Технические науки

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОБИТИЯ КОМПОЗИТА ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ПОРАЖАЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Гребенюк И.И., Лукомец В.А., Наговицын А.В.

Нижегородский военный институт инженерных войск, Нижний Новгород, e-mail: nqtu2008@ ya.ru

Как показали результаты экспериментальных исследований [3, 4] при решении задач моделирования пробития композитной защиты специальной техники высокоскоростным поражающим элементом (ПЭ) будем использовать сеточно-ячееченый метод разбиения преграды, разработанный для исследования данного класса задач в [1-3]. Данный метод разбиения учитывает распространение разрывов вдоль характеристических поверхностей, позволяет корректно строить численные алгоритмы на границах области интегрирования и поверхностях раздела сред, что реализовано в процессе имитационного моделирования пробития композитной брони специальной техники высокоскоростным поражающим элементом [4].

При решении моделирования пробития композита высокоскоростным поражающим элементом будем использовать следующие исходные посылки:

• Скорость удара поражающего элемента, его форма и масса.

• Реология материала композитной защиты.

• Реология высокоскоростного поражающего элемента (ПЭ).

• Контактные границы, между слоями композитной защиты (преграды).

• Контакт поражающий элемент – композит.

С учет вышесказанного при решении задачи моделирования использовалась подвижная регулярная сетка, состоящая из выпуклых четырехугольников, Для расчета новых значений в каждом узле выполнялся переход в систему координат (ξ_1, ξ_2), связанную с текущими сеточными направлениями в данной точке [1, 2]. Положение узлов сетки в каждый момент времени определялось уравнением:

$$\vec{r}\left(t, \xi_1, \xi_2\right) = \vec{r}\left(0, \xi_1, \xi_2\right) + \int_0^t \vec{c}\left(\tau, \xi_1, \xi_2\right) d\tau. \quad (1)$$

Введем следующие обозначения: N множество всех узлов сетки, $N' \subset N$ множество тех узлов сетки, положение которых может быть изменено в процессе перестройки. Перестройку сетки рассматриваем как задачу оптимизации функционала I^h:

$$I^h : X \to R,\ X' = \arg\min I^h, \quad (2)$$

где $X = \left\{\left(x_1^n, x_2^n\right) \middle| n \in N\right\}$ – узлы располагающиеся на внешних и внутренних границах;

$X' = \left\{\left(x_1^n, x_2^n\right) \middle| n \in N\right\}$ – множества координат всех узлов сетки и координат движимых узлов, соответственно.

Произведем дискретизации интеграла (2):

$$I = \int f d\vec{x} = \int f \left|\Delta\right| d\vec{\xi} \to \min;$$

$$f = f\left(\frac{\partial \vec{x}}{\partial \vec{\xi}}\right); \quad \Delta = \det\left(\frac{\partial \vec{x}}{\partial \vec{\xi}}\right), \quad (3)$$

где (ξ_1, ξ_2) система координат, связанная с сеткой, в которой целочисленным параметру индексов соответствуют узлы расчетной сетки.

Целью оптимизации сетки чаще всего является повышение возможного шага интегрирования на этой сетке. Максимальный шаг в узле сетки можно рассчитать следующим уравнением [1, 2]:

$$l_1 = \left|\Delta\right|^{-1}\left(\frac{\partial \vec{x}}{\partial \xi_2}\right), \quad (4)$$

Представляет сложность дифференцирования выражений $l_1 + l_2$ и $\max(l_1, l_2)$ при использования их в минимизируемом функционале. Наиболее простой похожей функцией представляется $f = l_1^2 + l_2^2$, следовательно:

$$I = f\left|\Delta\right|^{-1}\left[\left(\frac{\partial x_1}{\partial \varepsilon_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_1}{\partial \varepsilon_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_2}{\partial \varepsilon_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_2}{\partial \varepsilon_2}\right)^2\right] d\varepsilon_1 d\varepsilon_2. \quad (5)$$

Для получения дискретной версии функционала I^h алгебраической функции координат узлов необходимо выбрать [1, 2]:

● набор точек и квадратурную формулу для приближенной замены интеграла линейной комбинацией **значений** подынтегрального выражения, вычисленных в точках набора:

● разностные **формулы** для аппроксимации производных $\frac{\partial x_1}{\partial \xi_1}$ через координаты близлежащих узлов.

