участка спектра, а в качестве эталона для отождествления яркости используется шкала серых цветов. Аналогичным образом, помещая соответствующие шкалы рядом с электронной моделью, можно количественно оценить и характеристики цвета, используемые при цветовом кодировании. Естественно, что такие шкалы должны перекрывать только тот диапазон цветов и яркостей, которые реально используются в электронной модели.

Завершая рассмотрение вопроса о зрительном восприятии цветовых кодов, отметим возможность комплексной оценки норм технологических требований. Действительно, кодируя отдельным цветом каждую из дифференцированных оценок точности размеров, отклонений формы или положения поверхностей, можно смешением цветов получить интегральную оценку точности. Например, кодируя оттенками монохромного красного цвета точность линейного размера плоской поверхности, а оттенками монохромного зеленого - ее шероховатость, можно по оттенкам полученного в результате смешения желтого цвета судить о суммарной точности данной поверхности. Естественно, что и в этом случае для количественного определения интегральной точности, необходимо иметь эталонную шкалу желтого цвета.

SUMMARY

The article has solved the main points of imaging of technical demands with three-dimensional engineering-drawings. According to the level of complexity of 3D-drawing the authors propose to adopt the standard scheme of conventional signs, to use the essentially changed scheme of signs, not contained the measuring lines. For especially complicate

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшин Л.Ф., Шубина Г.Е. Цветная фотография. - М.: Искусство, 1958. - 242 с.
2. Кривошеев М.И., Кустарев А.К. Цветовые измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1990.- 239 с.

Поступила в редколлегию 10 февраля 1999 г.

УДК 534.1:621.5

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННАЯ НА МОДЕЛИ РАВНОМЕРНО-ПЕРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

И.Д.Пузько, доц.

Инерционность переходного процесса при реализации режимов сканирования частоты возбуждающего испытуемый объект воздействия, особенно проявляющаяся при повышении скорости сканирования [1], обуславливает недостаточную точность параметрической идентификации резонансных пиков амплитудно-частотных характеристик (АЧХ).

Повышение точности параметрической идентификации, в частности, точности определения резонансной частоты, может быть достигнуто за счет коррекции непропорциональности зависимости смещения максимума по частоте резонансного пика в зависимости от скорости V сканирования частоты.

Такая коррекция может быть достигнута при реализации режима равномерно-переменного движения по аналогии с режимом равномерно-переменного движения материальной точки.

Модель такого режима сканирования соответствует соотношению

$$\omega = \omega_{0k} + \mathrm{V}t \pm \frac{1}{2}\mathrm{a}t^2, \tag{1}$$

где ω - текущая частота;

ω_{0k} - резонансная частота k-го резонансного пика;

a - ускорение движения;

t - текущее время.

Из (1) для трех различных скоростей V_i, V_J, V_k и соответствующих ускорений a_i, a_J, a_k для k-го статического резонансного пика получим систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned} \omega_{\mathrm{ik}} &= \omega_{0\mathrm{k}} + \mathrm{V}_i t_i + \frac{1}{2}\,\mathrm{a}_i t_i^2, \\ \omega_{\mathrm{jk}} &= \omega_{0\mathrm{k}} + \mathrm{V}_j t_j + \frac{1}{2}\,\mathrm{a}_j t_j^2, \\ \omega_{\mathrm{nk}} &= \omega_{0\mathrm{k}} + \mathrm{V}_n t_n + \frac{1}{2}\,\mathrm{a}_n t_n^2. \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

При выполнении условий

$$\mathrm{V}_i \neq \mathrm{V}_j \neq \mathrm{V}_n, \quad t_i = t_j = t_n = t_k$$

из (2) получим систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned} \omega_{\mathrm{ok}} &= \frac{\mathrm{a}_i\omega_{\mathrm{jk}} - \mathrm{a}_j\omega_{\mathrm{ik}}}{\mathrm{a}_i - \mathrm{a}_j} - \frac{\mathrm{a}_i\mathrm{V}_j - \mathrm{a}_j\mathrm{V}_i}{\mathrm{a}_i - \mathrm{a}_j}\cdot t_k, \\ \omega_{\mathrm{ok}} &= \frac{\mathrm{a}_i\omega_{\mathrm{nk}} - \mathrm{a}_n\omega_{\mathrm{ik}}}{\mathrm{a}_i - \mathrm{a}_n} - \frac{\mathrm{a}_i\mathrm{V}_n - \mathrm{a}_n\mathrm{V}_i}{\mathrm{a}_i\;\mathrm{a}_n}\, t_k. \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Считая заданными V_i, a_i, ω_{ik}; V_J, a_J, ω_{Jk}; V_n, a_n, ω_{nk} получим три формы записи параметров ω_{0k}, t_k.

