



Рис.2. Результаты регрессионной обработки данных параллельных замеров экологических, тепловых и динамических характеристик двигателя НК-12 СТ агрегата ГПА-Ц-6.3:  $R^2$  – показатель достоверности аппроксимации

## МЕТОДИКА ОЧИСТКИ ОТ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ДВС БЕЗ ИХ РАЗБОРКИ

Овчинников В.Н., Росляков А.Д., Носырев Д.Я.  
ОАО СКБМ, г. Самара

Обзор существующих технологий очистки от углеродистых отложений деталей машин и механизмов, работающих в контакте с углеводородными веществами (топливо, смазка, теплоноситель) при температуре стенки от 120°C до 350°C, показывает многообразие таких отложений по химическому составу и физическим свойствам.

Углеродистые отложения подразделяются на легко удаляемые и трудно удаляемые отложения. К легко удаляемым углеродистым отложениям относится сажа (копоть), к трудно удаляемым отложениям - лак и кокс. Сажа является продуктом неполного сгорания топлива и включает в себя углерод, лёгкие углеводороды (до 30 % по массе) и в небольших количествах различные соединения, в том числе и канцерогенные.

Лак и смолистые отложения - это углеродистые отложения, образующиеся в виде тонкого слоя, прочно удерживающегося на поверхно-

стях каналов. Лак является продуктом жидкофазного окисления и состоит из 20...40 % молекул углерода и 60...70 % молекул водорода.

Кокс (или коксовые отложения) представляют собой твердые углеродистые вещества черного цвета, состоящие в основном из смеси молекул углерода и высокомолекулярных углеводородов (80 %) и молекул водорода (20 %).

Наиболее распространенными способами очистки деталей машин от различного рода загрязнений и отложений являются физико-химические и химико-термические методы. Для оценки эффективности этих методов выполнены экспериментальные работы. Эксперименты проводились на установке разомкнутого контура с проточным реактором. В качестве реактора использовались сменные трубки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т и жаропрочного сплава ХН60ВТ. Режимные параметры в ходе эксперимента поддерживались неизменными, а температурное состояние реактора контролировалось через заданные промежутки времени. После испытаний трубки разрезались на 20 отрезков по 50 мм каждый.

Элементный и групповой химический состав углеродистых отложений определяли методами микроэлементного анализа, селективного растворения, методами ИК - спектроскопии и озонолиза, а также методами тонкослойной хроматографии.

Определение элементного состава углеродистых отложений проводили посредством их термического разложения, окисления до диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) с последующим поглощением  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в абсорбционных аппаратах, с использованием установки микроэлементного анализа. Количество образовавшихся диоксида углерода и воды определялись по разнице массы соответствующих поглотительных аппаратов до и после сжигания отложений. Исходя из полученных данных по количеству образовавшихся диоксида углерода и воды определяли элементный состав углеродистых отложений.

Групповой химический состав углеродистых отложений определяли посредством последовательного экстрагирования н-гептаном, смесью этанола с бензолом (соотношение 1:3) и пиридом. Выбор этих растворителей обусловлен тем, что они соответственно вымывают смолообразные соединения (масла, нейтральные смолы и оксикислоты), асфальтосмолистые соединения и пирококк. Выделенные фракции отложений анализировались методами ИК-спектроскопии, тонкослойной хроматографии и низкотемпературного озонолиза.

В качестве подвижной фазы использовали следующие смеси растворителей: гексан - бензол (соотношение 1:1), метанол - вода - ацетон (соотношение 2:1:1). Проявление пластинок осуществляли парами йода и водным раствором марганцово-кислого калия (перманганатом калия

КМп0<sub>4</sub>).

Удаление углеродистых отложений посредством синтетических моющих средств (СМС) и растворяюще - эмульгирующих средств (РЭС) проводили методом погружения.

В качестве СМС были использованы многокомпонентные составы. В табл. 1 приведены составы двух вариантов СМС.

Таблица 1

| Составы многокомпонентных СМС |                         |                        |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Номер состава                 | Наименование компонента | Содержание по массе, % |
| Состав 1                      | Сода кальцинированная   | 50                     |
|                               | Триполифосфат натрия    | 30                     |
|                               | Метасиликат натрия      | 16,5                   |
|                               | Синтанол ДС-10          | 3,5                    |
| Состав 2                      | Сода кальцинированная   | 50                     |
|                               | Триполифосфат натрия    | 30                     |
|                               | Метилсиликат натрия     | 10                     |
|                               | Синтанол ДТ-7           | 8                      |
|                               | Алкилсульфат            | 2                      |

В качестве РЭС были использованы следующие многокомпонентные составы, приведенные в табл.2.

Таблица 2

| Составы многокомпонентных РЭС |                         |                        |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Номер состава                 | Наименование компонента | Содержание по массе, % |
| Состав 1                      | Топливо дизельное       | 48                     |
|                               | Уайт-сприт              | 35                     |
|                               | ОП-4                    | 10                     |
|                               | ОП-1                    | 1                      |
|                               | Сульфонат-паста         | 0,15                   |
|                               | Вода                    | 1,85                   |
| Состав 2                      | Ксилол                  | 91...93                |
|                               | Оксифос                 | 5                      |
|                               | Ализариновое масло      | 2...4                  |
| Состав 3                      | Ксилол                  | 72                     |
|                               | Ализариновое масло      | 26                     |
|                               | ОС-20                   | 2                      |

Выбор этих составов СМС и РЭС обусловлен тем, что они обладают в настоящее время наиболее эффективными очищающими свойствами [1].

Режим очистки с использованием СМС: концентрация 30...80 г/л, температура 70...85°C, продолжительность 30...60 мин.

Режим очистки с использованием РЭС: концентрация 40...80 %, температура 20...50°C, продолжительность 30...60 мин.