Данный способ для моделирование параметров пробития композита высокоскоростным ПЭ является наилучшим, так как в каждой четырехугольной ячейке рассматриваются четыре (пересекающихся) треугольника с теми же вершинами (в плоскости (ξ_1, ξ_2) треугольники будут прямоугольными). Функция $\vec{x}\left(\vec{\xi}\right)$ внутри каждого треугольника считается линейной, а ее производные $\frac{\partial x_1}{\partial \xi_1}$ и, следовательно, все подынтегральное выражение являлись постоянными. Интеграл от постоянной величины по треугольнику равен произведению площади треугольника на эту величину. Так как суммарная площадь четырех треугольников равна удвоенной площади ячейки, то и сумма интегралов, каждый из которых опирается на один из четырех типов треугольников из разных ячеек, будет аппроксимировать удвоенную величину минимизируемого функционала.

Список литературы

1. Агапов П.И., Обухов А.С., Петров И.Б., Челноков Ф.Б. Компьютерное моделирование биомеханических процессов сеточно-характеристическим методом // Управление и обработка информации:модели процессов: сб. ст. / Моск. физ.-тех. ин-т. – М., 2001. – С. 95–114.

2. Гребенюк И.И. Геометрическое моделирование сложных поверхностей: тезисы доклада // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2009: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции – Том 3. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2009 – С. 87–90.

3. Гребенюк И.И. Моделирование параметров композитной брони: монография / И.И. Гребенюк, В.С. Ивановский, В.А. Лукомец, А.В. Наговицын, А.В. Реков. – Кстово: НВИИВ, 2010. – 526 с.

4. Исследование средств композитной защиты военно-инженерной техники: отчёт НИР «Защита 2» / под рук. И.И. Гребенюка – Кстово: НВИИВ, 2011. – 315 с.

ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ

Карелин А.Н.

Филиал Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, Северодвинск, e-mail: cascad@atnet.ru

Для совершенствования электродных систем применим теорию подобия элементарного вибратора с элементами аналогии.

Теоретический и практический интерес представляет исследование и моделирование электромагнитных процессов, протекающих в различных пространственно-энергетических областях энергоустановок. Если есть отверстие в плоскости, то в окружающем пространстве появляется искажение электромагнитного поля за счет нарушения экранировки.

Определение поля сводится к решению двух задач:

– нахождение распределения поля между краями отверстия (внутренняя задача);

– нахождение распределения поля за экраном, по распределению поля между краями отверстия (внешняя задача).

1. Решение первой (внутренней) задачи встречает определенные трудности. Применяется упрощение – отверстие не вносит каких-либо искажений в распределение поверхностных токов. Тогда токи смещения в отверстии являются продолжением токов проводимости. Зная связь между током смещения и напряженностью электрического поля, можно найти параметры поля между краями отверстия. Предлагаемое решение основывается на теории подобия элементарного вибратора с элементами аналогии.

Аналогия основывается на конструктивном и теоретическом подобии. Лоренц привел уравнения Максвелла к волновым уравнениям (поле заряда и электромагнитная волна имеют общую природу и описываются уравнением с запаздывающими потенциалами). Это подтвердилось «Специальной теорией относительности». Однако оказалось, что в рамках «запаздывающих потенциалов» проблема электромагнитной массы не имеет удовлетворительного решения.

2. Решение внешней задачи – определение электромагнитного поля в полупространстве за экраном теплового излучателя, в котором прорезано отверстие, производится с помощью леммы Лоренца, согласно которой для двух независимых электромагнитных полей и (напряженности электрического и магнитного поля) изменяющихся по одному гармоническому закону.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Космынин А.В., Чернобай С.П.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: avkosm@knastu.ru

Одним из приоритетных направлений развития современной технологии производства деталей летательных аппаратов является высокоскоростная механическая обработка. Ее внедрение в авиационную промышленность позволяет повысить производительность труда при одновременном повышении точности обработки и качества изготовления деталей.

Важным фактором успешной реализации высокоскоростной обработки является тип опор, применяемых в шпиндельных узлах (ШУ) металлообрабатывающих станков. В основном шпиндели устанавливают на опоры качения, что приводит к нестабильной траектории движения шпинделя, тепловым смещениям подшипниковых узлов, ограниченному ресурсу ШУ и т.д. Перечисленных недостатков лишены ШУ с подшипниками на газовой смазке.

Газовые подшипники способны надежно работать при высокой и низкой температуре и влажности, их применение исключает загрязнение окружающей среды, уменьшает уровень шума и вибрации. Такие подшипники практически лишены износа, поэтому высокие показатели точности вращения шпинделя сохраняются практически весь срок эксплуатации станков.

Различные вопросы разработки и исследований высокоскоростных шпинделей с подшипниками на газовой смазке рассмотрены в целом ряде работ. При этом во всех представленных конструкциях ШУ использовались газовые опо-