УДК 665.7

ЛАЗЕРНЫЙ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИЙ ОКТАНОМЕТР В СИСТЕМАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА КОМПАУНДИРОВАНИЯ ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ

© 2009 В. Н. Астапов

Самарский государственный аэрокосмический университет

В работе рассматривается методология построения систем оптимального компаундирования товарных бензинов. Приведены математическая модель «октанового числа» и метод идентификации октановых чисел смешиваемых компонент с применением лазерного оптико-акустического октанометра, для чего решена обратная задача анализа бензиновой смеси с использованием генетического алгоритма.

Лазерный оптико-акустический октаномер, оптимизация, компаундирование, товарный бензин, идентификация, математическая модель, спектральные каналы измерения, калибровка.

1. Постановка задачи оптимизации

Оптимальное решение задачи компаундирования бензинов является целью получения товарного бензина требуемого качества при минимизации его стоимости. Стоимость товарного бензина C_Σ определяется стоимостью c_i и количеством u_i каждого из входящих в него компонентов: $C_\Sigma = \sum c_i u_i$. Поэтому цель задачи управления процессом смешения математически можно представить в следующем виде [1]:

$$C^T U \to \min, \qquad (1)$$

где $C = |c_1,...,c_n|^T$ - вектор стоимости входящих в товарный бензин компонентов;

$U = |u_1,...,u_n|^T$ - вектор величин потоков смешиваемых компонентов; n - число смешиваемых компонентов $n = \overline{2,16}$.

Так как стоимости отдельных компонентов являются на этапе решения задачи (1) определенными величинами, минимизация проводится только по вектору U.

На управляющие воздействия накладываются естественные ограничения, связанные с физическим смыслом этих величин:

$$0 \le u_i \le d, \qquad (2)$$

где i = 1, ..., n, u_i - компоненты вектора U; d - известная величина, равная максимальной пропускной способности трубопроводов, по которым поступают компоненты смеси (предполагается, что все эти трубопроводы одинаковы).

Требованиями устойчивости процесса смешивания вызвана необходимость соблюдения следующих ограничений:

$$|u_i(k+1) - u_i(k)| \le b, \; i = \overline{1,n}, \qquad (3)$$

где k - моменты дискретного времени $k = 0,1, ...$; запись $u_i(k)$ обозначает зависимость величины u_i от конкретного момента времени; b - известная величина, задаваемая оператором-технологом.

Технологические требования к содержанию количества смеси в трубопроводе с конечным продуктом определяют ограничение, физический смысл которого состоит в неизменности величины потока товарного бензина:

$$q^T U(k) = G, \qquad (4)$$

где q - вектор размерности n, все компоненты которого равны единице; G - заранее заданная величина, которая устанавливается оператором-технологом.

Качество товарного бензина нормируется государственными стандартами или стандартами предприятия. Среди нормируемых показателей основным является октановое число Q_S товарного бензина. Требования, предъявляемые к величине Q_S, могут быть записаны в виде

$$\underline{Q_S} \le Q_S \le \overline{Q_S}\ , \qquad (5)$$

где $\overline{Q}_S$, $\underline{Q_S}$ - соответственно верхняя и нижняя допустимые границы октанового числа товарного бензина, получаемого в результате смешивания всех компонент в потоке.

Известно, что чем ниже октановое число нефтепродуктов, тем меньше его стоимость. Поэтому желательно, чтобы октановое число получаемого товарного бензина соответствовало нижней допустимой границе интервала (5):

$$Q_S = \underline{Q_S}\ . \qquad (6)$$

Математическая модель технологического процесса смешивания бензиновых фракций представляет собой нелинейное уравнение [2]:

$$Q = \sum_{j=1}^{N} Q_j^0 x_j + \frac{1}{\sum_{l=1}^{N} g_{lo} x_l} \sum_{j=1}^{N-1} g_{jo} \sum_{r=j+1}^{N} \frac{Q_j^0 - Q_r^0}{1 - g_{jr}} x_j x_r\ , \qquad (7)$$

где Q - октановое число товарного бензина, Q_j^o - октановые числа чистых компонентов, x_j, x_r - мольная доля j –го (r-го) компонента в растворе.

