

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.