

УДК 631.17:621.31

ГІДРАВЛІЧНА КОРЕКЦІЯ МОМЕНТУ ПОДАЧІ ПАЛИВА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ВПОРСКУВАННЯ

Іванов О.М., викладач
Полтавська державна аграрна академія
Тел. (0619) 42-04-42

Анотація – запропоновано гідравлічний спосіб корекції початку подачі палива форсункою в циліндр дизеля із застосуванням спеціального гідравлічного коректора. Наведено результати експериментальних досліджень системи паливоподачі з новим засобом корекції паливоподачі. Отримані результати засвідчують про значне поліпшення якості впорскування палива до циліндрів дизеля, що проявляється у підвищенні середнього та максимального тиску впорскування та значної інтенсифікації подачі палива.

Ключові слова – гідравлічна корекція, кут випередження впорскування палива, паливоподача, паливотік, тиск впорскування, момент подачі, хвиля тиску, коректор, кут повороту кулачкового валу, акумуляція.

Постановка проблеми. Нестримно зростаюча динаміка підвищення вартості палив нафтового походження та постійне запровадження нових все більш жорстких екологічних норм на викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) ставлять перед машинобудівною галуззю суттєві вимоги при модернізації та створенні нових транспортних засобів зі силовими установками з покращеними еколого-економічними характеристиками.

Для вітчизняних автотракторних виробників ситуація із запровадженням сучасних еколого- та енергозберігаючих технологій є досить проблематичною. Це пов'язано як зі застарілою матеріально-технічною базою профільних виробничих підприємств машинобудівної галузі, так і з відсутністю суттєвих інвестиційних коштів для розвитку даного інноваційного напрямку. Для вже наявного автотракторного парку вітчизняного виробництва єдиним шляхом по поліпшенню екологічних та економічних показників його роботи є вдосконалення

ключових систем силової установки, зокрема системи живлення. Для дизеля перспективним напрямком модернізації його паливної системи є введення до її складу спеціальних гідравлічних коректорів, які дозволяють корегувати фазові періоди подачі палива до циліндрів дизеля, здійснювати ступінчасте впорскування, змінювати циклову подачу, варіювати моментом подачі палива (кут випередження впорскування палива) та впливати на якісні показники процесу впорскування (середній та максимальний тиск впорскування, тривалість та інтенсивність впорскування й інші).

Аналіз останніх досліджень. Гідравлічний коректор представляє собою відокремлений конструктивний елемент з внутрішнім паливним об'ємом та одним або кількома рухомими золотниками, що приводяться в рух під дією зовнішньої сили (електромагнітної, механічної або сили гідравлічної тиску палива), впливаючи на хвильові процеси у нагнітальному паливототоці. Конструктивно гідрокоректори виконують у вигляді окремого модуля, який монтується в паливній лінії високого тиску між нагнітальними штуцерами паливного насоса та форсунки.

Яскравим прикладом такого засобу коректування подачі палива слугує модулятор імпульсів тиску, розроблений в НТУ «ХПІ» під керівництвом доктора технічних наук Григор'єва О.Л. [1]. Даний модулятор дозволяє суттєвим чином підвищити інтенсивність впорскування малих порцій палива на холостому ході дизеля, що значно поліпшує протікання робочого процесу в циліндрах двигуна та підвищує стабільність та економічність роботи дизеля на цих швидкісних режимах роботи.

Крім покращення якісних показників процесу впорскування, застосування нових гідравлічних засобів коректування дозволяє реалізувати і комплексний підхід для керування процесом подачі палива (зміни моменту впорскування, циклової подачі, запровадження багатоступінчастого впорскування), про що свідчить велика кількість розробок вітчизняних та закордонних дослідників-винахідників [2-4].

Мета досліджень. Зважаючи на актуальність проблеми збереження енергоносіїв та поліпшення екології навколишнього середовища, оптимізація роботи ДВЗ є достатньо актуальною та важливою задачею. Використання же нових засобів коректування паливоподачі сприяє успішному вирішенню поставленої задачі. Тому подальше вдосконалення конструкції цих засобів та всебічне дослідження принципів гідродинамічного коректування процесу подачі палива є необхідним та доцільним.

