

## ОБРАЗОВАНИЕ ПЛЕНКИ САЖИ НА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Ильтнер А.Я. Хламов М.Г.

Донецкий национальный технический университет,  
кафедра электронной техники

*Abstract. Iltner A.J. Hlamov M.G. The formation of the soot skim on the optic elements of measuring instrument. The analysis of methods of indemnification is executed. The algorithm for indemnification is offered. The modeling of process of formation the soot skim was implemented.*

**Введение.** К одним из самых токсичных веществ выделяемых двигателями внутреннего сгорания (ДВС) является твердый углерод (сажа), который, как и любая мелкая пыль, может стать причиной заболевания верхних дыхательных путей. Однако основная опасность заключается в том, что частицы служат переносчиком канцерогенных веществ.

Существует множество приборов для измерения дымности выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, погрешность которых не превышает 1...2%. Так, как содержание сажи в выхлопных газах является возмущающим фактором для измерения остальных параметров газа, то необходимо максимально точно определить её содержание. В процессе измерений, на поверхностях оптических элементов измерительных приборов образуется пленка сажи, которая оказывает значительное влияние на погрешность измерений. Так уже после 72 часов работы погрешность может превышать 10%. Для уменьшения влияния пленки сажи на погрешность измерений следует учитывать процесс её образования и вносить корректировку в результаты измерений.

**Методы борьбы с образованием пленки сажи.** Возможно несколько методов для устранения влияния пленки сажи, на результаты измерения:

1. *Обдувание поверхностей стекол потоком чистого воздуха, направленного перпендикулярно направлению измеряемого потока.* Приведенный метод заметно замедляет образования пленки сажи, но появление потока чистого воздуха в канале с исследуемым газом внесет погрешность в измерение других составляющих газа как  $CO$ ,  $CO_2$ .

2. Организация процесса измерения таким образом, что *перед началом измерений* необходимо в холостом режиме провести *корректировку*, учитывающую наличие *пленки сажи*. Данный метод компенсирует влияние образовавшейся пленки сажи при условии коротких экспериментов. При длительной непрерывной работе прибора возникает дополнительная погрешность в измерениях.
3. *Метод интегральной компенсации с периодической поверкой* обеспечивает учет процесса образования пленки сажи в процессе измерений.

**Метод интегральной компенсации с периодической поверкой.** Предложен метод интегральной компенсации с периодической поверкой влияния пленки сажи на результаты измерений параметров выхлопных газов ДВС.

Метод интегральной компенсации с периодической поверкой основан на том, что процесс образования пленки сажи носит линейный характер зависящий от концентрации сажи в исследуемом газе, температуры и давления.

$$h = f(C, P, t^o) \quad (1)$$

В процессе измерений, используя зависимость 1 можно прогнозировать процесс образования пленки сажи путем накопления интегральной суммы, соответствующей толщине пленки сажи с занесением результата в память, и вводить соответствующую корректировку в результаты измерений.

Коррекция показаний концентрации сажи ( $CS''$ ), учитывающая влияние температуры, давления и пленки сажи производится в соответствии с уравнениями [4].

$$CS'' = 100 \left[ 1 - (1 - 0.01 \cdot CS')^{\frac{L_0 P_0}{L T_0 P}} \right]$$

где  $L_0, L$  — нормальное и приведенное значение фотометрической базы (в соответствии с ISO 11614  $L_0 = 0.43\text{m}$ );

$P_0, P$  — нормальное и реальное значение давления ( $P_0 = 100 \text{ кПа}$ )

$T_0, T$  — нормальное и реальное значение температуры отработавших газов ( $T_0 = 373\text{K}$ )

Коэффициент пропускания потока пленкой сажи определяется формулой:

$$K_{nc} = y^{-b_c \cdot h}$$

где  $b_c$  — коэффициент рассеяния пленкой сажи;

$h$  — толщина пленки сажи

На рис. 2 приведен пример моделирования образования пленки сажи в различных режимах работы двигателя.

