

Рис. 3.

Исследование зависимости θ^* от ρ , Z и k_Δ позволяет сделать вывод, что в области $G^- = \{(\rho, Z) : \rho^- < \rho < \rho_0^-, Z_p^- < Z < Z_p^+\}$ при $k_\Delta < 1$ значение температурного поля неоднородного цилиндра меньше, чем в этой же точке однородного цилиндра, а при $k_\Delta > 1$ — больше. В области $G^+ = \{(\rho, Z) : \rho_0^+ < \rho < \rho^+, Z_p^- < Z < Z_p^+\}$ наблюдается обратный эффект.

1. Владимиров В. С. Уравнения математической физики.— М. : Наука, 1971.— 512 с.
2. Галицин А. С., Жуковский А. Н. Интегральные преобразования и специальные функции в задачах теплопроводности.— Киев : Наук. думка, 1976.— 282 с.
3. Грицько Е. Г., Гудзь Р. В. Применение сплайн-функций в задачах теплопроводности для локально-неоднородных цилиндрических тел.— В кн.: Численные методы решения задач математической физики. Тезисы лекций и докладов Всесоюзной школы молодых ученых (Львов, 1983 г.). М. : В/о «Знание», 1983, ч. 1, с. 33.
4. Коляно Ю. М., Грицько Е. Г. Температурные поля в массивных телах при смешанных граничных условиях.— Докл. АН УССР. Сер. А, 1977, № 2, с. 132—136.

Ин-т прикл. пробл. механики и математики АН УССР, Львов

Получено 25.05.83

УДК 531/534:001.8

Б. Л. Пелех, М. В. Марчук, В. А. Шипов,
С. Н. Тазихин, В. Е. Шустов, Я. Г. Марков

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БАТАРЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДРЕВОВИДНОЙ СТРУКТУРЫ

Многообразие отраслей техники, в которых используются химические источники тока (ХИТ) и широкий диапазон условий эксплуатации приводят к необходимости создания довольно сложных в механическом отношении конструкций батарей (рис. 1).

При проектировании батарей ХИТ, предназначенных для работы в условиях интенсивных динамических нагрузок (ударов и вибраций), задача создания конструкций ХИТ с высокими удельными характеристиками значительно усложняется. Многочисленные экспериментальные данные показывают, что динамические нагрузки на отдельные аккумуляторы в батарее, как правило, распределяются неравномерно и значительно превышают величины исходного воздействия.

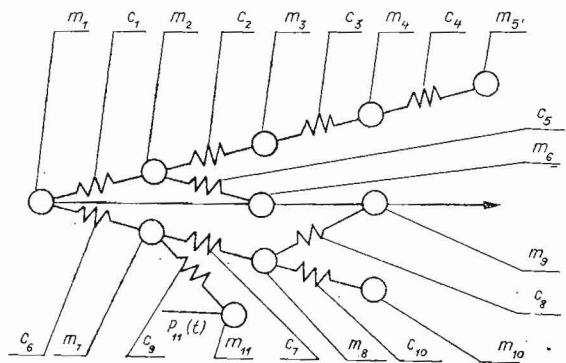


Рис. 1.

Необходимость обеспечения надежной работы всех элементов батареи при одновременном требовании по минимизации массы корпуса привела к созданию пространственной конструкции, состоящей из различных несущих элементов типа

	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}	m_{11}
m_1	0	c_1					c_6				
m_2	c_1	0	c_2			c_5					
m_3		c_2	0	c_3							
m_4			c_3	0	c_4						
m_5				c_4	0						
m_6		c_5				0					
m_7	c_6						0	c_7			c_9
m_8							c_7	0	c_8	c_{10}	
m_9								c_8	0	0	
m_{10}								c_{10}	0	0	
m_{11}							c_9				0