Первая форма:

$$\omega_{0\mathrm{k}} = [\mathrm{V}_i(\mathrm{a}_j\omega_{\mathrm{nk}} - \mathrm{a}_n\omega_{\mathrm{jk}}) + \mathrm{V}_j(\mathrm{a}_n\omega_{\mathrm{ik}} - \mathrm{a}_i\omega_{\mathrm{nk}}) + \mathrm{V}_n(\mathrm{a}_i\omega_{\mathrm{jk}} - \mathrm{a}_j\omega_{\mathrm{ik}})]\times$$

$$\times[\mathrm{V}_i(\mathrm{a}_j - \mathrm{a}_n) + \mathrm{V}_j(\mathrm{a}_n - \mathrm{a}_i) + \mathrm{V}_n(\mathrm{a}_i - \mathrm{a}_j)]^{-1}, \tag{4}$$

$$t_k = \left[\omega_{ik}\left(\mathrm{a}_j - \mathrm{a}_n\right) + \omega_{jk}\left(\mathrm{a}_n - \mathrm{a}_i\right) + \omega_{nk}\left(\mathrm{a}_i - \mathrm{a}_j\right)\right]\times$$

$$\times\left[\mathrm{V}_i\left(\mathrm{a}_j - \mathrm{a}_n\right) + \mathrm{V}_j\left(\mathrm{a}_n - \mathrm{a}_i\right) + \mathrm{V}_n\left(\mathrm{a}_i - \mathrm{a}_j\right)\right]^{-1} \tag{5}$$

Вторая форма:

$$\omega_{0\mathrm{k}} = [\mathrm{a}_i(\omega_{\mathrm{jk}}\mathrm{V}_{\mathrm{n}} - \omega_{\mathrm{nk}}\mathrm{V}_j) + \mathrm{a}_j(\omega_{\mathrm{nk}}\mathrm{V}_i - \omega_{\mathrm{ik}}\mathrm{V}_n) +$$

$$+\mathrm{a}_n(\omega_{\mathrm{ik}}\mathrm{V}_j - \omega_{\mathrm{ik}}\mathrm{V}_i)]\cdot[\mathrm{a}_i(\mathrm{V}_n - \mathrm{V}_j) +$$

$$+\mathrm{a}_j(\mathrm{V}_i - \mathrm{V}_n) + \mathrm{a}_n(\mathrm{V}_j - \mathrm{V}_i)]^{-1} \tag{6}$$

$$t_k = \left[\mathrm{a}_i\left(\omega_{nk} - \omega_{jk}\right) + \mathrm{a}_j\left(\omega_{ik} - \omega_{nk}\right) + \mathrm{a}_n\left(\omega_{jk} - \omega_{ik}\right)\right]\times$$

$$\times\left[\mathrm{a}_i\left(\mathrm{V}_n - \mathrm{V}_j\right) + \mathrm{a}_j\left(\mathrm{V}_i - \mathrm{V}_n\right) + \mathrm{a}_n\left(\mathrm{V}_j - \mathrm{V}_i\right)\right]. \tag{7}$$

Третья форма:

$$\omega_{0\mathrm{k}} = [\omega_{\mathrm{ik}}(\mathrm{a}_{\mathrm{n}}\mathrm{V}_{\mathrm{j}} - \mathrm{a}_{\mathrm{j}}\mathrm{V}_{\mathrm{n}}) + \omega_{\mathrm{jk}}(\mathrm{a}_i\mathrm{V}_{\mathrm{n}} - \mathrm{a}_{\mathrm{n}}\mathrm{V}_i) +$$

$$+\,\omega_{\mathrm{nk}}(\mathrm{a}_j\mathrm{V}_i - \mathrm{a}_i\mathrm{V}_j)]\times$$

$$\times[(\mathrm{a}_n\mathrm{V}_j - \mathrm{a}_j\mathrm{V}_n) + (\mathrm{a}_i\mathrm{V}_n - \mathrm{a}_n\mathrm{V}_i) + (\mathrm{a}_j\mathrm{V}_i - \mathrm{a}_i\mathrm{V}_j)]^{-1}, \tag{8}$$

$$t_k = \left[\left(a_n\omega_{jk} - a_j\omega_{nk}\right) + \left(a_i\omega_{nk} - a_n\omega_{ik}\right) + \left(a_j\omega_{ik} - a_i\omega_{jk}\right)\right] \times$$
$$\times\left[\left(a_n V_j - a_j V_n\right) + \left(a_i V_n - a_n V_i\right) + \left(a_j V_i - a_i V_j\right)\right]^{-1}. \quad (9)$$

