

УДК 531/354:061.3

**ВСЕСОЮЗНОЕ НАУЧНОЕ СОВЕЩАНИЕ
ПО ПРОБЛЕМАМ ПРОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Комиссия по прочности двигателей при научном совете АН СССР по проблемам прочности и пластичности провела в Ленинграде с 27 по 30 марта 1979 г. Всесоюзное научное совещание по проблемам прочности двигателей. В его работе приняли участие 500 ученых и специалистов, представляющих научные учреждения, вузы и промышленные предприятия Москвы, Ленинграда, Киева, Риги, Куйбышева, Харькова, Казани, Омска, Запорожья, Уфы, Челябинска, Свердловска, Сумы, Калуги.

Открывая совещание, председатель комиссии по прочности двигателей член-корреспондент АН СССР Э. И. Григolloк отметил значительные успехи, достигнутые за последнее время в развитии современного двигателестроения. Он кратко сформулировал цели и задачи совещания и перечислил важнейшие проблемы, стоящие перед специалистами по прочности двигателей.

На совещании было заслушано 74 доклада по многим актуальным вопросам прочности двигателей. На пленарных заседаниях состоялось пять обзорных докладов.

С. М. Шляхтенко (Москва) «Некоторые вопросы высокотемпературных газотурбинных двигателей» в своем докладе отметил, что для дальнейшего совершенствования ГД следует разрабатывать в большей степени их материалы и технологию, т. е. газодинамические параметры двигателей близки к своим предельным значениям. Очень важно улучшать конструкции двигателя за счет, например, автоматического слежения за радиальными зазорами, увеличения модульности конструкции и ее контролепригодности.

И. А. Биргер (Москва) в докладе «Детерминированные и статистические модели разрушения твердых тел» рассматривал модели разрушения статической прочности, длительной статической прочности, усталости и малоциклового усталости при простых и сложных напряженных состояниях; указал на некоторые способы суммирования повреждений при одновременном воздействии разнородных процессов разрушения; предложил статистические модели разрушения, учитывающие рассеивание факторов нагружения и прочности материалов.

С. М. Бреховских (Москва) предложил таксономическую модель подсистемы «материалы», которая определяет принципы и логические правила деления подсистемы на типы, классы, виды и подвиды. («Таксономия конструкционных материалов»).

И. Н. Молчанов докладывал о применении ЭВМ в механических расчетах и о достоверности результатов, получаемых с помощью ЭВМ в процессе численного моделирования при проектировании газотурбинных двигателей.

В докладе В. М. Панферова (Москва) «Некоторые проблемы высокотемпературной прочности» изложена теория нелинейной упругости и деформационной пластичности анизотропных «разномодульных» материалов, основанная на представлении потенциала напряжений как функции совместных инвариантов тензора малых деформаций и единичных векторов, задающих физические главные направления анизотропии.

Работа совещания протекала в двух секциях. На заседаниях первой секции рассматривались: вопросы применения метода конечных элементов к решению пространственных задач термоупругости в турбостроении (А. И. Быков, П. С. Куратов, В. С. Постоев, Н. Н. Шапов — Ленинград); методы расчета элементов авиадвигателей типа слоистых пластин и оболочек с учетом локальных эффектов (В. Е. Чепига — Ленинград); исследование флаттера венца лопаток с активационными полками (М. В. Бондаренко, В. И. Быков — Москва); некоторые динамические модели, используемые для расчета коленчатых валов на колебания (М. Л. Кемпнер, С. В. Нестерова — Москва, Горький); решение задач колебаний пространственно-криволинейных тонкостенных стержней переменного сечения открытого профиля (А. М. Баженов, К. С. Пулькис, Е. В. Рогова — Москва, Омск); изгибные и крутильные колебания пакетов валов роторов высокооборотных турбомашин (Р. М. Коган, А. А. Козлова — Москва); метод расчета температурных полей и напряжений в стенках корпусов энергетических машин при нестационарных режимах (Д. Б. Вирюков, В. С. Постоев — Ленинград); нелинейные колебания амортизированных объектов, установленных на транспортных конструкциях, под действием импульсных кинематических внешних воздействий (Г. В. Мищенко, Ю. П. Самсонов, В. Ф. Шатохин, Е. Б. Карпин — Москва, Калуга); исследования несущей способности элементов корпусов двигателей, состоящих из эллиптических и сферических днищ и цилиндрических оболочек, с локальными ослаблениями (В. С. Гудрамович, В. П. Герасимов — Днепрпетровск); автоматизация расчета на прочность и жесткость корпусов турбомашин (М. Н. Дубровина, М. Я. Куднер, Е. А. Кушнеров, Ю. В. Райков — Москва); методы расчета температурных напряжений в лопатках турбомашин (А. И. Ушаков, В. А. Фатеев — Москва); задача о проектировании диска минимального веса, имеющего заданные значения нескольких первых собственных частот связанных колебаний системы диск — лопатки (В. Б. Гринев — Харьков).