Данное уравнение может быть описано следующим векторным уравнением:

$$Q_S(k) = U(k) Q^* [q^T U(k)]^{-1} + d(k)\ , \qquad (8)$$

где $Q^* = |Q_1^*, ..., Q_n^*|^T$ - вектор октановых чисел компонентов товарного бензина в смешиваемых потоках; $q = |1, ..., 1|^T$ - вектор размерности n, все компоненты которого равны единице; $d(k) = d(U(k), Q)$ - величина, равная второму слагаемому правой части соотношения (7) и характеризующая степень нелинейности процесса; k = 0, 1, … - моменты дискретного времени.

Практика компаундирования топлив свидетельствует, что величина d, характеризующая нелинейность процесса, не превышает некоторой постоянной величины Δ:

$$|d(k)| \le \Delta\ ,\ \forall k \ge 0. \qquad (9)$$

Решение задачи (1) при ограничениях (2) - (6), (9) может быть получено путем вычисления вектора оптимальных управляющих воздействий методами линейного программирования, если известен вектор октановых чисел Q_i компонентов смеси модели (8) .

Однако октановые числа Q_i смешиваемых компонентов точно неизвестны, а известны лишь их интервальные оценки следующего вида:

$$\underline{Q_i} \le Q_i \le \overline{Q_i}\ , \qquad (10)$$

для всех i = 1,2, ... , n.

Поэтому задача оптимизации процесса компаундирования сводится к поочередному решению следующих задач:

- идентификации неизвестных параметров Q модели (8), например по [1];
- решению задачи линейного программирования (1) при ограничениях (2) - (6) и (9).

2. Идентификация параметров математической модели

В [1] рассматривается алгоритм идентификации, использующий эллипсоидальные оценки множеств возможных значений искомых параметров. Однако решение данных алгоритмов требует больших затрат времени. Поэтому предлагается для идентификации октановых чисел смешиваемых компонент использовать лазерный оптико-акустический (ЛОА-) октанометр [2, 3]. Применим генетический алгоритм для решения обратной задачи анализа бензиновой смеси (определения концентраций, что соответствует октановым числам компонент товарного бензина) методом подбора квазирешений.

В системах адаптивного управления компаундированием товарных бензинов необходимо знать точную концентрацию (октановое число) каждого компонента в смеси товарного бензина, что позволяет точно выдерживать рецептуру компаундирования и получать качественный бензин с заданным

октановым числом с первого цикла смешения.

Используя генетический алгоритм (ГА), решим систему уравнений ЛОА-октанометра в общем виде (в виде системы нелинейных интегральных уравнений).

Рассмотрим модификацию алгоритма эволюционно-генетической стратегии, описанного в [4], применительно к задаче анализа товарного бензина. Будем решать обратную задачу многокомпонентного ЛОА-анализа с учетом неселективного поглощения в приближении линейного поглощения, предполагая, что спектральные каналы измерения были выбраны попарно близко друг от друга, так что показатели неселективного поглощения в каждой паре каналов равны друг другу.

В этом случае для определения концентраций компонент в K-компонентной бензиновой смеси необходимо решить систему из 2K линейных уравнений (11). Здесь неизвестными являются значения концентраций компонент бензиновой смеси и значения показателей неселективного поглощения.

Когда спектральные каналы выбраны попарно достаточно близко, то для каждой пары каналов показатели b_i можно принять равными константе. В матричной форме система линейных алгебраических уравнений лазерного ОА-октанометра имеет вид [4]:

$$\boldsymbol{KN} + b = \boldsymbol{y}, \qquad (11)$$

где $\boldsymbol{K}$ – матрица коэффициентов поглощения компонент исследуемой бензиновой смеси размерностью M x $M/2$:

$$\boldsymbol{K} = \begin{bmatrix} k_1(l_1) & k_2(l_1) \dots k_k(l_1) \\ k_1(l_2) & k_2(l_2) \dots k_k(l_2) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ k_1(l_M) & k_2(l_M) \dots k_k(l_M) \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \dots k_{1k} \\ k_{21} & k_{22} \dots k_{2k} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ k_{M1} & k_{M2} \dots k_{Mk} \end{bmatrix};$$