Рассмотрим частные случаи, соответствующие (4) – (9).

Случай I При выполнении условий $a_i = a_J = 0$, $a_n \neq 0$, $V_i \neq 0, V_j \neq 0$, $V_n \neq 0$ из (4), (5), (6), (7), (8), (9) получим соотношения:

$$\omega_{0k} = \left(\omega_{ik} V_j - \omega_{jk} V_i\right)\left(V_j - V_i\right)^{-1}, \quad (10)$$

$$t_k = \left(\omega_{jk} - \omega_{ik}\right)\left(V_j - V_i\right)^{-1}. \quad (11)$$

что соответствует соотношению, полученному при условии V_i = const, V_j=const, $V_j > V_i$.

Случай II При выполнении условий $a_j = a_n = 0$, $a_i \neq 0$, $V_i \neq 0$, $V_j \neq 0$, $V_n \neq 0$ из (4), (5), (6), (7), (8), (9) получим соотношения:

$$\omega_{0k} = \left(\omega_{ik} V_n - \omega_{nk} V_i\right)\left(V_n - V_i\right)^{-1}, \quad (12)$$

$$t_k = \left(\omega_{ik} - \omega_{nk}\right)\left(V_i - V_n\right)^{-1}, \quad (13)$$

что соответствует соотношению, полученному при условии V_n = const, V_i= const.

Случай III При выполнении условий $a_j = a_n = 0$, $a_i \neq 0$, $V_i \neq 0$, $V_j \neq 0$, $V_n \neq 0$ из (4), (5), (6), (7), (8), (9) получим соотношения:

$$\omega_{0k} = \left(\omega_{jk} V_n - \omega_{nk} V_j\right)\left(V_n - V_j\right)^{-1}, \quad (14)$$

$$t_k = \left(\omega_{nk} - \omega_{jk}\right)\left(V_n - V_j\right)^{-1}, \quad (15)$$

что соответствует соотношению, полученному при условии V_n = const, V_j=const.

Случай IV При выполнении условий $a_i = 0$, $a_n \neq 0$, $a_J \neq 0$, $V_i \neq 0$, $V_j \neq 0$, $V_n \neq 0$ из (4), (5), (6), (7), (8), (9) получим соотношения:

$$\omega_{0k} = \frac{a_j\left(\omega_{nk} V_i - \omega_{ik} V_n\right) + a_n\left(\omega_{ik} V_j - \omega_{jk} V_i\right)}{a_j\left(V_i - V_n\right) + a_n\left(V_j - V_i\right)}, \quad (16)$$

$$t_k = \frac{a_j\left(\omega_{ik} - \omega_{nk}\right) + a_n\left(\omega_{jk} - \omega_{ik}\right)}{a_j\left(V_i - V_n\right) + a_n\left(V_j - V_i\right)}, \quad (17)$$

что соответствует соотношению, полученному при условии V_i = const.

Случай V При выполнении условий $a_i \neq 0$, $a_n \neq 0$, $a_j = 0$, $V_i \neq 0$, $V_j \neq 0$, $V_n \neq 0$ из (4), (5), (6), (7), (8), (9) получим соотношения:

$$\omega_{0k} = \frac{a_i\left(\omega_{jk} V_n - \omega_{nk} V_j\right) + a_n\left(\omega_{ik} V_j - \omega_{jk} V_i\right)}{a_i\left(V_n - V_j\right) + a_n\left(V_j - V_i\right)}, \quad (18)$$

$$t_k = \frac{a_i\left(\omega_{nk} - \omega_{jk}\right) + a_n\left(\omega_{jk} - \omega_{ik}\right)}{a_i\left(V_n - V_j\right) + a_n\left(V_j - V_i\right)}, \tag{19}$$

что соответствует соотношению, полученному при условии V_j = const.

