

УДК 621.793

**И. Н. Поддубный¹, канд. техн. наук О. Г. Чернета¹,
д-р техн. наук А. Н. Коробочка¹, д-р техн. наук Л. И. Ивченко²**

¹ Государственный технический университет, г. Днепропетровск

² Национальный технический университет, г. Запорожье

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КЛАПАНОВ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Разработано устройство для испытания клапанов двигателя внутреннего сгорания на износ.

Клапан, работоспособность, машина трения, испытание, микроструктура

Введение

Выпускной клапан является одной из наиболее напряженных деталей двигателя внутреннего сгорания. Клапан подвергается ударным нагрузкам в условиях высоких температур, действию термической усталости, обусловленной многократными нагревами и охлаждениями, коррозионному воздействию горячих газов [1].

Высокотемпературная газовая коррозия является фактором отказов выпускных клапанов форсированных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые работают при высокой температуре в среде высокоскоростных агрессивных газовых потоков.

Процессы разрушения можно разделить:

- высокотемпературное разрушение слоя окисла на поверхности детали;
- коррозия сульфидного окисла;
- абразивное действие частиц пыли в выпускных газах (ВГ).

Процессы разрушения приводят к разрушению поверхностного слоя детали за счет газоабразивной эрозии, то есть к эрозийному износу [2].

Ударная нагрузка на клапан и седло, которая приводит к изменению геометрии трибосопряжения, изменяется в зависимости от величины теплового зазора между торцом клапана и коромыслом, между стержнем клапана и втулкой и состояния сопрягаемых поверхностей. При изменении зазора между торцом клапана и коромыслом двигателя от 0,25 до 1,0 мм скорость посадки клапана на седло возрастает от 0,482 до 0,970 м/с, усилие растяжения стержня клапана увеличивается в среднем с 250 до 350 Н. Ударная нагрузка на фаску при посадке клапана достигает $(1-2) \cdot 10^7$ Па в зависимости от ширины фаски и величины теплового зазора [3].

Трибологические испытания деталей автомобиля, в частности, двигателя, необходимы для

оценки работоспособности пар трения.

При этом разработка рациональных циклов испытаний является одним из необходимых условий оптимизации и подбора пар трения.

В виде образцов при трибологических испытаниях клапанов двигателей внутреннего сгорания используют как микрошлифы, так и серийные детали.

Известен стенд для испытания пары трения «клапан – седло клапана», где в качестве образцов используют серийные детали. Объемная температура седла и клапана составляет 100–450 °С [4].

Известен стенд для испытания пары трения «клапан-втулка», где в качестве образцов используют серийные детали. Способ нагружения обеспечивает реальный характер износа рабочих поверхностей пары трения. Дозированная подача масла в зону трения осуществляется с помощью серийного маслоотражательного колпачка, что моделирует реальные условия смазки. Температура втулки составляет от 60 до 175 °С [4].

Недостатком данных устройств является недостаточное приближение испытательных условий к эксплуатационным условиям функционирования пар трения «клапан-седло», «клапан-направляющая втулка» двигателя внутреннего сгорания, а именно, влияния на испытуемый образец высокотемпературной газовой коррозии.

Методика исследований

Наиболее близким, по мнению авторов, к реальным условиям эксплуатации для моделирования процессов износа клапанов является машина трения для испытания клапанов двигателей внутреннего сгорания, разработанная на кафедре «Автомобили и автомобильное хозяйство» Днепропетровского государственного технического университета [5].

Устройство (рис. 1) представляет собой головку цилиндров 1, в которой установлены клапан 2, седло клапана 3, направляющая втулка 4, пружина клапана 5, распределительного вала 6, механизм вращения клапана 7, блока проточных камер 8, горелки 9, резервуара для топлива 10, датчиков измерения температуры клапана 11 и седла 12. Датчики температуры соединены с устройством нагрева образцов через узел управления.

В качестве привода и системы нагружения клапанов в испытуемом трибосопряжении использован электродвигатель постоянного тока 13, при помощи которого можно изменять скорость скольжения по необходимому закону во времени и производить регистрацию момента трения в испытуемом трибосопряжении по падению его токовой характеристики без применения специального датчика, что повышает точность и достоверность измерения.