$\boldsymbol{N}$ – $M/2$-мерный вектор долей (концентраций) компонент бензиновой смеси ($M/2=K$):

$$\boldsymbol{N} = \begin{bmatrix} N_1 \\ . \\ . \\ N_{M/2} \end{bmatrix};$$

b - M-мерный вектор показателей фонового неселективного поглощения:

$$b = \begin{bmatrix} b(l_1) \\ b(l_2) = b(l_1) \\ . \\ b(l_{M-1}) \\ b(l_M) = b(l_{M-1}) \end{bmatrix};$$

$\boldsymbol{y}$ – M-мерный вектор правых частей системы уравнений (11):

$$\boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} y(l_1) \\ y(l_2) \\ . \\ y(l_{M-1}) \\ y(l_M) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ . \\ y_{M-1} \\ y_M \end{bmatrix}.$$

Перейдем от системы (11) к системе разностных уравнений (вычитая попарно уравнения, для которых можно положить показатели b_I = const). В этом случае вместо (11) имеем

$$\boldsymbol{\tilde{K}N} = \boldsymbol{\tilde{y}}, \qquad (12)$$

где $\boldsymbol{\tilde{y}}$ - $M/2$-мерный вектор правых частей системы уравнений (12):

$$\boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} \tilde{y}_1 \\ \tilde{y}_2 \\ . \\ \tilde{y}_{(M-1)/2}) \\ \tilde{y}_{M/2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 - y_2 \\ y_3 - y_4 \\ . \\ y_{M-3} - y_{M-2} \\ y_{M-1} - y_M \end{bmatrix};$$

$\tilde{K}$ - матрица разностей коэффициентов поглощения компонент исследуемой бензиновой смеси размерностью *M*/2 x *M*/2:

$$\boldsymbol{K} = \begin{bmatrix} \tilde{k}_{11} & \tilde{k}_{12} \ldots \tilde{k}_{1k} \\ \tilde{k}_{21} & \tilde{k}_{22} \ldots \tilde{k}_{2k} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \\ \tilde{k}_{M1} & \tilde{k}_{M2} \ldots \tilde{k}_{Mk} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} k_{11} - k_{21} & k_{12} - k_{22} & \ldots & k_{1k} - k_{2k} \\ k_{31} - k_{41} & k_{32} - k_{42} & \ldots & k_{3k} - k_{4k} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & & & \\ k_{(M-1)1} - k_{M1} & k_{(M-1)2} - k_{M2} & \ldots & k_{(M-1)k} - k_{Mk} \end{bmatrix}.$$

Для уравнения (12) квазирешение находится из условия

$$r(\tilde{K}N, \tilde{y}) = \inf_{N \in D} r(\tilde{K}N, \tilde{y}), \qquad (13)$$

где на множество D наложены ограничения, обусловленные физической постановкой задачи компаундирования и анализа товарных бензинов.

Возможно наложение и более строгих ограничений, например диапазона изменения концентраций компонент в анализируемой бензиновой смеси.

Рассмотрим особенности построения ГА для решения задачи (11) методом подбора квазирешения. Каждый индивид, кандидат на решение $S\{m, g\}$ (m – номер индивида в популяции, g – номер поколения) включает в себя все неизвестные параметры задачи – гены, разделенные на две хромосомы длиной K (рис. 1), одна из которых – вектор неизвестных концентраций компонент, а вторая – вектор неселективного поглощения. Хромосомы кодировались с плавающей точкой – это наиболее подходящее кодирование для данной задачи.

За целевую функцию (функцию пригодности индивидов) возьмем функционал невязки вида

$$F(S) = \frac{1}{2K} \sum_{i=1}^{2K} (y_j - y_j^S)^2, \qquad (14)$$

где S – индивид, для которого вычисляется целевая функция; y_j – значение измеренного сигнала в j-м спектральном канале; y_j^S – рассчитанное значение сигнала в j-м спектральном канале, полученное путем подстановки значения гена индивида S в левую часть системы уравнений (11):

$$y_j^S = \sum_{i=1}^{K} k_{ij} N_i^S + b_{[j/2]+1}^S; \qquad (15)$$

N_i^S – ген i-й неизвестной концентрации индивида S; $b_{[j]}^S$ - ген j-го неизвестного показателя фонового поглощения индивида S.

