальна циклова подача палива.

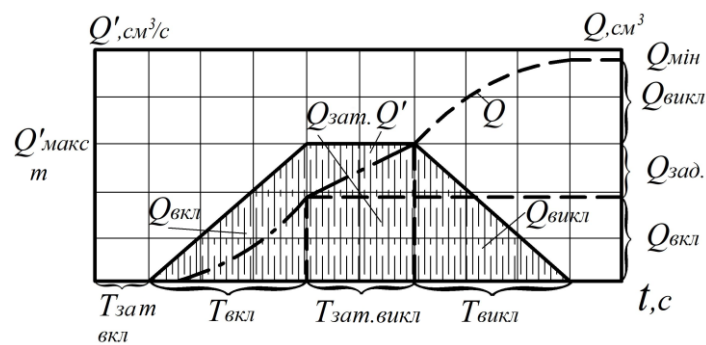


Рисунок 1 – Складові основних характеристик подачі

На рис. 2 наведені характеристики подачі, функція переміщення голки  $h$  і тиск в розпилювачі  $P_p$  для удосконаленої електромагнітної форсунки робочими параметрами (жорсткість пружини  $K = 125$  кг/см, діаметр сопел розпилювача  $f_p = 0,2$  мм<sup>2</sup>). Відмінність часу спрацювання в обох варіантах  $\Delta t_1 = 0,17$  мс і повернення голки  $\Delta t_2 = 0,182$  мс. Подача за цикл спрацювання зменшлася на 25,6%, наочно показує перевагу удосконаленої форсунки. Крива зміни тиску в розпилювачі починається не від нуля, а від тиску рівного тиску в циліндрі, прийнятого 40 кг/см<sup>2</sup>. Коли голка піднята до упору, тиск в розпилювачі складає 197 кг/см<sup>2</sup>, забезпечуючи цим достатній тиск уприскування.

З огляду на те, що при вдосконаленні форсунки масу якоря прийнято зменшити з 75 до 50 гр., спостерігається зменшення не тільки часу спрацювання, але і опускання якоря. Все це пов'язано з підвищенням швидкості руху голки як на етапі спрацювання, так і при зворотному русі. Швидкість підйому голки при цьому збільшилося на 38%. Відповідно іншим став і максимум швидкості опускання голки під дією пружини.

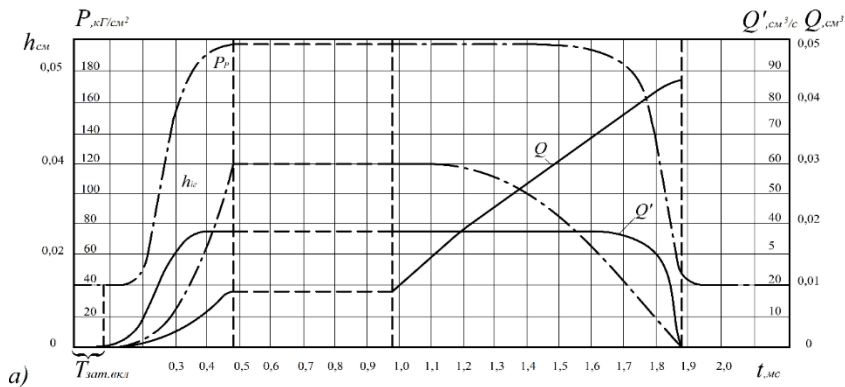


Рисунок 2 – Характеристики подачі і тиску в розпилювачі форсунки з урахуванням стисливості палива

### Висновки

Активне форсування струму управління дозволяє довести час спрацьовування удосконаленої форсунки до 0,56 мс проти 0,7 мс для базової форсунки. Ефект від зміни конфігурації магнітного ланцюга дає вигреш у часі спрацьовування на 25% при збереженні колишніх значень напруги управління і маси рухливих деталей.

На основі проведених досліджень і розрахунків була розроблена оптимальна конструкція форсунки з швидко-працюючим електромагнітним приводом, що забезпечить своєчасність подачі та розпилення палива в циліндр двигуна, та стабільність його роботи.

Встановлено, що удосконалена форсунка має перевагу над базовою форсунками, оскільки є ефективнішою і економічнішою в плані витрати палива на керування приблизно на 25 %.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. М.: ЗАО „КЖИ „За рулем”, 2004.- 480 с.
2. Пинский Ф. И. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания (дизельными и бензиновыми). Учебное пособие / Ф. И. Пинский, Р. И. Давтяк, Б. Я. Черняк // М: «Легион-Автодата», 2002. – 136 с.
3. Система впрыска Common Rail. Принцип работы. // Режим доступа до журн.: [http://amastercar.ru/articles/injection\\_fuel\\_21.shtml](http://amastercar.ru/articles/injection_fuel_21.shtml)
4. Reif, K. Automotive and Engine Technology [Text] / K. Reif. – Springer International Publishing, 2012. – P.92

**Олександр Олександрович Галушчак** - кандидат технічних наук, старший викладач, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, galushchak.gs@gmail.com

**Крупчук Ярослав Сергійович** – студент групи 1АТ-20м, факультет машинобудування і транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Krupchuk\_Y\_S@gmail.com

**Oleksandr Halushchak** - Ph.D., Senior Lecturer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, galushchak.gs@gmail.com

**Krupchuk Yaroslav Serhiyovych** - student of group 1AT-20m, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Krupchuk\_Y\_S@gmail.com