

10.31653/smf48.2024.137-142

Черемісін В.І., Ігнатенко О.А.

Інститут Військово-Морських Сил  
Національний Університет «Одеська Морська Академія»

### **ДИЗЕЛЬНА ФОРСУНКА З КЕРОВАНИМ УПРИСКУВАННЯМ ПАЛИВА В ЦИЛІНДР**

Актуальність теми. Головним проблемним завданням сучасного дизелебудування і експлуатації дизелів є підвищення їх паливної економічності на часткових навантаженнях, що також сприяє підвищенню надійності і моторесурсу дизелів.

Відомі багаточисельні спроби створення спеціальної паливної апаратури для отримання різних законів подання палива в циліндр двигуна внутрішнього згорання [1, 2]. Незважаючи на значну кількість пропозицій, винаходів і патентів, більшість з них зважаючи на свою складність або недостатню надійність в роботі не знайшли практичного застосування. Більш доцільна зміна характеристики уприскування безпосередньо перед розпилюючими отворами, оскільки в цьому випадку усувається можливість спотворення імпульсу тиску в нагнітальному трубопроводі і об'ємах у насоса (об'ємі камери нагнітання  $V_n$  і об'ємі штуцера  $V_n'$ ).

Метою цієї роботи є отримання різних законів подання палива на дослідній гідрокерованій форсунці з регульованим законом подання палива.

Виклад основного матеріалу. Один з дослідних варіантів форсунки зображений на рис.1. Дослідна форсунка має гідрокеруючу порожнину, що складається з об'єму над верхнім торцем голки розпилювача і каналу 3 для підведення керуючої рідини, забезпечена зворотним 9 і перепускним 5 клапанами. Для зменшення об'єму гідрокеруючої порожнини, в корпус штатної форсунки вставляються втулки 4.

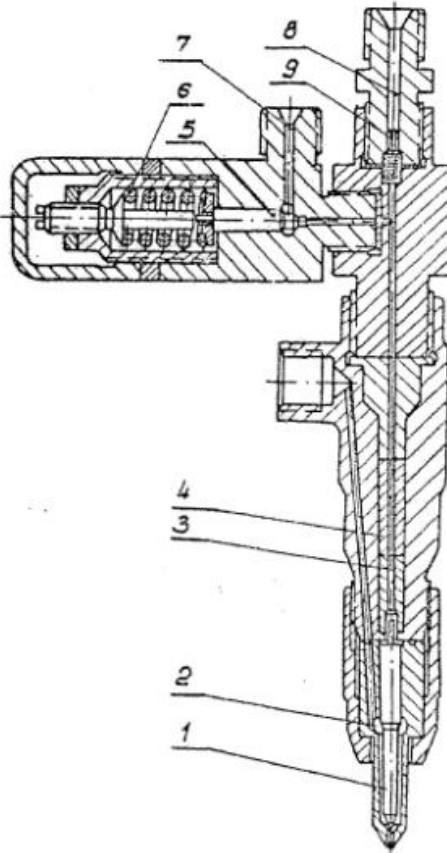


Рис. 1. Гідрокерована форсунка з регульованим законом подачі палива: 1 - голка форсунки; 2 - підголчаста порожнина; 3 - канал підведення керуючої рідини до голки; 4 - втулки; 5 - перепускний клапан; 6 - пружина; 7 - канал перепускання керуючої рідини у бачок; 8 - канал підведення керуючої рідини до форсунки; 9 - зворотній клапан

Канал 3 під час процесу уприскування, при підйомі голки 1 під дією високого тиску палива в об'ємі 2, відокремлюється з іншим об'ємом 8 за допомогою зворотного клапана 9, навантаженого пружиною малої жорсткості. Цей клапан перекриває канал 8, як тільки тиск в об'ємі гідрокеруючої порожнини, внаслідок підйому голки 1, перевищить початковий тиск керуючої рідини. Але підвищення тиску буде до тих пір, поки тиск, що відповідає початковому зтягуванню пружини 6 перепускного клапана 5 не стане менше тиску керую-

чої рідини, внаслідок цього голка 5 почне підніматися, перепускаючи частину рідини назад у бачок. Зміна закону подання палива відбувається таким чином: доки клапан 5 закритий, голка розпилювача піднімається повільно і на порівняно невелику висоту, внаслідок цього прохідна площа під конусом голки також буде мала. Отже, буде незначним і кількість палива, що упорскується в циліндр двигуна.