В докладе Я. М. Григоренко, Б. И. Митлина, Г. А. Раера (Ленинград) «Расчет статической напряженности колес центробежных компрессоров» предложен метод расчета, учитывающий реальную геометрию деталей и дискретное расположение лопаток и анализируется напряженное состояние различных типов колес.

Л. И. Фридман (Куйбышев). «Статика и динамика тела вращения» предложил алгоритм статического и динамического расчета тела вращения на неосесимметричную нагрузку. В качестве основной канонической формы в работе рассмотрен полый и сплошной цилиндр, для которого строится точное решение статической и динамической задач теории упругости.

С. И. Богомолов, А. М. Журавлева, С. К. Шелковий (Киев) «Анализ динамических характеристик корпуса цилиндра низкого давления на основе пространственных пластинчатых моделей» разработали алгоритмы и программы расчетов спектров собственных частот и форм и динамических податливостей корпуса цилиндра паровой турбины. Провели расчеты реальной конструкции, рассмотрели изгибные, плоскостные и конструктивно связанные изгибно-плоскостные колебания составляющих моделей пластин.

Н. П. Знаменский, Н. И. Котеров (Москва) «Определение прогибов роторов ГТД барабанно-дискового типа при действии на них изгибающих нагрузок» предложили метод расчета, позволяющий определить перемещения характерных элементов роторов ГТД, при действии на них антисимметричных нагрузок.

И. В. Демьянушко (Москва) «Малоцикловая усталость дисков турбин газотурбинных двигателей» привела результаты расчетно-экспериментальных исследований влияния концентрации напряжений на прочность дисков при циклическом нагружении и прогнозирования долговечности.

Ю. М. Темис (Москва) «Анализ численных методов решения задач упругопластического деформирования деталей газотурбинных двигателей» рассмотрел вопросы сходимости методов решения упругопластических задач на основе соотношений деформационной теории пластичности и теории пластического течения.

В. И. Коновалов, В. А. Лотарев, Ф. М. Муравченко, Б. Г. Резник (Запорожье) «Исследование колебаний с бегущей волной в оболочке вала газотурбинного двигателя» представили результаты экспериментального исследования колебаний с бегущей волной в оболочке вала ГТД. Результаты исследования, полученные на двигателе, сопоставлены с расчетными и лабораторными исследованиями. Показаны мероприятия, исключающие колебания оболочки вала.

Ю. С. Воробьев, М. Л. Корсунский «Особенности колебаний пакетов лопаток с технологической расстройкой» вариационным методом с использованием идеи расчета системы по частям решили задачу о внутрипакетных колебаниях системы лопаток с различными видами связей, в которой приведены серии расчетов, показывающие разброс напряжений при различных типах расстройки и даны рекомендации по рациональной комплектации пакетов лопаток с технологическими отклонениями.

С. И. Богомолов, О. Л. Гарев, В. Б. Гринев (Харьков) «К вопросу об оптимальном проектировании круглых пластин, совершающих изгибные колебания» рассмотрели задачу оптимального проектирования вращающегося диска с заданным диапазоном изменения одной или нескольких частот. Численное решение поставленной задачи оптимизации проводилось методом последовательных приближений по варьируемым функциям. Проведены расчеты оптимальных конфигураций.

Д. А. Гохфельд, В. Э. Гохберг, О. С. Садаков (Челябинск) для расчетов кинетики неупругого деформирования элементов транспортных ГТД предложили использовать структурную модель упруговязкопластической среды, позволяющую учесть взаимное влияние быстрого неупругого деформирования и ползучести. Показано, что такая модель при удовлетворительной адекватности свойствам конструкционных материалов достаточно удобна для применения в инженерных расчетах.

В. К. Алексеев, Ю. Д. Денисов, Р. Г. Перельман, Л. И. Помахаева (Москва) «Эрозионная прочность деталей двигателей из композиционных материалов» изложили результаты экспериментального изучения механизма повреждаемости композиционных материалов и ее влияние на усталостную и изгибную прочность. Привели характеристики эрозионной прочности и методику расчета эрозии деталей двигателей.