Необходимо решить задачу минимизации функции $F(S)$ вида (14).

Лучшей приспособленностью (большей жизнеспособностью в процессе эволюции) соответственно будут обладать индивиды с меньшим значением целевой функции. Область поиска ограничивается областью допустимых значений неизвестных переменных (ареалом), основанной на физическом смысле решаемой задачи анализа товарных бензинов.

Введем физические ясные ограничения:

- значения относительных концентраций (долей) компонентов бензиновой смеси, имеющие физический смысл (рецептура товарного бензина), должны находиться в диапазоне [0,1];

- сумма всех относительных концентраций (долей) компонент товарного бензина должна быть равна единице;

- значения показателей неселективного поглощения, удовлетворяющие физическому смыслу, должны быть всегда больше или равны нулю:

$$\begin{aligned} & 0 \le N_i \le 1, \; i = 1, 2, \ldots, K; \\ & \sum_{i=1}^{K} N_i = 1; \\ & b_j \ge 0, \; j = 1, 2, \ldots, 2K. \end{aligned} \qquad (16)$$

Ареал в некоторых случаях можно сократить дополнительно. Например, значения концентраций (долей) компонент N_i товарно-



Рис.1. Неизвестные параметры задачи лазерного оптико-акустического октанометра

го бензина можно ограничить сверху и снизу значениями, регулируемыми другими качественными параметрами бензина (содержанием серы, давлением насыщенных паров, плотностью и т.д.).

В начале работы ГА сформируем стартовую популяцию. Затем на каждой итерации к индивидам популяции будем применять генетические операторы отбора, репродукции, мутации и селекции.

Рассмотрим конкретную реализацию используемых в данном алгоритме генетических операторов.

Задание стартовой популяции. На начальном этапе работы алгоритма необходимо сформировать стартовую популяцию. Для этого случайным образом формируется M индивидов $S\{m,0\}$, т.е. задается M вариантов векторов начальных концентраций компонент бензиновой смеси и векторов неселективного поглощения:

$$S\{m,0\} = (N_1^{(m,0)},\ N_2^{(m,0)}, \dots,\ N_i^{(m,0)}, \dots, N_K^{(m,0)};\ b_1^{(m,0)},\ b_2^{(m,0)}, \dots,\ b_i^{(m,0)}, \dots,\ b_K^{(m,0)}), \quad (17)$$

где $m = 1, \dots, M$.

Для полученных индивидов $S\{m,0\}$ стартовой популяции вычисляется целевая функция (14).Стартовая популяция сортируется по возрастанию целевой функции $F(S\{m,0\})$ (наименьший индекс m соответствует наименьшему значению целевой функции) и используется как популяция предков на первой итерации работы алгоритма.

Отбор. Отбор индивидов из популяции предков для участия в репродукции осуществляется с использованием ранжирования по нормальному закону. Расчет вероятности выбора $P(S\{m,g\})$ индивида осуществляется по формуле

$$P(S\{m,g\}) = \begin{cases} \left\{\sqrt{\frac{2}{p}}\frac{3}{M}\int_{m-1}^{m}\exp\left(\frac{-9x^2}{2M^2}\right)dx, & 1 \le m \le M-1 \\ \left\{\sqrt{\frac{2}{p}}\frac{3}{M}\int_{m-1}^{\infty}\exp\left(\frac{-9x^2}{2M^2}\right)dx, & m = M. \end{cases} \quad (18)$$

В результате с наибольшей вероятностью отбираются индивиды с меньшими значениями целевой функции.

