

УДК 681.586

В.Г. Рикун, Д.С. Зварич

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО КУТА ВИПЕРЕДЖЕННЯ ПОДАЧІ ПАЛИВА В ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРИ

У статті розглянуті шляхи визначення технічного стану дизелів, встановлених в системах електропостачання об'єктів промислових підприємств та методи визначення фактичного кута випередження подачі палива в дизель-генератори.

**Ключові слова:** система електропостачання, діагностуючий пристрій, кут випередження подачі палива, форсунка, паливний насос високого тиску.

### Вступ

Будь-яка механічна або електрична система ДЕС характеризується декількома функціями цільового призначення. При експлуатації вона може приймати деякий стан, який характеризується визначеними властивостями й визначеними вихідними параметрами, що під впливом різних факторів можуть приймати різні значення. Якщо в результаті діагностування встановлено, що ці значення відповідають заданим значенням, то система вважається технічно справною.

Оцінка технічного стану вузлів, агрегатів і всього двигуна в цілому виконується по діагностичних параметрах, а визначення необхідності виконання операцій обслуговування і ремонту проводиться за роздільним значенням цих параметрів. З практичної точки зору дуже важливо вміти правильно визначати величини гранично припустимих відхилень параметрів від номінальних значень, що відповідають гарному технічному стану агрегатів і вузлів дизеля.

Якщо припустимі відхилення взяті з великим запасом, то неминучі додаткові витрати на ремонт і обслуговування устаткування, обумовлені частими регулюваннями, ремонтом і не завжди виправданою заміною деталей та агрегатів. Якщо намагаються зменшити витрати, то знижується надійність роботи техніки.

### Основна частина

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта при його технічному обслуговуванні можна представити схемою (рис. 1), за допомогою якої можливо визначити середнє початкове значення контрольованого параметра  $d_0$ , і його дисперсію при змін  $\pm \Delta d(t)$ . Процес діагностування полягає у визначенні поточного значення контрольованого параметра і порівняння його з величиною  $d_0 \pm \Delta d(t)$ . Висновок щодо технічного стану залежить від того чи лежить відхилення параметра  $\Delta d(t)$  у припустимих межах чи вийшло за ці межі. У першому випадку можливе прогнозування ресурсу, а у другому випадку потрібно виконати налаштування (регулювання) параметра і якщо воно не дасть результату, то вузол, технічний стан якого характеризується вимірюваним параметром, заміняють або ремонтують. По інтенсивності зміни діагностичних показників можливо прогнозувати безвідмовну роботу дизель-електричної станції.

Ступінь вірогідності оцінки технічного стану дизель-генератора залежить від того, наскільки повно контрольовані параметри відбивають його технічний стан. Кількість контрольованих параметрів повинно бути достатньою для визначення фактичного стану агрегату, вузла або деталі. Вибирати найбільш ефективні для діагностики параметри можна тільки на підставі ретельного вивчення функціональних зв'язків і структури об'єкта діагностики.