Случай VI При выполнении условий $a_i \neq 0$, $a_n = 0$, $a_j \neq 0$, $V_i \neq 0$, $V_j \neq 0$, $V_n \neq 0$ из (4), (5), (6), (7), (8), (9) получим соотношения:

$$\omega_{0k} = \frac{a_i\left(\omega_{jk} V_n - \omega_{nk} V_j\right) + a_j\left(\omega_{nk} V_i - \omega_{ik} V_n\right)}{a_i\left(V_n - V_j\right) + a_i\left(V_i - V_{ni}\right)}, \tag{20}$$

$$t_k = \frac{a_i\left(\omega_{nk} - \omega_{jk}\right) + a_i\left(\omega_{ik} - \omega_{nk}\right)}{a_i\left(V_n - V_j\right) + a_j\left(V_i - V_n\right)}, \tag{21}$$

что соответствует соотношению, полученному при условии V_n = const.

В случае выполнения условия $t_i \neq t_j \neq t_n$, $a_i = a_j = a_n = 0$ имеет место система уравнений:

$$\left.\begin{aligned} \omega_{ik} &= \omega_{0k} + V_i t_{ik}, \\ \omega_{jk} &= \omega_{0k} + V_j t_{jk}, \\ \omega_{nk} &= \omega_{0k} + V_n t_{nk}. \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

В случае $V_j = V_i + \Delta V > V_i$ имеет место неравенство $t_j = (t_i + \Delta t) > t_i$.

В случае $V_n = V_j + \Delta V > V_j$ имеет место неравенство $t_n = (t_J + \Delta t) > t_j$.

Тогда из (22) определим ω_{0k}:

$$\omega_{0k}^{ij} = \frac{\omega_i V_j - \omega_j V_i}{V_j - V_i} - \frac{V_j \cdot V_i}{V_j - V_i} \cdot \Delta_{ij} t, \tag{23}$$

где $\Delta_{ij} t = t_i - t_j$,

$$\omega_{0k}^{in} = \frac{\omega_i V_n - \omega_n V_i}{V_n - V_i} - \frac{V_n \cdot V_i}{V_n - V_i} \cdot \Delta_{in} t, \tag{24}$$

где $\Delta_{in} t = t_i - t_n$,

$$\omega_{0k}^{jn} = \frac{\omega_j V_n - \omega_n V_j}{V_n - V_j} - \frac{V_n \cdot V_j}{V_n - V_j} \cdot \Delta_{jn} t, \tag{25}$$

где $\Delta_{jn} t = t_j - t_n$.

Формулы (23), (24), (25) определяют ω_{0k} при известной зависимости $\Delta t = \Phi(V)$.

Так как характер $\Delta t = \Phi(V)$ зависит также и от параметров резонансных пиков, то использование (23), (24), (25) приводит к усложнению алгоритма определения ω_{0k}.

Из (23), (24), (25) следует, что значение ω_{0k}, полученное при $\Delta t = 0$, необходимо скорректировать для $\Delta t \neq 0$. Такая коррекция может быть проведена при использовании метода последовательных приближений.

В общем случае зависимость $\Delta_k \omega = \varphi(V)$, характеризующая смещение $\Delta_k \omega$ резонансной частоты динамического k-го резонансного пика относительно резонансной частоты ω_{0k} статического от скорости V сканирования частоты, является нелинейной [1] и только в первом приближении $\Delta_k \omega$ является линейной функцией скорости V сканирования частоты. Нелинейность характера $\Delta_k\, \omega = \varphi$ (V) определяется нелинейным характером зависимости времени запаздывания достижения максимума огибающей полуразмахов колебаний динамического резонансного пика от скорости V сканирования частоты ω, что определяется инерционностью процесса нарастания колебаний [2,3,4].

Рассмотрим возможность коррекции нелинейного характера зависимости $\Delta_k\omega=\varphi$ (V) методом последовательных приближений. Приведем алгоритм этого метода по этапам.

Первый этап. Реализуются, по крайней мере, два режима сканирования частоты возбуждающего воздействия со скоростями V_i, V_j ($V_j>V_i$), которые допустимы для конкретного типа ЭДВ по техническим характеристикам.

