

**ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНАЯ МОДЕЛЬ
ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ УЗЛОВ
НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ**

Курнос В.Е., Андреева Т.В., Назиров Р.Р., Хиля Д.Е.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru

Использование дискретно-непрерывных методов решения задач при проектировании изделий позволяет получить существенный положительный эффект [1, 2]. Разрабатывается система моделирования динамики узлов на печатных платах с расширенными функциональными возможностями, позволяющая исследовать в широком частотном диапазоне реакцию конструкции при произвольном заданном воздействии.

Основное уравнение с учетом потерь энергии на внутреннее трение:

$$\sum_{i=1}^{\infty} a^{(i)}(t) \cdot L(W^{(i)}) + \beta \sum_{i=1}^{\infty} \dot{a}^{(i)}(t) \cdot L(W^{(i)}) = -\rho_n \frac{\delta}{D} \left[\sum_{i=1}^{\infty} \ddot{a}^{(i)}(t) \cdot L(W^{(i)}) + \ddot{W}_0 \right]. \quad (1)$$

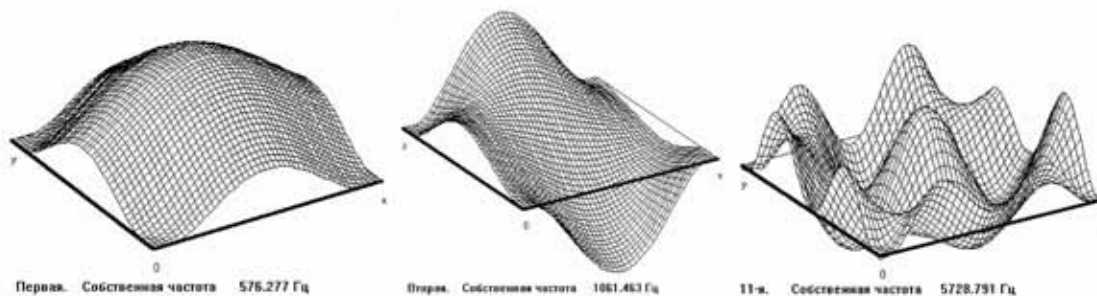
$$a^{(i)}(t) \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} L_n(W^{(i)}) W^{(i)} dx dy + \dot{a}^{(i)}(t) \beta \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} L_n(W^{(i)}) W^{(i)} dx dy + \frac{\delta}{D} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho_n \ddot{W}_0 W^{(i)} dx dy + \ddot{a}^{(i)}(t) \frac{\delta}{D} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho_n (W^{(i)})^2 dx dy = 0, \quad (3)$$

где L_x, L_y – размеры пластины. В уравнениях вида (3) дифференциальный оператор $L(W)$ заменен разностным $L_n(W)$. для нахождения функций $a^{(i)}(t), i = 1, 2, \dots, K$, имеем K неоднородных дифференциальных уравнений (4) второго порядка, которые приведем к виду:

$$\ddot{a}^{(i)} + \beta (\omega_0^{(i)})^2 \dot{a}^{(i)} + (\omega_0^{(i)})^2 a^{(i)} = A^{(i)} \ddot{W}_0. \quad (4)$$

Здесь $\omega_0^{(i)}$ – собственные частоты, $A^{(i)}$ – масштабные коэффициенты. Воздействие произвольного вида $\ddot{W}_0(t)$ можно аппроксимировать ступенчатой функцией, задаваемой отсчетами, полученными через равные интервалы времени.

На рисунке показаны нормированные собственные формы, соответствующие характеру движения платы на 1-й, 2-й, и 11-й собственных частотах.



Собственные формы и частоты колебаний прямоугольной пластины

Здесь β – коэффициент вязкости материала пластины; D – цилиндрическая жесткость; E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона; ρ_n – приведенная плотность материала с учетом массы навесных элементов, функция координат; δ – толщина пластины; \ddot{W}_0 – задаваемое воздействие;

$L(W) = \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}$ – дифференциальный оператор. Выражение для прогиба имеет вид

$$\tilde{W}(x, y, t) = \sum_{i=1}^{\infty} W^{(i)}(x, y) \cdot a^{(i)}(t), \quad (2)$$

где $W^{(i)}(x, y)$ – собственные формы; $a^{(i)}(t)$ – функции времени, подлежащие определению.

Функция $\tilde{W}(x, y, t) = W(x, y, t) - W_0(t)$ является характеристикой прогиба, необходима для определения сил инерции. С учетом ортогональности собственных форм получим систему несвязанных уравнений:

Использование дискретнонепрерывных моделей при разработке узлов на печатных платах позволяет исследовать локальные резонансные явления и влияние внешних механических воздействий в широком диапазоне частот, обеспечивать при проектировании устойчивость конструкций к ударным и вибрационным воздействиям.

Список литературы

1. Андреева Т.В. Программный комплекс исследования динамики пластинчатых конструкций электронной аппаратуры в широком частотном диапазоне на основе дискретно-непрерывной модели / Т.В. Андреева, В.Е. Курносков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013. – № 10(14). С 215 – 221.
2. Курносков В.Е. Логико-математические модели в задачах проектирования электронной аппаратуры и приборов: Монография / В.Е. Курносков, В.И. Волчихин, В.Г. Покровский. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. – 148 С.
3. Бидерман В. Л. Механика тонкостенных конструкций. Статика. – М.: Машиностроение, 1977. – 488 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕПЛОАГРУЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Курносков В.Е., Жулев С.А., Рыжов А.С.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru

Задача выбора оптимальной конфигурации конструкции актуальна ввиду необходимости снижения материалоемкости изделий, сокращения затрат на проектирование.