Для более точного, качественного моделирования, необходимого для обеспечения условия воздействия на испытуемый клапан высокотемпературной газовой коррозии, использовано устройство нагрева в виде горелки, топливом для которой служит то же топливо, что и для двигателей внутреннего сгорания. Также повышается качество моделирования за счет точного соблюдения температуры и состава отработавших газов, в состав которых входят такие агрессивные вещества как азот, кислород, оксиды свинца и серы, CO, CO₂ и др. (см. табл. 1).

Устройство работает следующим образом: перед началом испытания на блок проточных камер 8 монтируется съемная головка цилиндров 1, в которой установлены клапан 2, седло клапана 3, направляющая втулка 4, пружина клапана 5, распределительного вала 6, механизм вращения клапана 7.

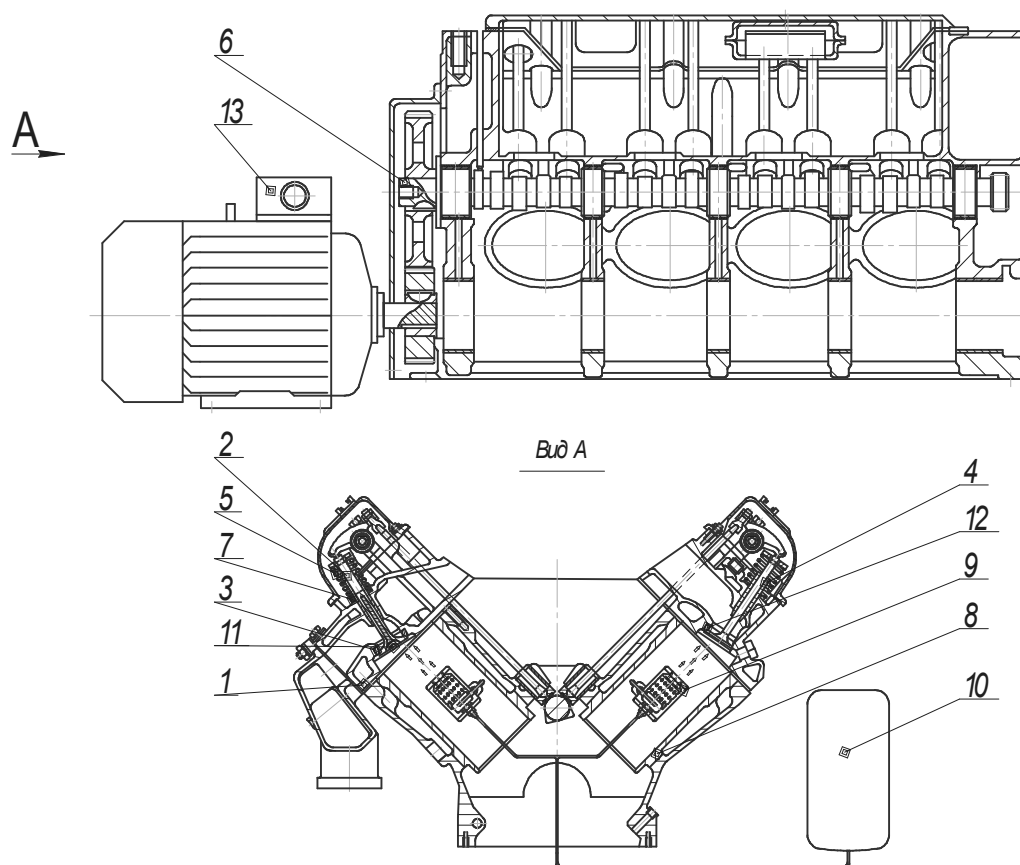


Рис. 1. Схема установки для трибологических испытаний клапанов двигателей внутреннего сгорания

- 1 – головка цилиндров; 2 – клапан; 3 – седло клапана; 4 – направляющая втулка;
 5 – пружина клапана; 6 – распределительный вал; 7 – механизм вращения клапана;
 8 – блок проточных камер; 9 – горелки; 10 – резервуар для топлива; 11,12 – датчики измерения температуры клапана и седла, соответственно; 13 – электродвигатель привода

Таблица 1 – Состав компонентов отработавших газов ДВС, % по объему [2]

Компонент	Бензиновый двигатель	Дизель
Азот	74–77	74–78
Кислород	0,3–10	2–18
Пары воды	3,0–5,5	0,5–9,0
СО	0,5–12	0,005–0,4
NO _x	0,01–0,8	0,004–0,5
C _n H _m	0,2–3,0	0,009–0,3
Альдегиды	до 0,2	0,00–0,009
Сажа, г/м ³	до 0,004	0,01–1,1
Бензапирен, мкм/м ³	до 25	до 10
Оксиды серы	до 0,008	0,002–0,02
Оксиды свинца	до 0,02	0,002–0,2
CO ₂	5–12	1–12

Затем производят зажигание горелки 9. После того, как температура газовой среды в камере достигнет заданного значения, производят пуск управляемого электродвигателя постоянного тока привода, который через распределительный вал 6 передает движение клапану 2.

