

УДК 539.4:621.81

В.В. КУЛИБАБА, В.Ю. ЗАХАРОВ, Д.В. МАСЛОВ*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Калужский филиал, Калуга, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ

Целью работы является создание эффективного программного обеспечения для исследования и проектирования сложных технических систем, базирующегося на математическом и геометрическом моделировании, теории вычислительных алгоритмов и современных вычислительных средствах в сочетании с методом конечных элементов. В работе исследованы вопросы прочности конструкций, выполненных из гипотетических материалов, способных выдерживать только сжимающие напряжения и не сопротивляющихся растяжению при деформировании. Для решения поставленных задач используются математические трехмерные конечноэлементные аппроксимации высокого уровня с учетом специфики деформирования и разрушения конструкций. (Исследования проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области (проект № 06-01-96307)).

математическое моделирование, деформирование, разрушение, надежность, пластичность, численные методы

Введение

Постановка проблемы и ее связь с научно-техническими задачами. В связи с созданием крупных и уникальных машин и агрегатов (корпуса атомных реакторов, роторов сверхмощных турбин и генераторов) возникла необходимость исследования упругопластических деформаций. Повышение напряженности элементов современных конструкций и энергетических установок в процессе их проектирования требует использование более совершенные методов расчета, учитывающих как реальные особенности деформирования, так и реальную геометрию тела. Этим требованиям при определенных условиях отвечает применение теории пластичности в сочетании с методом конечных элементов [1, 2].

Современное развитие технологии характеризуется повышением совершенства продукции с большими финансовыми и временными затратами. Применение комплекса CALS-технологий позволяет сократить сроки появления новых изделий

Обзор публикаций и выделение нерешенных задач. В настоящее время в связи с актуальностью

данных исследований существует значительное количество конечноэлементных программ (ANSYS, NASTRAN, COSMOS и др.). Основной целью работы является создание эффективного математических моделей и программного обеспечения для исследования и проектирования сложных технических систем, базирующегося на математическом и геометрическом моделировании, теории вычислительных алгоритмов и современных вычислительных средствах в сочетании с методом конечных элементов. Перспективными исследованиями в данном направлении являются: анализ процессов малоциклового нагружения высоконагруженных элементов конструкций; рассмотрение методов хрупкого разрушения с позиций теорий упругости и пластичности; анализ технологических процессов машиностроения. В настоящее время в связи с актуальностью данных исследований в отечественной и зарубежной литературе опубликовано много работ. Вместе с тем ряд задач остается нерешенным и в связи с созданием перспективных конструкций появляются новые.

Постановка задачи данного исследования. Для решения практических задач целесообразно использовать некоторые частные варианты теории пластичности, достаточно правильно описывающие важнейшие стороны данного явления. Наиболее частое применение находят деформационная теория пластичности и теория течения.

Изложение основного материала с обоснованием полученных научных результатов

Для решения поставленных задач предлагается использование математических конечноэлементных аппроксимаций осесимметричных оболочек и трехмерных тел высокого уровня [3, 4].

Для анализа сходимости и оценки точности изложенного алгоритма выполнена серия тестовых расчетов в сопоставлении с приведенными в технической литературе экспериментальными данными, классическими решениями и решениями других авторов, свидетельствующие о возможности применения математических моделей для решения задач упругопластического деформирования. При этом погрешность для решения данных задач (в пределах умеренной степени конечноэлементной идеализации) не превышает инженерную погрешность 10%.

В работе исследованы вопросы прочности конструкций, выполненных из гипотетических материалов, способных выдерживать только сжимающие напряжения и не сопротивляющиеся растяжению при деформировании. Данные материалы во многом аналогичны идеально пластичному материалу.

В явном виде соотношение между напряжениями и деформациями записать не удастся, однако достаточно воспользоваться соотношениями теории упругости, а при появлении растягивающих напряжений приравнять их нулю.

Проведен анализ влияния конструктивных параметров керамических деталей и узлов соплового

аппарата газотурбинного двигателя, а также параметров теплового и силового нагружения на напряженно-деформированное состояние с целью оптимизации конструкции и выбора направления доводки изделия.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

На основе трехмерных конечноэлементных аппроксимаций высокого уровня с учетом специфики разрушения и деформирования проведены расчеты конструктивных элементов машиностроительных и приборостроительных конструкций. Перспективами дальнейших исследований является учет влияния армирующих элементов, анизотропии и т.д.

Литература

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1968. – 400 с.
3. Кулибаба В.В., Захаров В.Ю., Орешников В.С., Голиков А.С. Математическое моделирование процессов упругопластического деформирования элементов роторных систем на основе пространственных расчетных схем // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2005. – № 9(25). – С. 224-225.
4. Кулибаба В.В., Захаров В.Ю., Голиков А.С., Маслов Д.В. Математическое моделирование процессов упругопластического деформирования машиностроительных конструкций // *Тяжелое машиностроение*. – 2006. – № 1. – С. 15-16.

Поступила в редакцию 1.06.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н.П. Щербак, Московский гуманитарно-экономический институт, Калужский филиал, Калуга.