Репродукция. К каждой паре индивидов $S\{m1,\}, S\{m2,g\}$ популяции предков, прошедших оператор отбора, применяется оператор репродукции – модифицированный вариант равномерного кроссинговера и образовывается один новый индивид $S'\{l, g\}$ популяции потомков. Заполнение хромосом нового индивида осуществляется следующим образом:

$$N_i^{(l,g)} = \begin{cases} N_i^{\{m1,g\}}, & \text{åñëè} \quad p_1 = 0; \\ N_i^{\{m2,g\}}, & \text{åñëè} \quad p_1 = 1; \end{cases}$$

$$b_i^{\{l,g\}} = \begin{cases} b_i^{\{m1,g\}}, & \text{åñëè} \quad p_2 = 0; \\ b_i^{\{m2,g\}}(1+w), & \text{åñëè} \quad p_2 = 1, \end{cases} \quad (19)$$

где l=1, …, M_c – номер индивида популяции потомков; $N_i^{\{l,g\}}$ – значения генов концентраций индивида, подвергаемого мутации; $N_t^{\{l,g\}}{}_{mut}$ – значения генов концентраций индивида после мутации; $b_i^{\{l,g\}}$ - значения генов показателей неселективного поглощения индивида, подвергаемого мутации; $b_i^{\{l,g\}}{}_{mut}$ - значения генов показателей неселективного поглощения индивида после мутации; P_3,p_4 – случайные величины, принимающие значения 0 и 1; w – случайная величина, распределенная по нормальному закону с математическим ожиданием, равным нулю, и дисперсией, равной s^2, причем значение дисперсии случайной величины w меняется (адаптируется) в процессе эволюции.

Для индивидов популяции потомков, прошедших оператор мутации, вычисляются значения целевой функции (14).

Селекция. Для переноса лучших индивидов текущего поколения в следующее поколение используется оператор элитной селекции. При этом в селекции участвуют все индивиды популяции потомков и лучший индивид популяции предков. В результате, из M_c+1 индивидов выбирается M наилучших (с точки зрения малости целевой функции). Отобранные индивиды располагаются по возрастанию значений целевой функции и используются на следующем этапе в качестве поколения предков.

Таким образом, на каждой итерации работы генетического алгоритма сначала к популяции предков из M индивидов $S\{m,g\}$ применяются операторы отбора и репродукции, в результате чего образуется популяция потомков из M_c индивидов $S'\{l,g\}$. Популяция потомков подвергается мутации. Далее в результате применения оператора селекции M лучших индивидов образуют популяцию предков следующего поколения $S\{m,g=1\}$.

Адаптация дисперсии мутации. Один раз в G_M поколений осуществляется изменение значения дисперсии s^2 случайной величины W в зависимости от относительной частоты f (f=G_{dec}/G_M, где G_{dec} – число поколений, в которых произошло уменьшение целевой функции) уменьшения целевой функции $F(S\{0,g\})$ лучшего индивида $S\{0,g\}$ поколения, посчитанной за эти G_M итераций. Причем, если частота уменьшения целевой функции мала, то значение дисперсии s^2 уменьшают, предполагая, что эволюция находится в области минимума и необходимо проводить более точный поиск. В случае высокой частоты уменьшения целевой функции значение дисперсии, наоборот, увеличивают. Тем самым увеличивают скорость процесса эволюции в области поиска, удаленной от минимума. Адаптация дисперсии мутации производится по следующему закону:

$$s_{\text{№}}^2 = \begin{cases} s^2 \cdot a, & \text{åñëè } f > f_p; \\ s^2 / a, & \text{åñëè } f \le f_p, \end{cases}$$

где $s_{\text{№}}^2$ - новое значение дисперсии мутации; s^2 - предыдущее значение дисперсии мутации; $a > 1, 0 < f_p < 1$ - некоторые числа.

Типовые значения параметров a и f_p, применимые для широкого класса задач, могут быть взяты из [4]:

$$f_p \cong 0,2; \quad a \cong 1,22.$$

Остановка итераций. Остановка итераций алгоритма происходит, когда значение целевой функции лучшего индивида популяции станет меньше некоего порога:

$$F(S\{0,g\}) \le Q_{thr}. \qquad (20)$$

Здесь $S\{0,g\}$ - лучший индивид поколения g; Q_{thr} – порог остановки итераций алгоритма.

В качестве порога Q_{thr}, например, может быть взято значение средней дисперсии измеренного сигнала (в случае, если это значение известно). В других случаях в качестве порога Q_{thr} можно использовать величину, определенную в результате предварительного моделирования.