Виклад основного матеріалу. Кілька варіантів таких гідрокоректорів [5] було розроблено на кафедрі «Машини та обладнання агропромислового виробництва» Полтавської державної

аграрної академії, які дозволяють змінювати момент початку впорскування палива (або кута випередження впорскування палива) гідравлічним способом відповідно до швидкісного режиму роботи дизеля за умови мінімальної витрати палива, що визначалась за регульованими характеристиками дизеля за кутом випередження впорскування палива (КВВП).

Зміна КВВП припадає на період від початку активного геометричного ходу нагнітального плунжера до моменту відриву голки розпилювача гідрокерованої форсунки зі свого запірного конуса в корпусі розпилювача. Суть цієї зміни полягає у короткотерміновій процедурі акумулювання стиснутого потоку палива в проміжному об'ємі гідрокоректора, розташованого безпосередньо біля гідрокерованої форсунки, для стримування впорскування палива до циліндрів двигуна та зміни моменту початку подачі палива. Тривалість такого стримування залежить від потреби скоректувати початок подачі на визначений кут повороту колінчастого валу дизеля (кулачкового валу паливного насосу високого тиску) в залежності від поточного швидкісного режиму роботи.

Схематичне зображення розробленого гідравлічного коректора представлено на рис.1.

Основними елементами коректора є корпус 1 з входним 2 та вихідним 3 каналами, зі зміщеними в повздовжній площині корпусу центральними осями, та рухомий золотник 4 з кільцевою проточкою 5. Об'єм виточної проточки виконує функцію акумулятора для нагнітального палива, що надходить від паливного насосу через входний канал корпусу гідрокоректора. Для приведення в рух золотника використовується електромагніт постійного струму з форсованим джерелом живлення.

Запропонований процес коректування КВВП дає змогу, по-перше, за рахунок утвореного надлишкового гідравлічного тиску в проміжному об'ємі та помірі збільшення прохідної частини пропускного каналу гідрокоректора до повнопоточного розміру збільшити рівень попереднього підвищення тиску в об'ємі форсунки, що призведе до значно прискореного підйому голки розпилювача та більш чіткому впорскуванню палива до циліндрів дизеля; по-друге, внаслідок утвореної часової затримки у процесі паливоподачі із-за процедури акумулювання паливного потоку, перенести активну фазу впорскування палива до циліндрів на ділянку руху нагнітального плунжера (кута повороту кулачкового валу паливного насосу) зі значними швидкісними (кінематичними) характеристиками, що збільшить ступінь ефективності використання швидкості руху нагнітального плунжера та сприятиме більш інтенсивнішому впорскуванню палива з крутим переднім фронтом подачі та

покращенню при цьому його характерних показників та характеристик. Це призведе до підвищення максимального та середнього тиску впорскування, покращення диференціальної характеристики впорскування, поліпшення якості розпилювання палива в циліндрах дизеля і т.д.. По-третє, змінюючи тривалість процесу акумулювання паливотоку, можна регулювати, безпосередньо, і саму затримку впорскування палива до циліндрів дизеля, що головним чином і визначає величину КВВП.

Експериментальний зразок гідрокоректора був випробуваний в ході безмоторних досліджень паливного насоса високого тиску (ПНВТ) розподільного типу НД-22/6Б4 із заблокованою відцентровою муфтою випередження впорскування палива та серійними гідравлічними форсунками, налагоджених на тиск початку впорскування 17,5 МПа. Закон зміни КВВП від частоти обертання кулачкового валу передбачала зміну моменту початку подачі палива за лінійним законом в межах зміни частоти обертання від 600 до 1050 хв⁻¹.

На рис.2 приведені суміщені осцилограми зміни тиску впорскування палива від кута повороту кулачкового валу насоса при $n_n=800$ хв⁻¹ для серійної системи паливоподачі та системи, обладнаної гідравлічними коректорами. Контрольною точкою, за якою було проведено суміщення порівнювальних характеристик, була вибрано початковий тиск підняття голки розпилювача та початку впорскування палива форсункою.