Змінюючи початковий тиск керуючої рідини, можна змінювати початкову висоту підйому голки і, тим самим величину початкової порції палива. Після підйому голки клапана 5 тиск в гідрокеруючій порожнині, різко зменшиться, що викличе швидкий підйом голки і таке ж швидке збільшення прохідної площі під її конусом, а отже, і кількість палива, що упорскується в циліндр двигуна. Такий спосіб зміни закону подання палива дає можливість організувати ступінчасту характеристику уприскування палива, параметри якої можна змінювати в широких межах.

Характеристики уприскування палива іншого типу можуть бути отримані, якщо перекрити перепускний клапан 5. В цьому випадку, змінюючи початковий тиск керуючої рідини і її об'єм, можна отримати різні закони підйому голки і тим самим різні характеристики уприскування.

Для визначення тиску розпочатку відкриття перепускного клапана можна написати наступне рівняння:

$$p_{\text{откр}} = \frac{f_n \cdot y}{\alpha \cdot (V_{\text{зап}} - f_n \cdot y)} + p_{\text{зап}}$$

де  $p_{\text{зап}}$  - початковий тиск керуючої рідини;

$V_{\text{зап}}$  - об'єм гідрокеруючої порожнини;

$f_n$  - площа поперечного перерізу голки форсунки;

$y$  - підйом голки форсунки;

$\alpha$  - коефіцієнт стискування керуючої рідини, в об'ємі гідрокеруючої порожнини.

Об'єм гідрокеруючої порожнини  $V_{\text{зап}}$  підбирається як можна меншим (в даному випадку  $V_{\text{зап}} = 0,4 \text{ см}^3$ ).

Експериментальне дослідження дослідної форсунки проводилося на безмоторному стенді з приводом паливного насоса високого тиску

дизеля ЧН25/34 від електродвигуна постійного струму. Принципова схема системи гідравлічного управління приведена на рис. 2.

Рідина (в даному випадку дизельне паливо) від паливного насоса високого тиску 1 подається через гідроакумулятор 3 до форсунки 5. Для підтримки постійного тиску керуючої рідини і для спостереження за його зміною, до гідроакумулятора приєднуються перепускний клапан 4 і манометр 2. Гідроакумулятор розташовується ближче до форсунки. Характеристики уприскування визначалися шляхом осциллографіювання тиску перед розпилюючими отворами розпилювача.

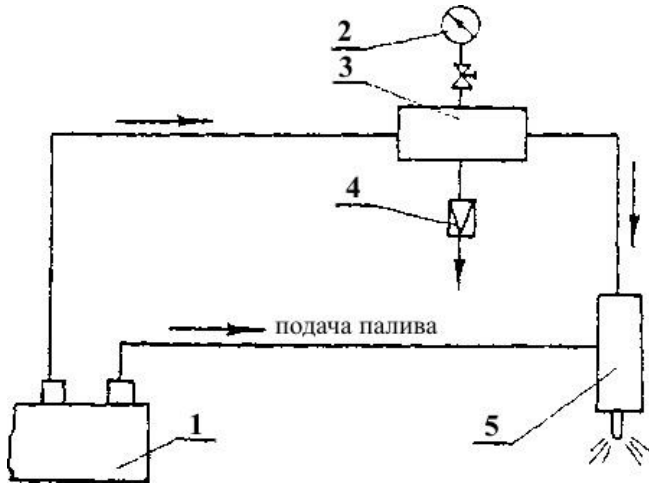


Рис. 2. Принципова схема системи гідравлічного управління роботою форсунки : 1 - паливний насос високого тиску 2 - манометр; 3 - гідроакумулятор; 4 - перепускний клапан; 5 - форсунка

На рис. 3 наведені диференціальні і інтегральні характеристики подання палива через форсунку, зняті шляхом осциллографіювання тиску перед розпилюючими отворами розпилювача на кути повороту колінчастого валу фвп, в град. повороту колінчастого валу (о ПКВ).

Проведена робота дає можливість зробити наступні висновки.