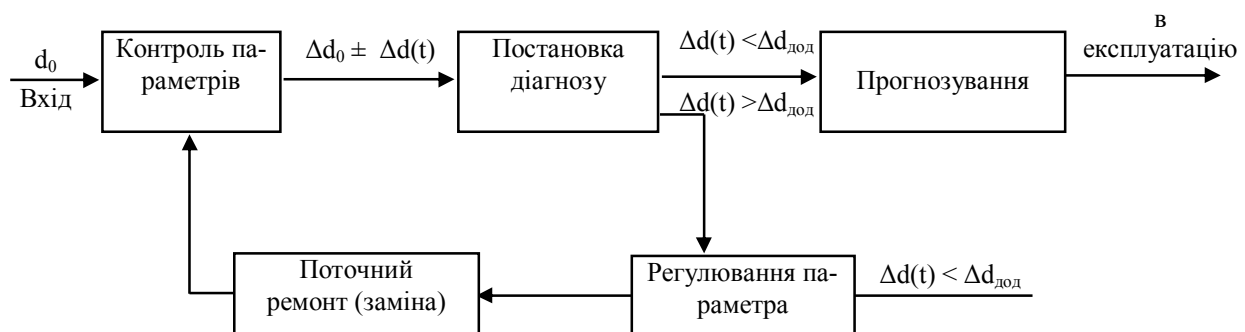


Рис. 1. Структурна схема діагностування технічного стану об'єкту

В теперішній час визначення технічного стану дизелів, встановлених в системах електропостачання об'єктів промислових підприємств та муніципальних об'єктів може здійснюватися шляхом:

1. Оцінки загального стану об'єкта, шляхом контролю якості виробленої дизель-генератором електроенергії.

2. Оцінки стану газорозподільного механізму віброакустичними методами і методами дефектоскопії, а також шляхом оцінки величини зміни зусилля відкриття клапанів.

3. Оцінки загального стану дизель-генератора, по наступним показникам: визначення витрат картеного мастила на угар; визначення тиску в циліндрах двигуна; визначення концентрації СО у вихлопних газах; визначення маси металевих та інших домішок в картеному мастилі; визначення температури вихлопних газів.

4. Оцінка стану кривошипно-шатунного механізму методами визначення сумарного зазору у КШМ при знакозмінному навантаженні; визначення витрати мастила через окремі підшипники; інтенсивності віброакустичних сигналів, виникаючих від ударів при роботі двигуна, та ін.

5. Оцінка стану паливної апаратури, за станом плунжерних пар; за часом зростання тиску у надплунжерній порожнині паливного насоса; по відношенню кількості палива, витраченого в зоні дії пускових частот обертання до початку дії корегуючого пристрою; по фазовим параметрам вібросигналів; по фіксації частоти обертання колінчастого вала в момент переходу роботи двигуна з регуляторної на коректору ділянку характеристики, та ін.

6. Оцінка стану системи змащування методами визначення забрудненості змащувального мастила; реєстрації ультразвукового сигналу, що проходить через ємність з мастилом і порівняння його з еталоном; визначення стану центробіжного мастилоочистника шляхом вимірювання часу обертання його ротора після зупинки двигуна; визначення стану фільтруючих елементів вимірюванням перепаду тиску до і після фільтрів тощо.

7. Оцінка стану системи охолодження, шляхом контролю рівня рідини і вмісту в ній антикорозійної присадки або шляхом визначення теплорозсіюючої здатності радіаторних секцій системи охолодження; визначення градієнта температури охолоджуючої рідини та порівняння з еталоном значенням.

8. Оцінка стану системи повітряпостачання та газовихлопу шляхом визначення герметичності газоповітряних трактів або забрудненості фільтруючих елементів; по комплексному коефіцієнту проходження хвиль тиску, що характеризує передаточну функцію елемента випуску; по відкладенню і накопиченню продуктів неповного згорання в системі газовихлопу, та ін.

9. Оцінка стану об'єкта по результатам обкатки, приробки і проведення випробувань.

Складність конструкції, дизеля, велика кількість вузлів і агрегатів, які підлягають діагностуванню, викликають необхідність створення і розвитку систем технічного діагностування. Пошук несправності в дизелі займає 50 – 80% загального часу його перебування в ремонті. При наявності системи діагностування ця процедура може бути скорочена в десятки разів. Крім того, експлуатація дизелів системи автономного електропостачання з використанням систем технічного діагностування забезпечує економію палива на 2 – 5%, збільшення ресурсу на 20 – 50% і зниження витрат запасних частин, на 10 – 15%.

Питання покращення економічності і довговічності є найбільш актуальними питаннями заощадження матеріальних ресурсів. Для покращення потужних і техніко-економічних показників дизелів, необхідно удосконалювати паливну апаратуру.