Синтез конструкции осуществляется в области проектирования как области автоматического построения и модификации модели при использовании конечно-разностной аппроксимации краевой задачи [1]. Область проектирования разбивается на элементы объема, каждый из которых может быть либо «пустым», либо «заполненным материалом».

Для записи, текущих значений целочисленных координат i, j, k используются обозначения $0\ 0\ 0$, вместо $i+1, j-1, k$ - обозначения $+ - 0$ и т. д. для построения логико-математического уравнения баланса и описания распределения материала по элементам применяется имплективная алгебра выбора (ИАВ) Л.И. Волгина [2]. Логико-алгебраические модели на основе ИАВ могут включать бинарные операции конъюнкции (\wedge) или дизъюнкции (\vee). Уравнение теплового баланса элемента объема, «заполненного материалом», имеет вид

$$\alpha^{000} \left(\frac{\alpha^{+00} J^{+X} - \alpha^{-00} J^{-X}}{h_x^0} + \frac{\alpha^{0+0} J^{+Y} - \alpha^{0-0} J^{-Y}}{h_y^0} + \frac{\alpha^{00+} J^{+Z} - \alpha^{00-} J^{-Z}}{h_z^0} + \frac{\alpha_{T_3}^{000} Q^{000}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0 \tau} + \frac{\bar{\alpha}^{+00} J_s^{+X} - \bar{\alpha}^{-00} J_s^{-X}}{h_x^0} + \frac{\bar{\alpha}^{0+0} J_s^{+Y} - \bar{\alpha}^{0-0} J_s^{-Y}}{h_y^0} + \frac{\bar{\alpha}^{00+} J_s^{+Z} - \bar{\alpha}^{00-} J_s^{-Z}}{h_z^0} \right) = \frac{\alpha^{000} \alpha_d^{000} C_3^{000} (\theta_{t+\tau}^{000} - \theta_t^{000})}{h_x^0 h_y^0 h_z^0 \tau}.$$

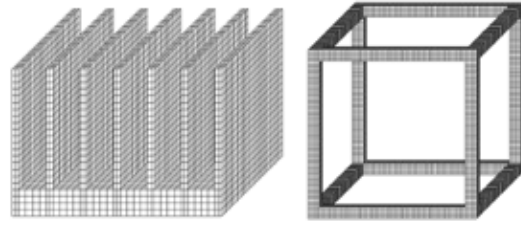
Здесь: C_3^{000} – теплоемкость; Q_3^{000} , $\Delta\theta_3^{000}$ – собственное тепловыделение и изменение температуры элемента за время наблюдения τ ; $+X, \dots, -Z$ – грани элемента; $\alpha^{+00}, \alpha^{-00}, \dots, \alpha^{00-}$ – переменные

выбора потоков по граням элемента; $\bar{\alpha}^{+00}, \bar{\alpha}^{-00}, \dots, \bar{\alpha}^{00-}$ – отрицания значений; $\alpha_T^{000}, \alpha_d^{000}$ – переменные наличия собственного тепловыделения; h_x^0, h_y^0, h_z^0 – размеры элемента; $+X, \dots, -Z$ – грани элемента; J^{+X}, \dots, J^{-Z} – плотность тепловых потоков; $J_K^{+X}, \dots, J_K^{-Z}$ и $J_L^{+X}, \dots, J_L^{-Z}$ – потоки за счет конвекции и излучения для граничного элемента объема.

На основе предложенной логико-математической модели разрабатывается программный учебно-научный комплекс анализа и синтеза теплоагруженных конструкций (рисунок).

Синтез или оптимизация конфигурации выполняется на основе многократного целенаправленного введения, удаления или перераспределения материала при нефиксированном количестве переменных в процессе решения, когда при «заполнении материалом» элементов объема количество переменных системы уравнений соответственно увеличивается и при «удалении материала» количество переменных уменьшается (рисунок).

Системы моделирования с использованием логико-математических моделей позволяют синтезировать конструктивные формы, отвечающие заданным воздействиям и ограничениям.



Модели теплоотвода и стержневого каркаса в области проектирования системы анализа и синтеза теплоагруженных конструкций

Список литературы

1. Курносков В.Е. Логико-математические модели в задачах проектирования электронной аппаратуры и приборов: Монография / В.Е. Курносков, В.И. Волчихин, В.Г. Покровский. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. – 148 с.
2. Волгин Л.И., Климовский А.Б., Зарукин А.И. Имплективная алгебра выбора как основа информационных технологий и систем управления в континуальной области // «Чебышевский сборник» Т.И.V. Вып. 1(5): Труды V Международной конференции «Алгебра и теория чисел: современные проблемы и приложения». – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2003, с.61–65.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ НА ТЭС

Лапицкий К.С., Малыхин А.А.

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Комсомольск-на-Амуре, e-mail: ido@knastu.ru

В угольной энергетике одним из перспективных направлений развития отрасли является внутрицикловая газификация углей.

Анализ применения различных способов газификации канско-ачинских углей показывает возможность получения из них трех типов синтезгаза и водорода (табл. 1). Сопоставительный анализ применения различных видов газообразного топлива в тепловых схемах парогазовых установок с котлами утилизаторами проводился для парогазовой установки (ПГУ) – 170.

Тепловой, аэродинамический и гидравлический расчеты использования вышеуказанных видов топлива проводились в программной среде Boiler Designer.

Основные результаты приведены в табл. 2.