

SAE Technical Paper Series 890181, 1989.-11р. 2. Поливянчук А.П., Звонов В.А. Измерительный комплекс для определения массовых выбросов твердых частиц дизелей. // Авиационно-космическая техника и технология. Тепловые двигатели и энергоустановки. Сб. науч. тр. / ХАИ. -Х., 2000. -Вып. 19.- С.478 - 481. 3. Поливянчук А.П. Микротуннель для измерения массовых выбросов твердых частиц от дизельных двигателей локомотивов. // Авиационно-космическая техника и технология. Тепловые двигатели и энерго-

установки. Сб. науч. тр. /ХАИ. -Х., 2001.-Вып. 26.-С. 195-198. 4. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Тіпу и Mega фирмы «АТМЕL» – М.:Издательский дом «Додэка-ХХI», 2004. – 560 с. 5. Звонов В.А., Марченко А.П., Парсаданов И.В., Поливянчук А.П. Оценка выброса твердых частиц с отработавшими газами автотракторного дизеля. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. - №2. – С.64-66.

УДК 004.4:[621.4+681.78]

О.М. Трунов, канд. техн. наук

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ПАЛЬНОГО ТА ВИКИДНИХ ГАЗІВ ЗА ДАНИМИ СПЕКТРОГРАМ

Потенційні можливості неруйнуючої спектрофотометрії (НСФ) привертають увагу дослідників в усьому світі [1,2,3]. Вже достатньо детально досліджені питання конструкторсько-технологічного характеру створення джерел і приймачів випромінювання, оптоволоконних засобів постачання світлових потоків до зони обстеження та інше [4-9]. Багато публікацій у спеціальній літературі присвячено розробці фізико-математичних моделей та алгоритмів, що описують процеси взаємодії електромагнітних хвиль ультрафіолетового, інфрачервоного та видимого спектру з біологічними речовинами і середовищами, і математичними методами розрахунку рівня і складу речовини. Апаратні засоби НСФ реєструють світлові потоки, отримані від досліджуваних поверхонь, попередньо здійснюючи необхідну їх обробку шляхом розкладу у спектри або кодування, подавлення шумів, підсилення корисного сигналу, перетворення у електричний сигнал, після чого його фільтрують та оцифровують. Подальші перетворення та інтерпре-

тація інформації в силу непрямого характеру вимірювань відбуваються на рівні обчислювальних або інтерпретуючих алгоритмів, які реалізуються тільки програмно. Таким чином, алгоритмічно-програмне забезпечення (ПЗ) відіграє ключову роль у питанні збору, обробки і візуалізації інформації у параметрах зрозумілих користувачу. Тому питання принципів побудови і функціонування системного ПЗ для НСФ є актуальним. Однак, теоретичні засади кількісного аналізу, що пов'язують флуктуації інтерферограм із концентрацією у складі пального речовин: води, сірки, важких вуглеводів та інших, або у викидних газах таких шкідливих складників як *CO*, *NO*.

Головною не розв'язаною проблемою, що ускладнює розв'язок задачі формування базових принципів організації ПЗ багатофункціональних приладів НСФ є відсутність єдиної стандартної структури приладу, у якому уніфіковані апаратні засоби, а також недосконалість опису процесів перетворень і

обробки сигналів і процедур визначення параметрів.

Поставимо за мету розробити узагальнену процедуру визначення складу речовини за умов наявності засобів утворення та реєстрації та калібровки інтерферограм для відомого складу речовин, що досліджуються.

Постановка задачі дослідження

Припустимо, прилад містить елементи, що дозволяють отримати та зареєструвати інтерфераційну картину, яка утворена опроміненням склад якого змінено за рахунок взаємодії з речовиною будь то пальне або викидний газ температуру якого зафіксовано. Введемо позначення:

I_I - фактична інтенсивність зображення, яка відповідає інтерференційній картині;

I_{kd} - інтенсивність зображення, яка спостерігається камерою за умов закритого об'єктиву;

$I_{ko\alpha}$ - інтенсивність зображення, яка спостерігається камерою у поляризованих променях під кутом α до площини аналізатора;

$I_{kod\alpha}$ - інтенсивність зображення, яка спостерігається камерою у поляризованих променях під кутом α до площини аналізатора за умов закритого об'єктиву;

I_{kof} - інтенсивність зображення, яка спостерігається камерою у звичайних променях;

I_{kdof} - інтенсивність зображення, яка спостерігається камерою у звичайних променях за умов закритого об'єктиву.

$$I_{kon} = (I_{ko\alpha} - I_{kod\alpha}) - (I_{kof} - I_{kdof})$$

Перетворенні таким чином значення інтенсивності зображення визначають фактичну картину за умов наявності калібрівочних кривих для кожного з пікселів:

$$I_I(x, y) = F_p(I_{kon}(x, y))$$

Поставимо задачу розбудови алгоритму визна-

чення функціональних залежностей інтерференційної картини від складу та концентрації градієнтів пального або викидних газів ДВС.