Характерною особливістю приведеної характеристики впорскування палива для системи паливоподачі з гідрокоректорами КВВП є достатньо крутий передній та задній фронт зміни тиску впорскування. Зокрема швидкість зростання тиску становить біля 170 МПа/град, що значно перевищує темпи зростання тиску на порівнювальній характеристиці паливної системи з серійним засобом керування КВВП. Основною причиною такого інтенсивного підвищення тиску є занадто стиснуте паливо у розширювальному об'ємі гідрокоректора при значній затримці подачі палива біля 5 градусів повороту кулачкового валу. При цьому після досягнення максимального значення тиску 75 МПа крива тиску різко падає до рівня 27...28 МПа, що обумовлено початком руху голки розпилювача та звільненням нею додаткового об'єму, який знижує тиск в об'ємі форсунки. Після виходу голки на упор тиск у форсунці починає зростати і досягає свого максимального піку на рівні 60 МПа. Наявність певної нестабільності у зміні тиску впорскування з амплітудою 5 МПа можна пояснити активним переміщенням хвиль тиску між паливним об'ємом форсунки та гідравлічного коректора.

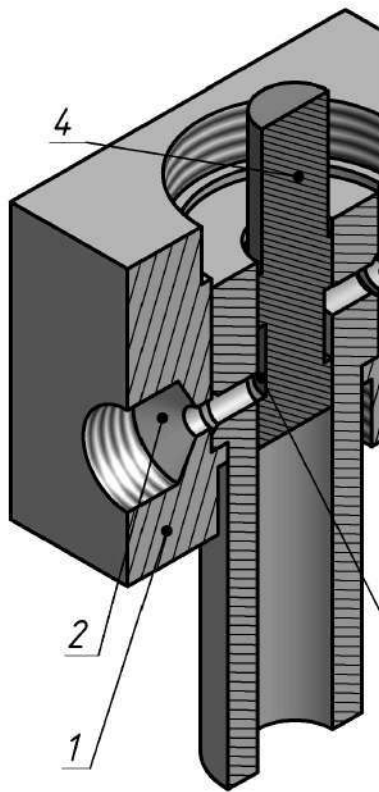


Рис.1. Гідралічний коректор: 1 – корпус; 2 – вхідний канал; 3 – вихідний канал; 4 – золотник; 5 – кільцева проточка

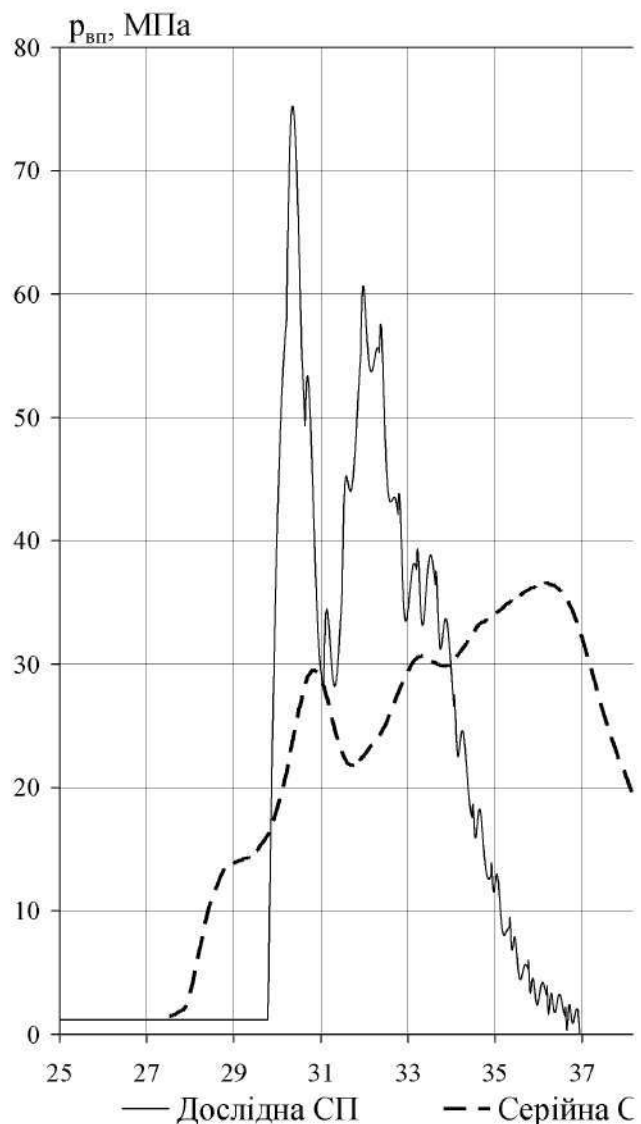


Рис.2. Залежність тиску впорскування від кута повороту кулачкового валу насоса при $n_H=800$ хв^{-1} для дослідної та серійної системи паливоподачі