Рис. 2.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	$P_i(t)$
$m_1 \ddot{x}_1$	$-c_1 - c_6$	c_1					c_6					0
$m_2 \ddot{x}_2$	c_1	$-c_1 - c_2$ $-c_5$	c_2			c_5						0
$m_3 \ddot{x}_3$		c_2	$-c_2 - c_3$	c_3								0
$m_4 \ddot{x}_4$			c_3	$-c_3 - c_4$	c_4							0
$m_5 \ddot{x}_5$				c_4	$-c_4$							0
$m_6 \ddot{x}_6$		c_5				$-c_5$						0
$m_7 \ddot{x}_7$	c_6						$-c_6 - c_7$ $-c_9$	c_7			c_9	0
$m_8 \ddot{x}_8$							c_7	$-c_7 - c_8$ $-c_{10}$	c_8	c_{10}		0
$m_9 \ddot{x}_9$								c_8	$-c_8$			0
$m_{10} \ddot{x}_{10}$								c_{10}		$-c_{10}$		0
$m_{11} \ddot{x}_{11}$							c_9				$-c_9$	1

Рис. 3.

оболочек, пластин, рам и балок. Оценить воздействие динамических нагрузок на эти элементы, т. е. определить кинематические параметры (ускорения, скорости и перемещения) в процессе возмущенного движения на стадии проектирования возможно только теоретическим путем (с помощью расчетной математической модели). Поскольку математические модели реальных конструкций допускают только численное решение, необходимо создание ре-

лизуемых на ЭЦВМ алгоритмов, позволяющих оперативно проводить расчеты для динамических моделей различной структуры.

В данной работе изложен метод составления систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику батарей ХИТ при воздействии ударных и вибрационных нагрузок. Для этого динамическая модель батареи представляется в виде схемы типа «дерево», состоящей из сосредоточенных масс m_i с приведенными жесткостными и демпфирующими связями. При этом учитывается наличие двух типов связей: во-первых, между парами масс (называемых продольными) и, во-вторых, между группами масс по балочной схеме, задаваемыми матрицами жесткости (демпфирования) или матрицами коэффициентов влияния (поперечные связи) [1]. Матрица смежности системы рассматривается как граф, вместо расстояний между вершинами в ней ставятся жесткостные или демпфирующие характеристики (рис. 2).

Далее проводится следующее построение: из каждой клетки верхнего треугольника матрицы смежности, содержащей жесткостную или демпфирующую характеристику c_i , строим квадрат, а в каждую вершину квадрата, содержащую

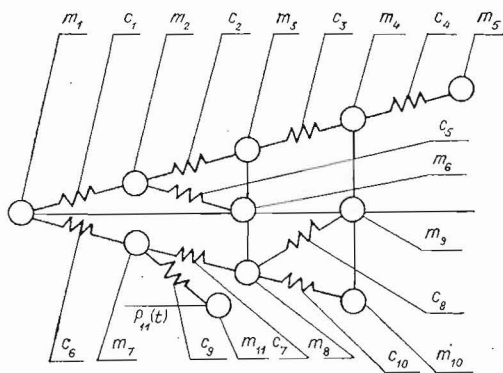


Рис. 4.

нуль, помещаем соответствующее значение жесткости, причем на главной диагонали жесткости помещаются с обратным знаком. Слева к полученной матрице присписываем вектор-столбец инерционных членов (левые части уравнений), сверху — вектор-строку координат системы, справа — вектор-столбец внешних нагрузок. Теперь для получения правых частей уравнений достаточно в каждой строке умножить содержимое клеток на соответствующие координаты, записанные в верхней строке (рис. 3).

В предлагаемом алгоритме c_i могут быть и функциями, например $c_i(x)$, т. е. данная схема может быть общей и для построения нелинейных систем уравнений.

Наличие поперечных связей (рис. 4) вызовет в полученной ранее системе изменения в тех уравнениях, в которые входят массы, охваченные этими связями. Для этого необходимо предварительно определить матрицу коэффициентов влияния между этими массами с помощью известных алгоритмов [2]. Обоснование предлагаемого алгоритма легко провести, используя метод сил, а поскольку в нем все операции формальны, то его можно реализовать на ЭЦВМ.

1. Виттенбург И. Динамика систем твердых тел.— М.: Мир, 1980.— 292 с.
2. Марков Я. Г., Туманов Ю. А. Алгоритм получения матрицы коэффициентов влияния для двухопорной консольной балки.— Л.: Госфонд алгоритмов и программ, свид. № 11002807.