Алгоритмічні засади побудови ПЗ

Більшість із існуючих робіт спирається на алгоритми спектрального аналізу у основі яких покладено пряме перетворення Фур'є. Однак такі алгоритми нездатні пов'язати зміни у інтерферограмі із концентрацією складників суміші. Спираючись на відомі властивості характеру взаємодії електромагнітних хвиль ультрафіолетового, інфрачервоного та видимого спектру з біологічними речовинами і середовищами, розглянемо два варіанти:

-по-перше розклад за відомим спектральним складом;

-по-друге інтегральне косинус перетворення Фур'є.

Розклад у ряд за заданим набором довжин хвиль

Знайдемо коефіцієнти апроксимації інтенсивності зображення розкладом його у ряд за заданим спектром

$$I_j(x, y^*) = a_0 + \sum_{k=1}^N b_k(y^*) \cos \frac{d}{\lambda_k} \cdot x_j$$

для спрощення далі покладемо, що розклад здійснюємо для одного значення координати y^* . Відповідно до методу найменших квадратів після диференціювання суми квадратів нев'язок за кожним з параметрів утворимо систему рівнянь:

$$\sum_{j=1}^m \left[I_{Ij} - a_0 - \sum_{k=1}^N b_k \cos \frac{d}{\lambda_k} \cdot x_j \right] = 0, k, q = \overline{1, N}$$

$$\sum_{j=1}^m \left[I_{Ij} - a_0 - \sum_{k=1}^N b_k \cos \frac{d}{\lambda_q} \cdot x_j \right] \cos \frac{d}{\lambda_k} \cdot x_j = 0$$

Позначивши відповідні суми:

$$S_0 = \sum_{j=1}^m I_{Ij}, S_k = \sum_{j=1}^m I_{Ij} \cdot \cos \frac{d}{\lambda_k} \cdot x_j$$

$$S_{N+i} = -\sum_{j=1}^m \cos \frac{d}{\lambda_i} \cdot x_j, i = \overline{1, N}, q = \overline{1, N}$$

$$S_{(q+1)N+k} = -\sum_{j=1}^m \cos \frac{d}{\lambda_q} \cdot x_j \cdot \cos \frac{d}{\lambda_k} \cdot x_j, k = \overline{1, N}$$

після алгебраїчних перетворень запишемо вихідну систему у матричному вигляді

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1q} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2q} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{q1} & a_{q2} & \dots & a_{qq} & \dots & a_{qN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{Nq} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_q \\ \dots \\ b_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_q \\ \dots \\ C_N \end{bmatrix},$$

де позначені коефіцієнти a та C
 $a_{qk} = S_{N+q} \cdot S_{N+k} - mS_{(q+1)N+k}, C_q = mS_q - S_0 S_{N+q}$, тоді
 коефіцієнти розкладу у ряд запишемо

$$a_0 = -(S_0 + \sum_i^N S_{N+i} b_i) / m, b_k = \frac{\Delta b_k}{\Delta}, k = \overline{1, N}.$$

Косинус перетворення

Скориставшись інтегральним косинус перетворенням та задавшись нормою - максимальним значенням образу, подамо відносні коефіцієнти відповідно до методу рекурентної апроксимації (МРА) [9] розкладаючи ліву та праву частину

$$\begin{aligned} \bar{B}(\omega_k) &= \frac{a}{B_{\max 0}} \int_0^a \cos(\omega_k x) I(x) dx = \\ \bar{B}(\omega_k) + \Delta k_n \sum_{m=1}^M \frac{\partial^m \bar{B}(\omega_k)}{m! \partial k^m} \Delta k_{n-1}^{m-1}, \\ & \int_0^a \cos(\omega_k x) I(x) dx = \\ &= a \int_0^1 \left[\cos(\omega_k a \bar{x}_0) I(\bar{x}_0) + \cos(\omega_k a \bar{x}_0) \frac{\partial I(\bar{x}_0)}{\partial x} \Delta x_n \right. \\ & \left. - a(\omega_k \Delta \bar{x}_n + \bar{x}_0 \frac{\partial \omega_k}{\partial k} \Delta k) \sin(\omega_k a \bar{x}_0) I(\bar{x}_0) \right] d\bar{x} \end{aligned}$$