1. Спосіб роботи дослідної форсунки дозволяє уповільнити хід голки розпилювача в початковій фазі уприскування палива з подальшим її швидким підйомом, що забезпечує подання в циліндр меншої кількості палива за період затримки самозаймання, а це повинно сприяти зниженню жорсткості роботи дизеля. Такий рух голки досягається внаслідок малої величини об'єму гідрокеруючої порожнини над верхнім торцем голки розпилювача і наявністю перепуск-

ного клапана, який забезпечує перепускання рідини в заданий момент уприскування палива.

2. Зі збільшенням частоти обертання кулачкового валу формування сходинок відбувається при більшому ході голки розпилювача (тобто положення сходинок вище, ніж при меншій частоті обертання валу) із-за запізнювання закриття зворотного клапана.

3. Простота способу отримання різних законів подання палива через форсунку дозволяє використовувати його у будь-яких умовах з використанням деталей штатної форсунки.

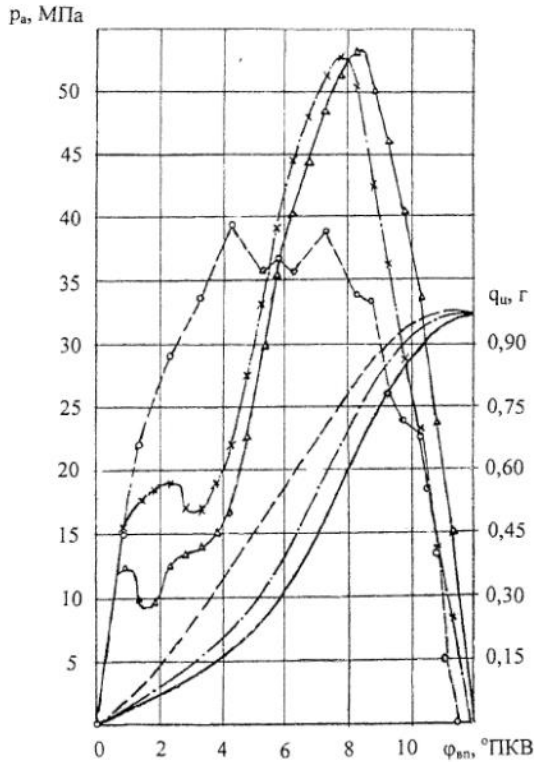


Рис. 3. Характеристики уприскування палива і їх інтегральні криві, отримані на штатній і дослідній форсунках ( $n = 225 \text{ хв}^{-1}$ ;  $q_H = 1,0 \text{ г}$ )

○ – форсунка дизельного двигуна,  $p_{\phi 0} = 25 \text{ МПа}$ ;

△ – дослідна форсунка,  $p_{зан} = 18,5 \text{ МПа}$ ;  $p_{відкр} = 28 \text{ МПа}$ ;

× – дослідна форсунка,  $p_{зан} = 24,5 \text{ МПа}$ ;  $p_{відкр} = 36,5 \text{ МПа}$

### Перелік використаних джерел

1. Черемісін В.І. Визначення протічок палива через прецизійну пару розпилювача дизельної форсунки. / В. І. Черемісін, М. С. Бабінчук // Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2021. – № 42. – Одеса: НУ «ОМА». – С.59-69.

2. Половинка Э.М. Развитие систем топливоподачи современных дизелей / Э.М. Половинка, Ю.А. Карпилов // Судовые энергетические установки: науково-технічний збірник. Вип. 31. – Одеса: ОНМА – 2013. – С. 133-144.

3. Rehbichler G. The Bosch Electronic Diesel Control System for Medium and High Speed Engines. [Електронний ресурс]. / G. Rehbichler, C. Kendlbacher, M. Bernhaupt. – Режим доступу: [https://jxpt.whut.edu.cn/meol/common/script/preview/download\\_preview.jsp?fileid=518936&resid=64210&lid=5030&preview=preview](https://jxpt.whut.edu.cn/meol/common/script/preview/download_preview.jsp?fileid=518936&resid=64210&lid=5030&preview=preview)

4. Волкова Л.Ю. Диагностирование процесса подачи топлива в дизелях / Л.Ю. Волкова, Ю.П. Макушев // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 19–28.

5. Mahp B. Future and Potential of Diesel Injection Systems [Електронний ресурс]. / В. Маhp. – Режим доступу: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-10502-3\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-10502-3_1)