Для устранения возможного зацикливания алгоритма или чрезмерно долгой его работы условие (20) может быть скомбинировано с условием окончания работы по достижению некоторого числа поколений:

$G = G_{max}$,

где G_{max} – поколение, в котором должна быть остановлена работа алгоритма.

По окончании итераций хромосомы лучшего индивида $S\{0, g\}$ (с точки зрения наименьшего значения целевой функции) выбираются за компоненты концентраций (долей) бензиновых компонент N_i и показатели неселективного поглощения b_j искомого квазирешения.

3. Этапы работы ЛОА-октанометра в режиме определения долей компонентов в бензиновой смеси

Работа ЛОА-октанометра состоит из следующих этапов.

1. Определение оптимального набора спектральных каналов измерения.

2. Измерение величины поглощения лазерного излучения анализируемой смесью.

3. Обработка результатов измерений и определение значений долей компонент в бензиновой смеси.

На первом этапе работы ЛОА-октанометра для заданного состава анализируемой бензиновой смеси определяется оптимальный набор спектральных каналов измерения (НСКИ), учитывающий спектральные характеристики компонентов, входящих в смесь, мощности лазерного излучения в отдельных спектральных каналах, а также характеристики измерительной аппаратуры. Для смеси, состоящей из K бензиновых компонент, выбирают $2K$ каналов измерения (для реализации режима дифференциального поглощения). Режим дифференциального поглощения позволяет исключить влияние неселективного поглощения и фоновых сигналов, имеющих слабую спектральную зависимость. Поиск оптимального НСКИ оператором вручную для многокомпонентных смесей требует больших затрат времени либо вообще невозможен. В составе программного обеспечения ЛОА-октанометра реализована автоматизированная система поиска НСКИ.

На втором этапе анализа осуществляется измерение поглощения анализируемой бензиновой смеси. Программное обеспечение, управляющее процессом измерения, состоит из двух частей. Одна часть входит в состав программного комплекса, который реализует алгоритм определения НСКИ и на основе выбранного НСКИ выдает команды на измерение для второй части программного обеспечения.

Такая архитектура управляющей системы позволяет выполнять процессы управления ЛОА-октанометром, измерения и предварительной обработки сигналов параллельно работе первой части программного обеспечения, которая реализована на персональном компьютере. Данная распределенная система позволяет уменьшить время на проведение анализа бензиновой смеси и повысить надежность измерительного комплекса.

На третьем этапе обработки результатов измерений осуществляется определение долей компонентов анализируемой бензиновой смеси.

ЛОА-октанометр может выполнять качественный анализ товарных бензинов. В режиме мониторинга товарного бензина осуществляется сглаживание полученных значений долей компонентов смеси и сравнение их с рецептурными значениями компаундирования товарных бензинов.

4. Калибровка ЛОА-октанометра

Прежде чем проводить с помощью ЛОА-октанометра многоспектральные измерения показателя поглощения анализируемой бензиновой смеси, по результатам которых можно рассчитать доли компонент этой смеси и определить октановое число, октанометр должен быть откалиброван.

При калибровке ЛОА-октанометра определяется постоянная оптико-акустической ячейки (ОА-ячейки) $K_я$:

$$K_{ÿ} = \frac{\dfrac{U^{on}}{U^{on}_{ÎÏ}} - \dfrac{U^{off}}{U^{off}_{ÎÏ}}}{N_{èçî}\,(k^{on}_{èçî} - k^{off}_{èçî})}, \qquad (21)$$

где $N_{изо}$ – концентрация (доля) изооктана в калибровочной смеси ($N_{изо}$=0,95); $k^{on}_{èçî}$, $k^{off}_{èçî}$ - коэффициенты поглощения изооктана в *on-, off*-спектральных каналах соответствен-

но; U^{on}, U^{off} – амплитуды акустического сигнала, измеренные в *on-*, *off*-спектральных каналах соответственно; U_{ij}^{on}, U_{ij}^{off} - амплитуды опорного сигнала, измеренные в *on-*, *off*-спектральных каналах соответственно.