Удаление углеродистых отложений посредством выжигания проводилось при температуре 800...950 °С в течение 20...40 минут.

Анализ углеродистых отложений методами селективного растворения ИК спектроскопии, жидкостной и тонкослойной хроматографии показал, что их групповой химический состав находится в сильной зависимости от температуры поверхности. Полученные данные по химическому составу отложений в зависимости от температуры стенки приведены в табл.3.

Таблица 3

Данные по химическому составу отложений  
в зависимости от температуры стенки

| Компоненты отложений<br>(% массы) | Температура образования отложений, °С |           |         |         |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------|---------|---------|
|                                   | 300                                   | 400       | 500     | 600     |
| Смолобразные вещества             | 90...98                               | 80...90   | 55...70 | 20...30 |
| Асфальто-смолистые вещества       | 1,5...5                               | 3...6     | 15...35 | 30...40 |
| Карбеновые и карбоидные вещества  | 0,1...0,7                             | 0,2...0,8 | 2...10  | 20...40 |

При проведении очистки элементов дизельного двигателя от углеродистых отложений, образованных при разных температурах, посредством СМС и РЭС (табл.4) установлено, что степень очистки от углеродистых отложений при использовании РЭС примерно в 2...3 раза больше по сравнению с СМС.

Таблица 4

Степень очистки от углеродистых отложений элементов  
дизельного двигателя посредством СМС и РЭС.

| Температура образования углеродистых отложений, °С | Степень очистки, % |         |
|--|--------------------|---------|
|  | СМС                | РЭС     |
| 300  | 25...45            | 60...70 |
| 400  | 20...30            | 40...50 |
| 500  | 15...20            | 30...40 |
| 600  | 10...15            | 20...30 |

Такая степень очистки не достаточна для практических целей, особенно для деталей, работающих в области повышенных температур образования отложений.

Полученные результаты по очистке от углеродистых отложений посредством СМС и РЭС объясняют то, что они позволяют удалять в основном смолообразные вещества, однако малоэффективны при очистке от асфальтосмолистых и нагарообразных веществ.

Удаление углеродистых отложений методом выжигания производится при высокой температуре (800...950 °С). При этой температуре происходит полное сгорание углеродистых отложений с образованием двуокиси углерода и воды. Продолжительность удаления отложений из элементов дизельного двигателя занимает примерно 60...90 мин в зависимости от их количества, а степень удаления составляет 90... 100 %. Необходимо отметить, что степень и продолжительность удаления зависит от температуры образования углеродистых отложений. С понижением температуры образования отложений уменьшается степень закоксовывания каналов и уменьшается продолжительность удаления отложений. Основным недостатком удаления отложений посредством выжигания является высокая энергоемкость процесса и возможная деформация материала элементов двигателя из-за высоких температур.

Сущность метода, предлагаемого авторами, заключается в следующей последовательности действий. Перевод отложений, представляющих собой смесь высокомолекулярных органических веществ, в соединения с более низкой молекулярной массой, обладающие повышенной растворимостью в растворах, путем обработки специальной газовой смесью, содержащей озон, при температуре 80... 130 °С в течение 0,1...0,5 часа. После обработки образовавшиеся низкомолекулярные продукты удаляют, последовательно промывая смесью растворителей (при температуре 70...90°С в течение 0,1...0,5 часов) и водным раствором смесью моющих веществ (при температуре 60...80°С в течение 0,1...0,5 ч.) с последующей промывкой горячей водой и сушкой сжатым воздухом. Степень удаления при этом достигает 100%.

Основные технико-экономические показатели:

- увеличение межремонтного ресурса деталей двигателя;
- возможность использования стандартного оборудования;
- универсальность (возможность удаления отложений в изделиях сложной формы без их разборки и в условиях эксплуатации);
- малая энергоемкость процесса;
- полная сохранность очищаемых деталей;
- высокие экологические характеристики.

Элементы новизны:

- специальный состав газовой смеси;
- низкие параметры режима очистки;
- высокая эффективность и универсальность;
- возможность разработки новых технологий очистки деталей двигателя и других машин и механизмов от загрязнений различного происхождения.

#### Список литературы

1. Десярев Г.П. Применение моющих средств. М.: Колос, 1981.240с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ТЕНЗОГРАММ

Письменов В.А., Сундуков Е.В.

ОАО СКБМ, г. Самара

Цифровые системы обработки давно и успешно используются при анализе тензосигналов. Однако в отличие от пульсаций давлений и вибраций они обладают рядом специфических особенностей, затрудняющих создание эффективных систем анализа. Это, как правило, существенно больший объем обрабатываемых данных, необходимость определения максимальных уровней, наличие значительного количества помех в исходном сигнале.

В используемой ранее традиционной методике обработки осциллограмм применялся, так называемый, среднемаксимальный критерий интенсивности, представляющий собой осреднение уровня примерно за три периода в месте максимальных напряжений ( $\sigma_{ср. м}$ ). При переходе на обработку с использованием цифровых систем естественным шагом было применение в качестве оценки максимальной амплитуды ( $\sigma_{max}$ ). Однако анализ статистик оценочных значений, полученных с использованием этих критериев, показывает, что в последнем случае, в среднем, получаются несколько завышенные результаты. Кроме того, использование  $\sigma_{max}$  затруднено наличием в исходном сигнале сбоев (работа токосъемного устройства, дефекты магнитной ленты и т. д.).

Большинство программных средств обработки быстропеременных процессов используют амплитудный спектр или спектр среднеквадратических значений. При этом наличие отдельных сбоев не вносит заметных помех в конечный результат. Поэтому было бы целесообразно строить критерий интенсивности на имеющихся данных.

Интуитивно понятно, что оценочное значение должно находиться