Одним з недоліків у визначенні відмов елементів паливних систем дизелів, є значна складність існуючих методів, які потребують обов'язкового знімання паливної апаратури з двигуна. При цьому значна кількість вузлів паливної апаратури, є придатними до подальшої експлуатації або має дефекти, які легко усуваються на місці. За даними досліджень, тільки 10 – 15% з форсунок, що знімаються з дизелів, має потребу в ремонті. Знімання інших форсунок наносить тільки збиток: порушуються з'єднання, підвищується знос окремих елементів, можливе розрегулювання прецизійної пари тощо. Крім того, додаткове розбирання, огляд і збирання вузлів паливоподаючих систем призводять до істотних невідряданих матеріальних витрат.

Для визначення з'ясування якості роботи паливної апаратури, необхідно визначити фактичний кут випередження подачі палива в дизель-генератори.

Кут випередження подачі палива (КВП) є однією з найважливіших регульовальних характеристик дизеля. Своєчасність подачі палива в циліндри двигуна багато в чому визначає якісні і кількісні параметри робочого процесу дизеля в цілому. Момент початку подачі палива, відповідний так званому геометричному куту визначення подачі палива, визначається моментом перекриття впускного отвору втулки верхньою кромкою плунжера.

Впливати на величину геометричного моменту початку подачі палива можна двома основними напрямками. По-перше, поворотом кулачкового вала паливного насоса відносно верхньої мертвої точки (ВМТ) в циліндрі. По-друге, змінити момент перекриття плунжером отвору можливо, якщо змінювати відстань між штовхачем та плунжером.

Це досягається або установкою регульовальних прокладок між штовхачем і плунжером (рис. 3, б), або наявністю в конструкції штовхача регульовального гвинта (рис. 3, а).

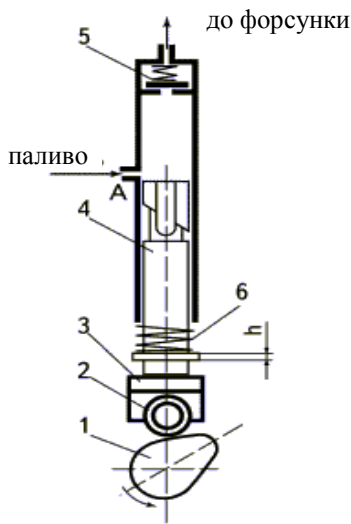


Рис. 2. Схема паливного насоса: А – живильний канал; 1 – кулачок; 2 – ролик штовхача; 3 – штовхач; 4 – плунжер; 5 – пружина нагнітального клапана; 6 – поворотна пружина плунжера

Крім того, на момент початку подачі палива можна вплинути ще і зміною затягування пружини нагнітального клапана насоса або поворотної пружини форсунки. Від величини тиску початку подачі палива залежить якість розпилювання палива і подальшого сумішеутворення в циліндрі.

Визначення геометричного моменту початку подачі палива здійснюють за допомогою простого пристрою – моментоскопа. Моментоскоп встановлюють на регульованому насосі (секції насоса), повертають вал дизеля за допомогою валоповоротного пристрою до заповнення скляної трубки паливом, приблизно на половину її робочої висоти. Далі поволі повертають колінчастий вал двигуна. У момент початку подачі палива в цій трубці буде добре видно рух меніска палива вгору. По градуйованому диску визначають кут, при якому відбувається початок подачі палива. Визначення моменту початку подачі слід провести два-три рази.