При выполнении условий

$$\operatorname{sign} V_i = \operatorname{sign} V_j = 1 \ (\operatorname{sign} V_i = \operatorname{sign} V_j = -1),$$

$$V_j > V_i \ (V_j < V_i)$$

фиксируются значения частот ω_{jk}, ω_{ik} максимумов огибающих динамических резонансных пиков, соответствующих скоростям сканирования V_j, V_i и определяется резонансная частота $\omega_{0k}^{(1)}$ статического резонансного пика (первое приближение) по формуле

$$\omega_{0k}^{(1)} = \left(\omega_{ik} V_j - \omega_{jk} V_i\right)\left(V_j - V_i\right)^{-1} \tag{26}$$

при $V_j \neq n\, V_i$, $n = 2, 3, \ldots$,
или по формулам:

$$\omega_{0k}^{(1)} = \left(n\omega_{ik} - \omega_{jk}\right)(n-1)^{-1} \tag{27}$$

при $V_j = n\, V_i$, $n = 2, 3, \ldots$,

$$\omega_{0k}^{(1)} = \left(\omega_{ik} - n\omega_{jk}\right)(1-n)^{-1} \tag{28}$$

при $V_i = n\, V_i$, $n = 2, 3, \ldots$

Второй этап. Реализуется третий режим сканирования частоты ω со скоростью V_m при условии $\operatorname{sign} V_m = 1$, $V_m < V_i < V_j$ ($V_m < \min(V_i, V_j)$). Фиксируется значение частоты ω_{mk} максимума огибающей полуразмахов колебаний динамического резонансного пика, соответствующего скорости V_m сканирования, и определяется резонансная частота $\omega_{0k}^{(2)}$ статического резонансного пика (второе приближение) по формуле

$$\omega_{0k}^{(2)} = \left(\omega_{mk} V_i - \omega_{ik} V_m\right)\left(V_i - V_m\right)^{-1} \tag{29}$$

$V_i \neq n\, V_m$, $n = 2, 3, \ldots$,
или по формулам:

$$\omega_{0k}^{(2)} = \left(n\omega_{mk} - \omega_{ik}\right)(n-1)^{-1} \tag{30}$$

при $V_i = n\, V_m$, $n = 2, 3, \ldots$,

$$\omega_{0k}^{(2)} = \left(\omega_{mk} - n\omega_{ik}\right)(1-n)^{-1} \tag{31}$$

при $V_m = n\, V_i$, $n = 2, 3, \ldots$

Третий этап. Формируется модуль разности первого и второго приближений

$$\left|\omega_{0k}^{(1)} - \omega_{0k}^{(2)}\right| = \varepsilon_{12}\,. \tag{32}$$

Четвертый этап. Реализуется четвертый режим сканирования частоты ω со скоростью V_S при выборе $V_S < V_m$ и условии $\operatorname{sign}V_S = 1$. Фиксируется значение частоты ω_{Sk} максимума огибающей полуразмахов колебаний динамического резонансного пика, соответствующего скорости V_S сканирования, и определяется резонансная частота $\omega_{0k}^{(3)}$ статического резонансного пика (третье приближение) по формуле

$$\omega_{0k}^{(3)} = \left(\omega_{Sk} V_m - \omega_{mk} V_S\right)\left(V_m - V_S\right)^{-1} \tag{33}$$

при $V_m \neq n\,V_S$, $n = 2, 3, \ldots$,
или по формулам:

$$\omega_{0k}^{(3)} = \left(n\omega_{Sk} - \omega_{mk}\right)(n-1)^{-1}, \tag{34}$$

при $V_m = n\,V_S$, $n = 2, 3, \ldots$,

$$\omega_{0k}^{(3)} = \left(\omega_{Sk} - n\omega_{mk}\right)(1-n)^{-1}, \tag{35}$$

при $V_S = n\,V_m$, $n = 2, 3, \ldots$

Пятый этап. Формируется модуль разности второго и третьего приближений:

$$\left|\omega_{0k}^{(2)} - \omega_{0k}^{(3)}\right| = \varepsilon_{23}. \tag{36}$$

N-й этап. Реализуется режим сканирования частоты ω со скоростью V_N, при условии $\operatorname{sign} V_N = 1$, $V_N < V_{N-1}$ фиксируется значение частоты ω_{Nk} максимума огибающей полуразмахов колебаний динамического резонансного пика, соответствующего скорости V_N сканирования, и определяется резонансная частота $\omega_{0k}^{(N)}$ статического резонансного пика (N приближение) по формуле

$$\omega_{0k}^{(N)} = \left(\omega_{Nk} V_{N-1} - \omega_{(N-1)k} V_N\right)\left(V_{N-1} - V_N\right)^{-1} \tag{37}$$