Нагружение испытуемого трибосопряжения осуществляется в динамическом режиме. В ходе проведения эксперимента на устройстве для испытания клапанов двигателей внутреннего сгорания непрерывно регистрируется температура клапана и седла датчиками температуры 11 и 12, конструкция и работа которых хорошо известна и описана в литературе [6].

По окончании испытания система управления 13 подает управляющий сигнал на отключение питания контрольных приборов, происходит смена испытуемых образцов и процесс повторяется.

Сочетание высоких механических, тепловых нагрузок с воздействием агрессивных веществ приближает условия работы клапанов к реальным, что способствует как повышению достоверности результатов, так и ускорению испытания.

Отработавшие газы, содержащие вредные для здоровья человека вещества, отводятся через коллектор, не создавая противодавления у выходного отверстия выпускного трубопровода двигателя более 3,6 кПа (ГОСТ 14846–69). Также испытание клапанов может производиться с выпускной системой автомобиля, для которого предназначен испытуемый двигатель (международный стандарт R-1585, DIN) [7].

На рис. 2 изображены микроснимки рабочей поверхности стержня впускного клапана двигателя автомобиля ЗИЛ–130 (сталь 40Х10С2М), подвергнутой различным термическим обработкам. Металлографический анализ проводили при

помощи оптического микроскопа «Axiovert 200M MAT» фирмы «Karl Zeiss».

Трибологические исследования клапанов ДВС проводились на данной машине трения.



а



б



в

Рис. 2. Микроструктура поверхностного слоя стержня клапана (сталь 40Х10С2М) после термической обработки:

а – импульсная лазерная закалка, $\times 160$; б – лазерное азотирование, $\times 320$; в – закалка ТВЧ при 1000 °С + отпуск 400 °С, $\times 320$

Выводы

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет максимально приблизить условия испытания клапанов двигателей внутреннего сгорания к реальным условиям эксплуатации, с возможностью максимального сокращения времени проведения испытаний и сведению их трудоемкости к минимуму.

Перечень ссылок

1. Кугель Р. В. Долговечность автомобилей / Кугель Р. В.; [под ред. А. А. Липгарта]. – М.: Машгиз, 1961. – С. 379–380.
2. Двигуни внутрішнього згорання: серія підручників у 6 т. Т. 5. Екологізація ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. – Харків: Прапор, 2004. – 42 с.
3. Мишин И. А. Долговечность двигателей / И. А. Мишин. – Л.: «Машиностроение» (Ленинградское отд.), 1976. – С. 187–188.
4. Чудинов Б. А. Опыт создания и работы трибологического центра на Волжском автомобильном заводе / [Чудинов Б. А., Полунин В. И., Криштал М. М. и др.] // Заводская лаборатория. – 1997. – № 4. – 59 с.
5. Заява № 200902605 (Україна). Пристрій для випробування клапанів двигунів внутрішнього згорання. G01N 15/00, від 23.03.2009.
6. Тринев А. В. Экспериментальное определение температуры деталей клапанного узла автотракторного дизеля на нестационарных режимах работы / Тринев А. В., Косулин А. Г., Коваленко В. Т. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2008. – №1. – С.75–80.
7. Куров Б. А. Испытания автомобилей / [Куров Б. А., Лаптев С. А., Балабин И. В. и др.]. – М.: «Машиностроение», 1976. – 19 с.

Поступила в редакцию 17.07.2009

I. N. Poddubniy, O. G. Cherneta, A. N. Korobochka, L. I. Ivcsenko

PERFORMANCE EVALUATION OF THE VALVES OF GAS-DISTRIBUTING MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Розроблено пристрій для випробування клапанів двигуна внутрішнього згорання на зношування.

Клапан, працездатність, машина тертя, випробування, мікроструктура

There is developed device for wear testing of the valves of internal combustion engine.

Valve, performance, friction test machine, test, microstructure