Після достатнього сильного підвищення тиску впорскування відбувається не менш бурхливий спад тиску зі середньою швидкістю 48 МПа/град. Такий спад відбувається за рахунок хвилі розширення, що утворилась у вхідному перерізі паливоагнітальній магістралі штуцера ПНВТ, внаслідок відкриття відсічних вікон плунжера, та підійшла до паливного об'єму форсунки після попереднього посилення у розширювальному об'ємі гідрокоректора. Завдяки такій інтенсивній подачі палива тривалість впорскування скоротилась з 14 до 7 градусів повороту валу ПНВТ з підвищенням значення середнього тиску впорскування з 27 до 30 МПа.

На рис.3 зображені дослідні характеристики зміни середнього ($p_{ср}$) та максимального (p_{max}) тиску впорскування та тривалості ($\phi_{впор}$) подачі палива від частоти обертання кулачкового валу ПНВТ для системи паливоподачі з гідравлічними коректорами у порівнянні з відповідними показниками процесу впорскування серійної паливної апаратури.

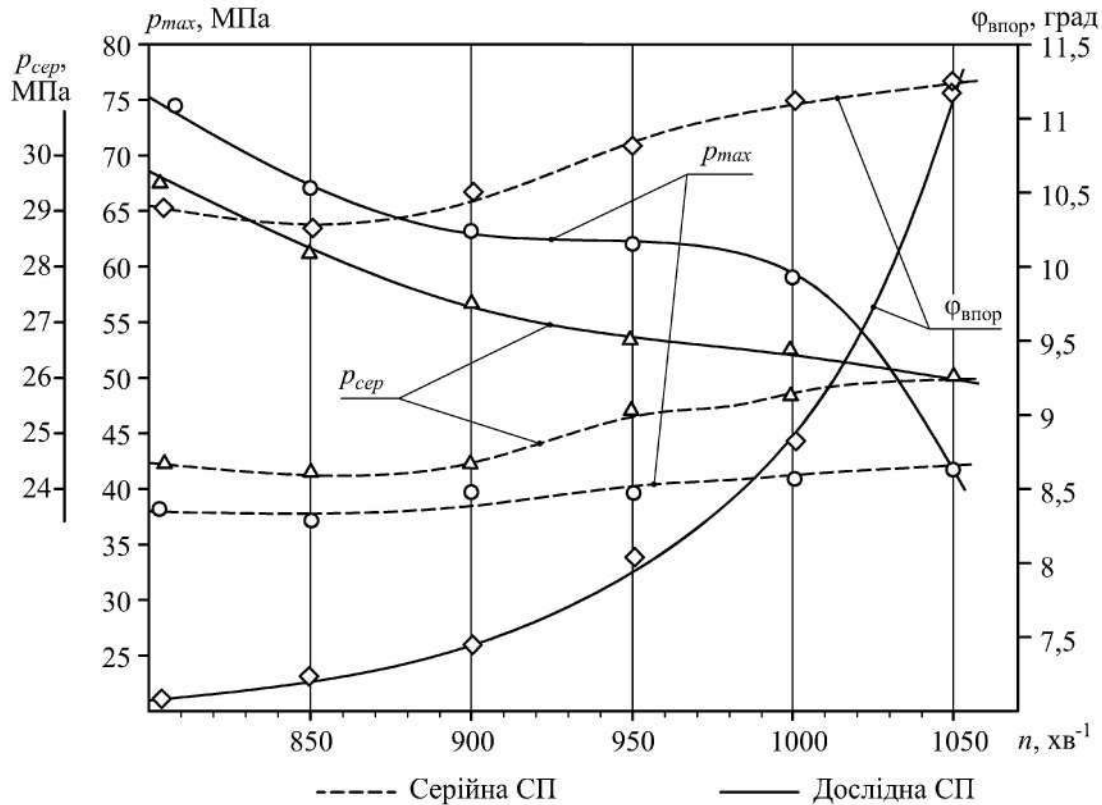


Рис.3. Залежність зміни робочих параметрів процесу впорскування від частоти обертання кулачкового валу ПНВТ для різних систем паливоподачі