при $V_{N-1} \neq n\,V_N$, $n = 2, 3, \ldots$,
или по формулам:

$$\omega_{0k}^{(N)} = \left(n\omega_{Nk} - \omega_{(N-1)k}\right)(n-1)^{-1} \tag{38}$$

при $V_{N-1} = n\,V_N$, $n = 2, 3, \ldots$,

$$\omega_{0k}^{(N)} = \left(\omega_{Nk} - n\omega_{(N-1)k}\right)(1-n)^{-1} \tag{39}$$

при $V_N = n\,V_{N-1}$, $n = 2, 3, \ldots$

(N+1)-й этап. Формируется модуль разности (N-1) и N-го приближений:

$$\left|\omega_{0k}^{(N)} - \omega_{0k}^{(N-1)}\right| = \varepsilon_{N(N-1)}. \tag{40}$$

Реализация приведенного алгоритма приводит к определению последовательного ряда частот:

$$\omega_{0k}^{(1)}, \omega_{0k}^{(2)}, \ldots, \omega_{0k}^{(N-1)}, \omega_{0k}^{(N)}. \tag{41}$$

Количество приближений определяется из условия

$$\left|\omega_{0k}^{(i)} - \omega_{0k}^{(i)}\right| = \varepsilon_{i(i-1)} < \varepsilon_{\Delta}, \quad (i = \overline{1,N}), \tag{42}$$

где $\varepsilon_{\Delta} > 0$ – заранее заданное число, определяющее погрешность вычисления.

Таким образом, в работе проведен анализ метода параметрической идентификации резонансных пиков механических колебательных систем, основанный на реализации режимов сканирования частоты возбуждающего испытуемый объект воздействия. Показана возможность коррекции инерционности переходных процессов в режимах сканирования частоты. Такая коррекция достигается реализацией режимов равномерно-переменного, в частности, равномерно-ускоренного движения. Формируется алгоритм метода последовательных приближений по этапам.

SUMMURY

This work deals the analysis of a parametrical identification method of mechanical vibratory system (MVS), based on realization of scanning exciting frequency influence regimes. An opportunity of algorithm correction of delayed establishment of resonant regimes is shown.

Such corrections is achieved by uniformly variable motion regimes realization. Algorithm of successive approximation method stage by stage is formed.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адоменас П., Аронсон Я., Бирманис Е. Измерители амплитудно-частотных характеристик и их применение. – М.: Связь, 1968. – 165 с.
2. Харкевич А.А. Спектры и анализ. – М.: Физматгиз, 1962. – 236 с.
3. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. – М.: Наука, 1974. – 504 с.
4. Пузько И.Д., Хворост В.А. Идентификация колебательных систем методом сканирования частоты // Вестник СумГУ. - 1996. - № 1(5). - С. 50-56.

Поступила в редколлегию 21 февраля 2000 г.

УДК 536.46.001.572

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕТАЛЛ + ОКИСЛИТЕЛЬ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ НАГРЕВА И ВНЕШНИХ ДАВЛЕНИЯХ

В.А.Ващенко, проф.; П.И.Заика, асп.; Д.М.Краснов, доц.; С.И.Сташенко, Ю.И.Кикоть

(Черкасский инженерно-технологический институт)

Для создания высокоэффективных металлизированных конденсированных систем (МКС) на базе систем металл + окислитель (например, систем магний + нитрат натрия) различного назначения (твердые пиротехнические топлива, осветительные и трассирующие средства, пиротехнические ИК-излучатели, элементы ракетно-космической техники и др.) необходимы теоретические и экспериментальные исследования по скорости горения МКС в разнообразных условиях их эксплуатации (повышенные температуры нагрева, внешние давления и др.).

Методы математического моделирования при исследовании скорости горения различных систем использовались в работах [1-11].

Анализ математических моделей горения, предложенных различными исследователями, показал, что наиболее общей и совершенной является модель горения Зельдовича-Беляева, так как позволяет для широкого класса гомогенных газовых смесей и летучих взрывчатых веществ (ВВ) при известной кинетике реакции горения предсказывать реальные изменения их скорости горения в зависимости от начальной температуры и внешнего давления. Для системы магний + нитрат натрия вследствии