Припустивши диференційованість та наявність

відмінних від нуля значень хоча б однієї з похідних прообразу подамо зміни спектрального складу

$$k_{n+1} = \left[\int_0^1 \left[\cos(\omega_k \bar{x}_0) I(\bar{x}_0) - \omega_k \sin(\omega_k \bar{x}_0) \Delta x_n I(\bar{x}_0) + \right. \right. \\ \left. \left. + \cos(\omega_k \bar{x}_0) \Delta x_n \frac{\partial I(\bar{x}_0)}{\partial x} \right] \frac{a d\bar{x}}{B_{\max}} - \right. \\ \left. \square \left[\sum_{m=1}^M \frac{\partial^m \bar{B}(\omega_k)}{m! \partial C^m} \Delta C_{n-1}^{m-1} \right]^{-1} + k_n \right.$$

Визначення концентрації

Відповідно до припущення, що інтерферограма реєструє зміни концентрації та складу речовини і безумовно залежить від спектрального складу вихідного опромінення, то при наявності каліброваних інтерферограм не складно отримати відносний спектральний склад, що враховує також властивості оптичного тракту приладу.

$$\begin{aligned} \bar{B}(\omega_k) &= \frac{a}{B_{\max 0}} \int_0^1 \cos(\omega_k \bar{x}) I(\bar{x}, k, C) d\bar{x} = \\ \frac{a}{B_{\max 0}} \int_0^a \cos(\omega_k \bar{x}) F(\bar{x}, k, C_n) d\bar{x} + \Delta C_n \sum_{m=1}^M \frac{\partial^m \bar{B}(\omega_k)}{m! \partial C^m} \Delta C_{n-1}^{m-1} \end{aligned}$$

Тоді декодування будь якої спектральної картини подається через еталонні картини, а концентрація визначиться

$$C_{n+1} = \left[\frac{a}{B_{\max 0}} \int_0^1 \cos(\omega_k \bar{x}) I(\bar{x}, k, C_n) d\bar{x} - \bar{B}(\omega_k) \right] \\ \square \left[\sum_{m=1}^M \frac{\partial^m \bar{B}(\omega_k)}{m! \partial C^m} \Delta C_{n-1}^{m-1} \right]^{-1} + C_n$$

Особливості будови структури ПЗ

Системний підхід до аналізу структури НСФ і принципів функціонування апаратних і алгоритмічних методів обробки і представлення інформації приводить до необхідності реалізації багаторівневої модульної структури із означенням наступних компонентів:

- набори драйверів та утиліт, призначених для калібрування блоків приладу, тестування, само діагностування та керування приладом безпосередньо користувачем;

- багаторівневий графічний інтерфейс користувача із такими компонентами як інтерфейс калібрування та керування приладом, візуалізації та перегляду інформації, що діагностується, про зразки об'єктів, що діагностуються на першому, другому та третьому рівнях представлення і інтерпретації інформації, інтерфейс вводу текстової та графічної інформації до бази даних і бази знань по зразках, що досліджуються;

- комплект алгоритмів та програм результатів діагностики на 2-му рівні інтерпретації результатів розв'язку зворотних задач;

- процедуру регуляції розв'язків;

- базу даних і базу користувача із набором вихідної інформації та можливості її розширення по мірі експлуатації НСФ;

- комплект статистики, імовірнісних вирішальних правил, побудованих як розв'язок задачі нечіткого математичного програмування;

- динамічний компонувальник додаткових і більш досконалих обчислювальних алгоритмів та процедур. Найбільш ефективною методикою формування інтерфейсу користувача є компромісне узгодження вимог які входять у протиріччя. В процесі пошуку розв'язку поставленої задачі створення ПЗ модульної структури для визначення складу пального та викидних газів враховано особливості предметної області, специфіку опису та аналізу задачі, способи представлення результатів та загальні вимоги до сучасних ПЗ уніфікованість, адаптивність та інтерактивність інтерфейсу користувача, функціональну відкритість. Інтерфейс розробленої програми калібрування зображення має наступну модульну структуру:

- модуль накопичення даних експериментів калібрувань;

- модуль графічного відображення даних про компоненти RGB чутливого елементу;

- модуль калібрування зображення із заздалегідь заданих компонент RGB;

- модуль визначення якості чутливого елементу;

- модуль візуалізації якості чутливого елементу

- модуль визначення компонентів по розкладу у ряд по косинусам

- модуль визначення компонентів за допомогою кінцево-інтегрального перетворення - косинус перетворення Фур'є.

