ординатами принимает значения 1, 2, 3. Дифференциальное уравнение состоит из членов, каждый из которых выражает воздействие на единицу объема, а сумма - баланс этих воздействий. В каждом уравнении в качестве зависимой переменной используется некоторая физическая величина и отражен баланс между различными факторами, влияющими на эту переменную. Члены дифференциального уравнения такого типа выражают воздействие на единицу объема. Построение численного метода выполняется на основе принципа баланса для контрольного объема. При выполнении данной научной работы проведен инженерно-технический расчет с помощью универсальной программы ELLIPS. В отличие от эксперимента для расчета доступна практически вся исследуемая область и отсутствуют возмущения процесса, вносимые датчиками при экспериментальном исследовании. Возможна модификация машинной программы и использование ее для решения целого ряда практических задач.

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ МЕТОДАМИ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ.

Н.В.Черпенко

Современная техника работает в условиях, когда рабочий диапазон температур, перепады температур в пространстве и времени велики. Повышенные требования к точности определения температурных полей вызваны неуклонной тенденцией современной техники к уменьшению запасов прочности конструкции. Снижение запасов прочности - это уменьшение веса, габаритов, материалоемкости и стоимости конструкций. Без достаточно точного знания температурных полей нельзя повысить надежность, обоснованно выбрать оптимальную технологию изготовления конструкции (изделия) и оптимальный режим эксплуатации. От точного знания температурного поля зависит не только величина рабочего напряжения, но и величина допускаемого напряжения. Поэтому ошибка в запасе прочности может быть больше, чем ошибка в температуре. Можно считать допустимой максимальную ошибку 1% от максимальной температуры. Ошибка в пределах 3-5 % терпима в некоторых ориентировочных расчетах. Но погрешность, равную 10% оправдать нельзя. При максимальной рабочей температуре 1000°С ошибка будет равна 100°. Если обратиться к справочникам по свойствам материалов при высоких температурах, то можно увидеть, что механические характеристики: предел текучести, предел прочности, предел длительной прочности и др. настолько резко меняются на каждые 10° изменения температуры при температурах порядка 1000°, что ошибка в 100° при определении температурного поля совершенно недопустима. Температурные поля, рассчитанные, исходя из линейных с постоянными коэффициентами математических моделей явления теплопроводности, во многих случаях не могут удовлетворить исследователя из-за значительных количественных погрешностей, а иногда неправильных качественных результатов. Ошибки расчета уменьшаются, если исследовать линейные модели с переменными коэффициентами. Наиболее близкую к реальной картине дают расчеты, проведенные с учетом не только переменности (т.е. зависимости от координат и времени), но и нелинейности (т.е. зависимости от потенциала (в нашем случае - главным образом от температуры)) величин, входящих в математическую модель в виде характеристик вещества, коэффициентов в граничных условиях, внешних и внутренних источников. Разность между решениями нелинейной и соответствующей линейной задачи называется ошибкой линеаризации. Ошибки линеаризаций зависят от законов изменения теплофизических характеристик материалов: коэффициента теплопроводности λ, удельной объемной теплоемкости $C_v = c\rho$, которая учитывает зависимость от температуры удельной массовой теплоемкости и плотности. От температуры поверхности зависят плотности тепловых потоков q и - при изменении формы граничного условия - коэффициенты теплообмена α. Ошибки линеаризации зависят также от диапазона температур, в которых работает конструкция и краевых условий. Несмотря на то, что можно минимизировать ошибки линеаризации, часто точность решения таких задач неудовлетворительна, т.к. ошибки линеаризации дают ошибки в температуре выходящие за допустимые пределы. Отсюда и усиленный интерес к методам исследования нелинейных математических моделей задач нестационарной теплопроводности. Получены температурные кривые для коррозионностойких сталей через 3 секунды после начала движения локального источника теплоты. Во всех случаях принималась начальная температура T = 300° K, скорость перемещения локального источника теплоты V = 1 см/с. При проведении расчетов зависимости удельной теплоемкости и коэффициента теплопроводности от температуры выражались уравнениями кубических парабол, а от плотности - линейной функцией температуры. В зависимости от теплофизических свойств материала форма температурного поля претерпевает заметное изменение. Сопоставление расчетов с решением аналогичной задачи в линейной постановке показало, что учет зависимости свойств металлов от температуры приводит к уточнению решений в пределах 3-18 %.

ЯВЛЕНИЕ ХАОСА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЭФФЕКТ ТРЕНИЯ.

А. Цекот

Динамические системы в технике часто описывают дифференциальными уравнениями, называемыми "уравнениями движения". В этой статье представлены аналитические модели трения, применяемые в технике, основанные на эффекте сухого трения и трения Коломба.

Эти модели будут описаны уравнениями движения вида:

$$\ddot{x} + 2\xi\dot{x} + x + (1 + kx)[\mu + (1 - \mu)\operatorname{sech}\beta\dot{x}]\tanh\alpha\dot{x} = a\cos\omega t \qquad (1)$$

для гладкой силы трения

$$\ddot{x} + 2\xi\dot{x} + x + n(x)f(\dot{x}) = a\cos\omega t \qquad (2)$$

и для силы трения, описанной законом Коломба.

Функции $n(x)$ и $f(x)$ определяются следующим образом:

$$n(x) = \begin{cases} 1 + kx & \text{при } x > -\frac{1}{k} \\ 0 & \text{для всех оставшихся;} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & -f(\dot{x}) = 1 && \text{при} \quad \dot{x} > 0; \\ & -1 < f(\dot{x}) < 1 && \dot{x} = 0; \\ & -f(\dot{x}) = -1 && \dot{x} < 0. \end{aligned}$$

Уравнения, описывающие эти модели решены цифровым способом Рунге-Кутта-Мерсона. Полученные результаты (перемещение, скорость) позволили построить характеристики, благодаря которым можно определить характер движения данной системы. Рисунки 1 и 2 изображают две из них: фазовую траекторию и карту Пуанкаре для модели трения Коломба.

Эти характеристики получены для параметров, имеющих следующее значение: $\xi = 0$, $k = 1{,}5$, $\omega = 1{,}25$, $a = 1{,}9$ и начальных значений равных 0. Траектория движения имеет характер воронки, структура которого напоминает атрактор Рослера. Это незамыкающая кривая, что подтверждается на карте Пуанкаре, состоит из бесконечного количества точек рис. 2. Аналогично получены хаотические характеристики модели для нижеследующих значений параметров: $\xi=0{,}015$, $k=1{,}5$, $\mu=0{,}7$, $\alpha=50$, $\beta=5$, $\omega=1{,}3$, $a=1{,}45$ и начальных значений равных 0. Характеристики такие же как и в первом варианте. Максимальный показатель степени