При співставленні однорідних характеристик зміни параметрів паливоподачі для обох систем паливоподачі можна виділити такі особливості: по-перше, зі зменшенням частоти обертання кулачкового валу ПНВТ відбувається пропорційне до цієї зміни збільшення ступеня інтенсифікації процесу впорскування за тиском впорскування та скорочення тривалості подачі палива; і, по-друге, порівнювальні характеристики сходяться у спільній точці з номінальною частотою обертання ПНВТ. Поліпшення робочих параметрів процесу впорскування пояснюється збільшенням періоду попередньої затримки подачі палива у гідрокоректорі, що обумовлено необхідністю скоректувати КВВП при зміні частоти обертання колінчастого валу дизеля у відповідності до принципу дії гідравлічних коректорів та закону зміни КВВП. Наявність спільної точки на порівнювальних характеристиках при номінальній частоті обертання

кулачкового валу ПНВТ пояснюється особливістю нового способу коректувати КВВП шляхом затримування подачі палива при відхиленні частоти обертання від свого номінального значення, при якому процес впорскування є тотожним для обох систем паливоподачі.

Відповідно до приведених характеристик найбільш суттєве поліпшення якості процесу впорскування спостерігається на частоті обертання кулачкового валу 800 хв^{-1} , при якій максимальний тиск впорскування зростає до 75 МПа, середній тиск збільшується на 5 МПа, а тривалість впорскування палива скорочується на 30%.

Висновок. Спираючись на результати експериментальних досліджень гідравлічного коректора КВВП можна зробити висновок, що при застосуванні гідравлічної корекції моменту початку подачі палива досягається не тільки зміна фазових періодів подачі палива, скорочення тривалості впорскування в середньому на 20...30%, але й проявляється позитивна тенденція у підвищенні інтенсивності впорскування палива зі зростанням максимального тиску – на 30...40МПа, середнього тиску – на 10...20%.

Таким чином, розглянутий процес паливоподачі з новими засобами коректування дозволяє не тільки здійснювати керування моментом початку подачі палива, але й покращувати параметри одиночного процесу впорскування, особливо на холостому ході дизеля. Це в остаточному результаті приводить до покращення протікання робочого процесу в циліндрі, повноти згорання палива, зменшення нерівномірності розподілу палива по циліндрам, стабілізації роботи дизеля, підвищення його економічності та зниження токсичності відпрацьованих газів.

Література

1. Григорьев А.Л. Разработка универсальных методов гидродинамического расчета, динамического анализа и оптимизационного синтеза основных элементов топливной аппаратуры дизелей / А.Л. Григорьев. – Дис. ... д-ра техн. наук. – Харьков. – 2003. – 497 с.
2. Устройство впрыска топлива: А.с. 1494876 СССР, МКИ F02 M51\00 / Реда Р.Рицк, Ханс-Готтфрид Михельс (Германия). - №4202425/25-06; Заявл. 27.04.87; Опубл. 15.07.89 Бюл.№26 – 3 с.
3. Патент RU 2003822 С1, кл. F02 M59/36. Гидравлический корректор момента впрыскивания топлива / А.М. Мальшев, М.Г. Степанов, А.В. Григорьев (Россия) - №4859269/06; Заявл. 13.08.90; Опубл. 30.11.93 Бюл.№43-44. – 5 с.
4. Internet-pecypc: <http://634.industrialnet.org/production/141.html>

5. Патент на корисну модель UA 44504 U, кл. F02M 59/00. Гідравлічний коректор системи паливоподачі дизеля / *Іванов О.М.* – Заяв. 02.04.2009; Опубл. 12.10.2009, бюл. №19, 2009р.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ МОМЕНТА ПОДАЧИ ГОРЮЧЕГО И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ВПРЫСКИВАНИЯ

Иванов О.Н.

Аннотация – предложен гидравлический способ коррекции начала подачи горючего форсункой в цилиндр дизеля с применением специального гидравлического корректора. Полученные результаты показывают улучшение качества впрыскивания горючего в цилиндры дизеля, что проявляется в повышении среднего и максимального давления вбрызгивания и значительной интенсификации подачи горючего.

THE FUEL SUPPLY MOMENT'S HYDRAULIC CORRECTION AND ITS IMPACT TO THE QUALITATIVE INDICATORS OF THE INJECTION PROCESS

O. Ivanov

Summary

Hydraulic correction of fuel supply by the atomizer burner to a diesel engine cylinder with the special hydraulic compensator is presented. Its results are indicated fuel injection conditioning to the diesel engines cylinder, which is given the most intensification of fuel supply.