Работа второй секции была сосредоточена на следующих вопросах: исследование длительной прочности сплавов для лопаток газотурбинных двигателей в условиях нестационарных температурных режимов (И. П. Бульгин, Е. Р. Голубовская, Г. П. Мельников — Москва); оптимизация спектра частот лопаточного венца за счет межлопаточных связей (Ю. С. Воробьев, В. П. Гошкодери — Харьков); исследования релаксации усилия затяжки болтовых соединений (И. И. Поспелов — Москва), анализ влияния различных факторов на выбор конструкционных материалов для элементов газотурбинных двигателей (Т. П. Захарова, Н. В. Моисеев, Н. П. Семенихин — Москва); методы определения напряжений в дисках сложной формы путем решения задач для плоского напряженного и осесимметричного состояний (А. А. Нигин, В. К. Пушкарев — Москва); исследования напряженно-деформированного состояния консольных панелей применительно к деталям газотурбинных двигателей (А. Л. Берис,

П. Ю. Гинесин и др.— Москва); исследование ползучести пространственных осесимметричных конструкций в условиях сложного нагружения (П. П. Гонтаровский, Ю. И. Матюхин, А. П. Подгорный — Харьков).

В докладе В. П. Мальцева, В. И. Мяченкова (Москва) «Пакет программ расчета статики и динамики подкрепленных пространственных конструкций на ЕС ЭВМ» для решения задач статики и динамики применяется метод перемещений. При этом конструкция разбивается на два типа суперэлементов — оболочечные и стержневые. Матрица жесткости для оболочечных элементов строится при помощи метода ортогональной прогонки С. К. Годунова, матрица жесткости стержневых элементов устанавливается аналитически. Показано, что уравнения равновесия стержневых элементов приводят к системе линейных алгебраических уравнений.

И. И. Гольдберг, Ч. Г. Мустафин, В. В. Некрасов, П. Е. Тхор (Ленинград, Свердловск) «Длительная прочность ободов дисков паровых турбин на базе 50,0 тыс. часов» привели результаты экспериментального исследования длительной прочности плоских моделей ободов дисков с T -образными пазами паровых турбин мощностью 165—250 Мвт.

В. В. Викторов, Г. М. Иванова, А. С. Чурсин (Москва) «Измерение деформации и скорости деформации с помощью сканистора и гамма-резонансного преобразователя» рассмотрели методы измерения величины и скорости деформации с использованием современных физических эффектов на основе фотоэлектрических преобразователей — сканисторов и гамма-резонансных датчиков. Приводятся результаты опытов на простое растяжение стандартных металлических образцов.

В. С. Балина, И. И. Трунин (Ленинград, Москва) «Влияние дискретных перегрузок на прочность и пластичность стали при длительном разрыве» исследовали чувствительность к дискретному увеличению нагрузок корпусной стали 15Х1М1Ф на разных стадиях ползучести. Показали, что конечное влияние перегрузок как на долговечность, так и на суммарную пластическую деформацию зависит от того, на каком этапе ползучести происходит изменение нагрузки, и от того, сопровождается ли это дополнительным мгновенным растяжением.

М. Д. Банов, В. Ю. Колованов (Рига) исследовали возможности применения метода акустической эмиссии для выявления структурных изменений в материале деталей ГТД, вызванных воздействием высоких температур. Показали, что при помощи акустической эмиссии можно установить наличие перегрева в элементах горячей части авиадвигателя.

В принятом совещанием решении отмечен возросший уровень исследований в области прочности и динамики двигателей. Достигнуты значительные успехи в разработке методов исследования, в ряде работ вскрыты и исследованы качественно новые эффекты в поведении механических систем, узлов и элементов двигателей.

Указано на необходимость более интенсивных исследований статической и динамической прочности основных элементов двигателей с учетом реального поведения материала и действительных условий работы, используя при этом вычислительную технику и эффективные методы анализа.

Обращено внимание на усиление работ по созданию математических моделей прочности элементов двигателей на основе широкого использования численных методов, на развитие работ по оптимальному проектированию элементов двигателей с точки зрения их статической и динамической прочности, на перспективность разработок методов расчета, позволяющих оценить долговечность конструкции на основе статистических моделей разрушения.

Следующее совещание по проблемам прочности двигателей намечено провести в Ленинграде в 1981 г.

Е. И. Болдырев

УДК 531/534:061.3

НАУЧНАЯ ШКОЛА МГУ

«Методы исследования стационарных движений механических систем»

Институт механики МГУ и Совет молодых ученых МГУ провели с 5-го по 16-е марта 1979 г. в пос. Колобакино университетскую школу «Методы исследования стационарных движений механических систем». Председатель Оргкомитета школы — член-корр. АН СССР, профессор В. В. Румянцев. В программе школы — 22 лекции, носящие обзорный или методический характер, и 36 кратких научных сообщений.

Девять лекций были посвящены современному состоянию задачи о движениях твердого тела около неподвижной точки или относительно центра масс. В лекции В. В. Белецкого обсуждались вращения небесных тел и явления резонанса между