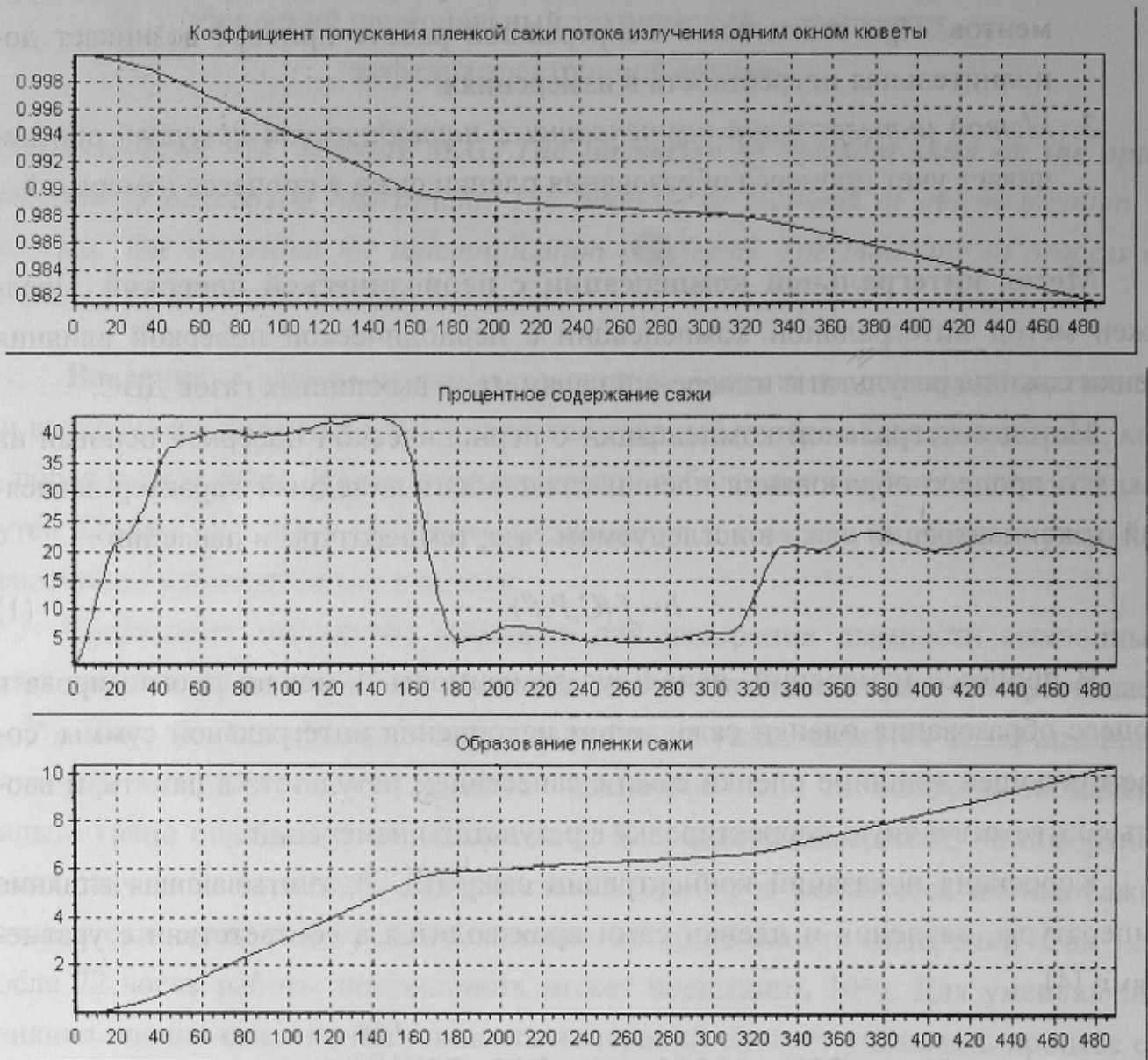


Рисунок 2 – Процесс образования пленки сажи при различных режимах работы двигателя

Как видно из рисунка скорость образования пленки сажи носит линейный характер в пределах стационарного режима работы двигателя. Для программной реализации метода интегральной компенсации достаточно выявить зависимость скорости образования пленки сажи от процентного содержания сажи (режима работы двигателя).



Как показали исследования, результат измерений существенно зависит от образования пленки сажи на оптических элементах. Приведенные на рис. 2 результаты моделирования соответствуют приблизительно 72 часам непрерывной работы измерительного прибора. В результате рассеяние светового потока пленкой сажи составило 1,8%.

Получая величину оптической плотности среды от измерительного элемента, и зная зависимость образования пленки сажи на поверхностях прибора можно проводить прогнозирование процесса образования пленки сажи и своевременно учитывать, включая его, как постоянную составляющую погрешности измерений. Для этого предлагается, чтобы помимо выдачи информации об измеряемом параметре велась статистика этих параметров для учета их влияния на процесс измерения.

### **Заключение.**

Предложенный метод позволяет учесть процесс формирования пленки сажи на поверхностях оптических элементов газоаналитических измерительных приборов и компенсировать, возникающую при этом составляющую погрешности измерений дымности а так же других параметров выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.

### **Литература**

1. Бочкова О.П., Шрейдер Е.Я. Спектральный анализ газовых смесей. — М.: Физматгиз, 1963. — 308 с.
2. Бреслер П.И. Оптические абсорбционные газоанализаторы и их применение. — Л.: Энергия, 1980. — 184 с.
3. Павленко В.А. Газоанализаторы. — М.: Л.: 1965. — 296 с.
4. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. ГОСТ 8. 207–76
5. Hafner M., Schüller M., Nelles O. Neural net models for diesel engines – simulation and exhaust optimization. — Darmstadt University of Technology, Institute of Automatic Control. — [www3.rtf.e-technik.tu-darmstadt.de/~hafner/pdf/eufit98.pdf](http://www3.rtf.e-technik.tu-darmstadt.de/~hafner/pdf/eufit98.pdf)

Сдано в редакцию: 25.03.2003г.

Рекомендовано к печати: д.т.н., проф. Зори А.А.