Для калибровки ЛОА-октанометра ОА-ячейка заполняется смесью известного состава. Коэффициенты поглощения компонент, входящих в состав этой смеси, известны с высокой точностью. В качестве калибровочной смеси принято использовать 2-х компонентную смесь изооктана (95%) и н-гептана (5%).

После заполнения ОА-ячейки калибровочной смесью производится измерение амплитуд акустического U и опорного $U_{оп}$ сигналов. Для устранения влияния неселективного поглощения измерения проводят в паре спектральных каналов, один из которых (*on*-канал) соответствует максимуму поглощения изооктана, а другой (*off*-канал) находится близко от *on*-канала и поглощение изооктана в этом спектральном канале мало. Неточность определения постоянной ячейки как систематическая погрешность существенно влияет на точность измерения показателей поглощения и, соответственно, концентраций (долей) компонент бензиновой смеси и определения октанового числа анализируемого бензина.

Поэтому к калибровке ЛОА-октанометра предъявляются высокие требования, заключающиеся в точности измерения амплитуд сигналов и точности задания состава калибровочной смеси.

Библиографический список

1. Астапов В. Н., Бакан Г. М., Сальников Н. Н. Оценивание с помощью эллипсоидов параметров линейной регрессии при линейных ограничениях на вектор входных переменных //Автоматика. – 1993. - №1. - С.28-34.

2. Астапов В. Н., Бакан Г. М., Коцюба А. Т., Одинцова Е. А. Математическое моделирование технологического процесса смешивания бензиновых фракций //Автоматика. – 1992. - №5. – С. 31 – 37.

3. Астапов В. Н. Физические основы оптико-акустического метода контроля качества углеводородных топлив // Научные труды VII международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики». Кн. «Приборостроение». Московская государственная академия приборостроения и информатики. - М.: МГАПИ, 2005. – С. 19-23.

4. Schoeneburg E., Heinmann F., Feddersen S. Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien: Eine Einfuerung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution. – Bonn; Paris; Readin; Mass. [u.a.]: Addison-Wesley, 1994.

References

1. Astapov V. N, Bakan G. M, Salnikov N. N. Estimation of linear regression parameters with the aid of ellipsoids with linear constraints on the vector of input variables. // Automatics. – 1993. – No. 1. pp. 28-34.

2. Astapov V. N, Bakan G. M, Kotsyuba A. T., Odintsova Ye. A. Mathematical modeling of petroleum fraction mixing process // Automatics. – 1992. – No. 5. – pp. 31-37.

3. Astapov V. N. Physical foundations of the optico-acoustical method of hydrocarbon fuel quality control // Transactions of the VIIth international practical science conference «Fundamental and applied problems of instrument engineering, information science and economics». “Priborostroyeniye”. Moscow State Academy of Instrument Engineering and information science. Moscow: MSAIE, 2005, pp. 19-23.

4. Schoeneburg E., Heinmann F., Feddersen S. Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien: Eine Einfuerung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution. – Bonn; Paris; Readin; Mass. [u.a.]: Addison-Wesley, 1994.

LASER OPTICO-ACOUSTICAL OCTANE METER IN SYSTEMS OF OPTIMIZING THE PROCESS OF COMMERCIAL PETROL COMPOUND-FILLING

© 2009 V. N. Astapov

Samara State Aerospace University

The paper presents a methodology of constructing systems of optimal commercial petrol compound-filling. A mathematical model of the “octane number” and a method of identification of the octane numbers of the components being mixed using a laser optico-acoustical octane meter are given. For this purpose the inverse problem of petroleum mixture analysis using a genetic algorithm is solved.

Laser optico-acoustical octane meter, optimization, compound-filling, commercial petroleum, identification, mathematical model, spectral channels of measurement, calibration.

Информация об авторе

Астапов Владислав Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет, e-mail: asta_09@mail.ru. Область научных интересов: устройства контроля качества и автоматизированные системы управления в нефтеперерабатывающей промышленности.

Astapov Vladislav Nicolayevitch, candidate of technical science, associate professor of the department «Electronic systems and devices», Samara State Aerospace University, e-mail: asta_09@mail.ru. Area of research: quality control devices and automatic control systems in petroleum industry.