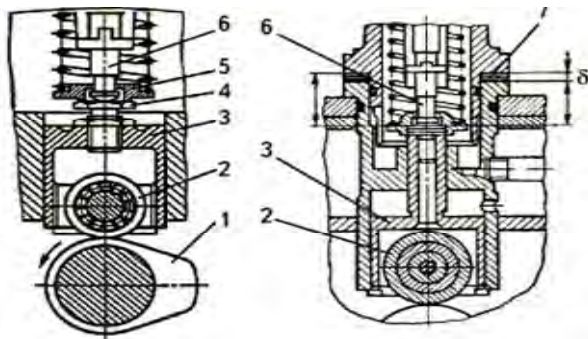


Рис. 3. Фрагмент конструкції паливного насоса: а – з регульовальним гвинтом; б – з регулюванням прокладками; 1 – кулачок; 2 – ролик штовхача; 3 – штовхач; 4 – регульовальний гвинт; 5 – тарілка пружини; 6 – хвостовик плунжера; 7 – регульовальні прокладки

Описаний метод часто називають способом визначення кута випередження "по меніску". Переваги цього методу – простота пристроїв, універсальність, наочність. Недоліки – необхідність часткового розбирання паливної системи, трудомісткість, порівняно невисока точність.

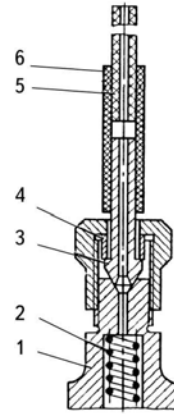


Рис. 4. Моментоскоп: 1 – штуцер насоса; 2 – пружина нагнітального клапана; 3 – наконечник; 4 – нажимне кільце; 5 – скляна трубка; 6 – гумова трубка

Серед методів визначення фактичного кута випередження найбільшого поширення набув метод, заснований на вимірюванні моменту початку переміщення голки форсунки. Як датчик ходу голки форсунки застосовують магніто-індукційний перетворювач, який закріплюють на форсунці так, щоб його рухома частина (осердя котушки) при роботі форсунки рухалася разом з голкою. Слід зазначити, що серед тепловозних дизелів тільки паливна апаратура дизеля 10Д100 дозволяє застосувати подібні датчики без переробки конструкції форсунки.

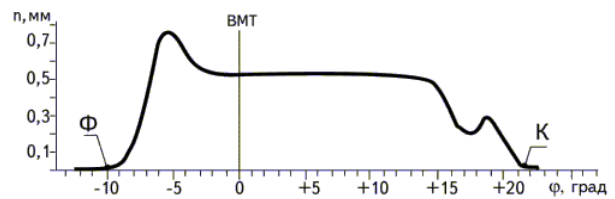


Рис. 5. Діаграма ходу голки форсунки

Моменти початку підйому голки форсунки і посадки голки в сідло, тривалість подачі палива, хід голки і ряд інших важливих характеристик паливоподачі визначають, використовуючи для цього діаграму тиску палива, побудовану відповідно кута повороту вала. Разом з високою інформативністю такого способу визначення кута випередження. До переваг слід віднести точність і достовірність вимірювань, а до недоліків методу – складність устаткування, значні витрати часу на оснащення дизеля датчиками, неуніверсальність.

Існує спосіб визначення дійсного кута випередження подачі палива, заснований на аналізі кри-

вої тиску в нагнітальному паливопроводі. Отримати таку діаграму можна, встановивши в трубі високого тиску датчик тиску.

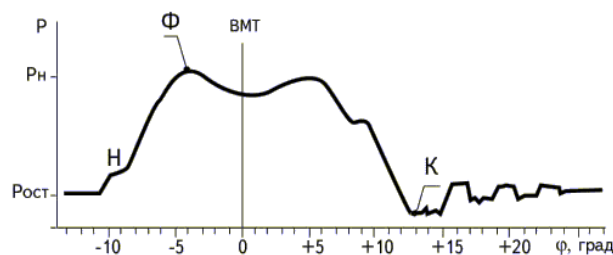


Рис. 6. Діаграма тиску палива перед форсункою

Разом з дійсним кутом випередження, по діаграмі тиску можна судити ще про низку діагностичних характеристик паливної апаратури: величини тиску початку подачі палива, щільності замочного конуса форсунки, циклової подачі тощо. Істотним недоліком такого методу слід визнати необхідність зміни довжини і об'єму нагнітального паливопроводу, що може спотворити процес вимірювань. Крім того, установка датчика тиску в паливопровід вимагає значних додаткових витрат часу. Необхідно відзначити, що існує пристрій для вимірювання тиску рідини "через стінки трубопроводу". Хоча застосування цих пристроїв і приведе до деякого дорожчання устаткування, зате вказані вище недоліки можуть бути усунені.