Серед загальних вимог до інтерфейсу користувача найважливішими, що вдалось реалізувати є визначені орієнтованістю ПЗ а саме: зрозумілість, зручність, стандартність. Також інтерфейс ПЗ достатньо потужний для вирішення складних задач визначення і подання даних про концентрацію складників і забезпечує можливості опису даних мовою максимально наближеною до предметної області, представляти уніфіковані засоби для гнучкого та адаптивного управління процесом калібрування зображення (рис.1).

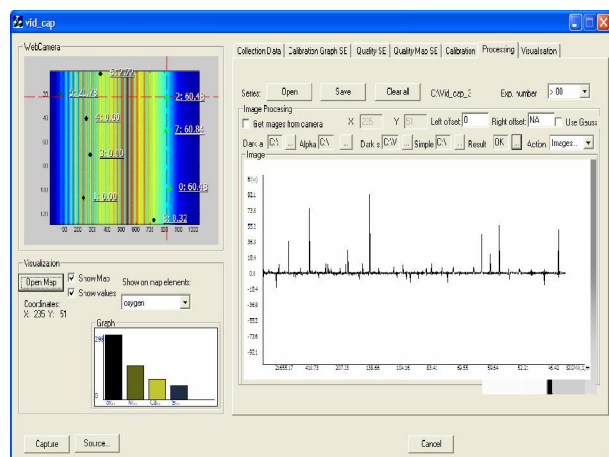


Рис. 1. Інтерфейс формування, обробки двома методами експериментальних даних і подання інформації про склад речовини.

Висновки

Метод кодування інтерферограм разом із реалізацією модульної структури ПЗ дозволяє визначити і

подати дані про концентрацію складників мовою максимально наближеною до предметної області є засобом для гнучкого управління процесом отримання та аналізу інтерферограм.

Список літератури:

1. Трунов О.М., Цекало Є.О. Прикладне програмне забезпечення візуалізації для задач екологічної безпеки. // "Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності". – Миколаїв: МДГУ, 2004. – С. 53-54.
2. Smith W.H., Trounov O.M. Development of software for process control micotoxin contamination. // "Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності". – Миколаїв: МДГУ, 2004. – С. 12.
3. Скопенко Н.А. «Исследование возможностей создания анализаторов

состава газообразных и жидких сред для экспресс анализа». *Дипломная работа, УДМТУ, Николаев, 2002.*
4. Хачатурян Г.В., Рогаткин Д.А. // *Оптика и спектроскопия.* – 1999. – Т.87, № 2. – С. 258-265.
Кравчук А.С. *Основы компьютерной томографии.* – М., 2001.
5. Рамм А.Г. *Мномерные обратные задачи рассеяния.* – М., 1994.
6. Рогаткин Д.А. // *Квант. электрон.* – 2001. – Т. 31, № 3. – С. 279-281.
7. Тучин В.В. *Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях.* – Саратов, 1998.
9. Трунов О.М. *Застосування методу рекуррентної апроксимації до розв'язку нелінійних задач,* – Миколаїв: МДГУ, 1999, 135-142 с.

УДК 629.113

Е.И. Оксень, д-р техн. наук, В.Г. Цокур, канд. техн. наук, Д.Е. Оксень, студ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ВОЗНИКАЮЩИХ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ СО ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ

Введение

Перспективность акустического диагностирования двигателей, агрегатов и систем машин при проведении анализа технического состояния заключается в возможности выявления неисправностей на ранних стадиях их возникновения при относительно небольших трудозатратах. Надёжность выводов о состоянии машины при акустическом диагностировании может быть достигнута при использовании сравнительной количественной оценки спектральной мощности сигналов акустической эмиссии [1] работающих механизмов в исправном и дефектном со-

стоянии. Использование цифровых методов измерения и обработки сигналов [2,3] обеспечивает возможность выполнения аппаратуры контроля, работающей в режиме реального времени. Исследования, направленные на разработку методики диагностирования механизмов двигателей, основанной на оценке сигналов акустической эмиссии, являются актуальными.

1. Формулирование проблемы

При проведении экспериментальных исследований сигналов акустической эмиссии применяют