

Для решения сопряженных задач теплогазодинамики и теплопроводности в теле вводится неизвестный параметр, в качестве которого принимается температура поверхности тела. Этот параметр определяется из граничных условий IV рода в виде непрерывности на границе «газ – твердое тело» температур и проекций тепловых потоков на направление нормали к поверхности. После определения температуры поверхности последние подставляются в решения уравнений пограничного слоя и в решения задач теплопроводности.

Особенностью решения задач аэродинамического нагрева высокоскоростных ЛА является высокий уровень температур в ударном слое между ударной волной и затуплением, вследствие чего молекулы кислорода и азота воздуха диссоциируют на атомы с поглощением огромной энергии, а на более холодной стенке атомы рекомбинируют в молекулы с выделением того же количества теплоты. Поэтому для упрощения решения рассматривается бинарным, состоящим из легкого компонента – атомов и тяжелого – молекул.

При этом, если стенка является каталитичной к процессу рекомбинации атомов, выделение теплоты при рекомбинации укоряется.

Получены результаты численных расчетов тепловых потоков к телу и температур поверхности тела в широком диапазоне чисел Маха набегающего потока и константы скорости рекомбинации атомарной компоненты на каталитически активной стенке. Приводятся результаты расчетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-08-00880

УДК 539.3

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛАСТИН ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

ФАН ТУНГ ШОН

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский авиационный институт (НИИ);

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Рассматриваются нестационарные колебания пластин, ограниченных произвольным замкнутым контуром. Для описания колебаний пластин используются модели Кирхгофа и Тимошенко. Полагается, что в начальный момент времени пластина находится в недеформированном состоянии. Затем она нагружается произвольно распределённой нагрузкой, зависящей от времени. По контуру пластина закреплена произвольным образом. Материал пластин полагается однородным изотропным и линейно упругим. Толщина пластин постоянная.

Математическая модель пластины включает известные уравнения движения, геометрические и физические соотношения [1]. До разрешающей системы уравнений они дополняются начальными и граничными условиями.

Для построения разрешающих уравнений используем подход, основанный на методе функций влияния [2–7]. Для этого первоначально аналитическими методами строятся функции влияния (перемещения и усилия) для пластины. Они представляют собой решение задач о воздействии на неограниченную пластину сосредоточенных нагрузок специального вида. Для математического описания этих нагрузок используются обобщённые функции. Решения этих задач строятся с применением интегральных преобразований Лапласа по времени и Фурье по пространственным переменным. Для построения оригиналов применяется техника последовательного обращения интегральных преобразований, а также разложения в ряды на переменном интервале.

Разрешающая система уравнений для ограниченных пластин строится с использованием интегральных соотношений связи перемещений и усилий с функциями влияния. При этом в срединной плоскости неограниченной пластины проводится фиктивный контур, задающий геометрию конечной пластины. На этом контуре ставятся соответствующие исходной задаче граничные условия. Для обеспечения эквивалентности задачи для бесконечной пластины с фиктивным контуром исходной задаче для ограниченной пластины на контуре задаётся система фиктивных нагрузок, подлежащих определению в процессе решения задачи. Эти нагрузки (усилия и моменты) сосредото-

ны вдоль контура, а их распределение и зависимость от времени должны быть таковы, чтобы выполнялись заданные в исходной задаче граничные условия.

С использованием интегральных соотношений для перемещений и усилий, ядрами которых являются найденные функции влияния, задача сводится к решению системы интегральных уравнений относительно фиктивных нагрузок, распределённых вдоль контура. Для её решения предлагается использовать два подхода. Первый из них предполагает применение интегрального преобразования Лапласа по времени, в результате чего задача сводится к граничным интегральным уравнениям с интегрированием вдоль контура пластины относительно изображений по Лапласу искомым фиктивных нагрузок. Второй метод предполагает конечно-разностную аппроксимацию по времени, и на каждом временном шаге задача опять сводится к решению граничных интегральных уравнений вдоль контура пластины. Затем проводится аппроксимация контура пластины примыкающими друг к другу прямолинейными элементами. В пределах каждого элемента фиктивные нагрузки распределены постоянно и зависят только во времени. В результате задача сводится к системе алгебраических уравнений относительно либо изображений по Лапласу компенсирующих нагрузок, либо их значений в узлах временной сетки на каждом элементе контура. Решив её, получаем приближённые функции компенсирующих нагрузок на каждом граничном элементе. В случае применения интегрального преобразования Лапласа дополнительно проводятся процедуры построения оригиналов. При этом при невозможности аналитического обращения применяются высокоэффективные техники численного обращения интегрального преобразования Лапласа. Затем из исходных интегральных соотношений с использованием найденных фиктивных нагрузок находится приближенное решение задачи о нестационарных колебаниях пластины, ограниченной произвольным контуром.

Список литературы

- 1 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : Физматлит, 2004. – 472 с.
- 2 Сердюк, А. О. Нестационарное напряженно-деформированное состояние анизотропной пластины / А. О. Сердюк, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Упругость и неупругость : материалы Междунар. науч. симпозиума по проблемам механики деформируемых тел, посвященного 110-летию со дня рождения А. А. Ильюшина (Москва, 20–21 января 2021 г.). – М. : Гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2021. – С. 438–444.
- 3 Функция влияния нормальных перемещений анизотропной пластины Тимошенко / А. О. Сердюк [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.) / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 185–186.
- 4 Сердюк, А. О. Нестационарная функция прогиба для неограниченной анизотропной пластины / А. О. Сердюк, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Физико-математические науки. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 111–126. – DOI: 10.14498/vsgtu1793.
- 5 Green's function for an unbounded anisotropic kirchhoff-love plate / A. O. Serdyuk [et al.] // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2021. – Vol. 27, no. 5. – P. 747–761.
- 6 Timoshenko beam and plate non-stationary vibrations / G. V. Fedotenko // INCAS Bulletin. – 2021. – Vol. 13, Spec. is. – P. 41–56. – DOI: 10.13111/2066-8201.2021.13.S.5.
- 7 Фан Тунг Шон. Нестационарное деформирование пластины, ограниченной произвольным гладким контуром / Фан Тунг Шон, К. А. Кулаженкова, Г. В. Федотенков // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVIII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ТРП, 2021. – С. 135–136.

УДК 620.178

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ КАТЯЩЕГОСЯ КОЛЕСА С ТОНКИМ УПРУГИМ ОБОДОМ

Д. А. ЧЕРНОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Е. В. КОДНЯНКО

Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством, Республика Беларусь

В настоящее время в конструкциях различных машин и механизмов широко используются полимерные покрытия, обеспечивающие повышение износостойкости детали, а также защиту от коррозии и других негативных воздействий. Прогнозирование механических параметров пар трения, содержащих полимерные покрытия, требует решения соответствующих контактных задач. В част-