Найповніше вимозі зручності установки на двигун вимірювального устаткування відповідає спосіб вимірювання кута випередження по віброграмі. Датчик (акселерометр) закріплюють на корпусі форсунки або на нагнітальному трубопроводі за допомогою магнітного кріплення чи пружинного затиску.

Результати вимірювань містять три характерні ділянки. Передній фронт першого імпульсу відповідає удару голки об обмежувач, другого – удару голки при посадці об сідло. Ці імпульси відрізняються високою амплітудою і частотою сигналу. Ділянка між ними містить низькочастотні коливання, викликані гідродинамічними явищами, супроводжуваними подачу палива в циліндр двигуна.

Як недолік застосування даного методу для визначення кута випередження слід вказати наявність істотних віброакустичних перешкод, супроводжуваних роботою багаточиліндрового дизеля, що ускладнює аналіз реальних віброграм. Проте, застосування комп'ютера для обробки вібросигналу може усунути вказаний недолік. Слід зазначити, що за точністю цей метод декілька поступає іншим методам. Головною перевагою цього методу можна вважати універсальність: вимірювальне устаткування однаково добре працює з будь-якими форсунками закритого типу.

## Висновки

Вимірювання фактичних кутів ВПП по циліндрах показує, що їх розкид на одному дизелю, як уже зазначалося, часто досягає восьми і більше градусів повороту колінчастого валу. Після відповідного коригування розміру «К» (зміни товщини регулювальних прокладок) по кожному насосу розкид значень кутів ВПП не перевищує допустимих меж. При виконанні реостатних випробувань такого дизеля ніякі додаткові роботи, пов'язані з регулюванням паливної апаратури, вже не потрібні, що дозволяє істотно скоротити час випробувань.

## Список літератури

1. Никитин У.А. Оценка технического состояния топливной аппаратуры дизеля по параметрам рабочего процесса / У.А. Никитин, С.А. Бритик, О.П. Дзецина. – М.: Двигателестроение, 1985.
2. Рыкун В.Г. Информационная оценка индикаторного процесса в цилиндрах дизеля / В.Г. Рыкун // Сб. статей ХВВКИУ РВ. – X., 1991. – С. 31-34.
3. А.С. N1063782 (СССР). Отметчик верхней мертвой точ-и поршня в цилиндре двигателя внутреннего сгорания. / Б.Т. Кононов, В.Г. Рыкун, В.И. Терентьев // Б.И. № 48. – 1983. – С. 42-46.

Надійшла до редколегії 10.09.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ПОДАЧИ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРЫ

В.Г. Рыкун, Д.С. Зварыч

*В статье рассмотрены пути определения технического состояния дизелей, установленных в системах электропитания объектов промышленных предприятий и методы определения фактического угла опережения подачи топлива в дизель-генераторы.*

**Ключевые слова:** система электроснабжения, диагностирующее устройство, угол опережения подачи топлива, форсунка, топливный насос высокого давления.

## METHODS OF DETERMINATION OF ACTUAL CORNER OF PASSING OF SERVE OF FUEL IN OIL-ELECTRICAL ENGINE

V.G. Rykun, D.S. Zvarych

*The ways of determination of the technical state of diesels, set in the systems of power supply of objects of industrial enterprises and methods of determination of actual corner of passing of serve of fuel in oil-electrical engine are considered in the article.*

**Keywords:** system of power supply, diagnosing a device, corner of passing of serve of fuel, sprayer, fuel pump high pressure.