



УДК 658.5:624.014.:539.4

В.И. Лукашенко

## ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ РЕШЕНИЙ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ АРС НА ПЭВМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СООРУЖЕНИЙ

Определение ресурса элементов сооружений и сооружений в целом является чрезвычайно важной задачей, как при эксплуатации любого объекта, так и при его проектировании.

Под остаточным ресурсом понимается время, в течение которого элемент конструкции, находящийся под определенным видом нагружения (механическим, инерционным, динамическим, термическим, химическим или их комбинация), сохраняет свои физические, геометрические и функциональные характеристики. Определение остаточного ресурса для конструкций с целью продления установленного начального ресурса с учетом реальных последствий эксплуатации и условий работы является весьма актуальной технической и экономической проблемой.

В настоящее время существует достаточно большое разнообразие подходов к решению проблем определения ресурса. В основу большинства методик определения ресурса положены современные подходы, основанные на эмпирических и статистических зависимостях и численных методах, адекватно отражающих процессы, происходящие с конструктивными элементами во времени. Моделирование этих процессов с помощью современных методов и программных средств, позволяющих значительно уточнить и детализировать напряженное состояние элементов конструкций, обеспечивает более достоверное решение задачи определения ресурса.

Для достоверного решения необходимо учитывать многочисленные факторы, влияющие на остаточный ресурс, а методика должна быть подтверждена рядом экспериментов и тестовыми расчетами.

Для осуществления решения данных задач предполагается наличие в используемой для расчетов автоматизированной расчетной системе (АРС) возможности моделирования поведения систем во всех вероятных условиях эксплуатации. Несмотря на огромное изобилие различных АРС многие проблемы не могут быть решены в рамках одних, даже таких мощных систем, как ANSYS, NASTRAN и других, имеющих блоки DURABILITY. Поэтому для моделирования необходимо использовать, как правило, различные АРС, а результаты накапливать путем передачи информации из одних систем в другие. В АРС ЭРА-ПК2000 для этого разрабатываются драйверы для обмена исходной информацией и результатами с другими АРС. В первую очередь, это программы для передачи исходных данных в другие системы.

Для того чтобы осуществить возможность использования конечно-элементной (КЭ) модели,

подготовленной в препроцессорных программах для автоматизированной расчетной системы АРС СУМПАК-ПК, при расчетах в системе многодисциплинарного проектирования NASTRAN, была разработана программа SUMNAST.

При выполнении программы Sumnast каждый конечный элемент системы СУМПАК переводится в соответствующий конечный элемент системы NASTRAN. В данной программе была осуществлена возможность перевода следующих конечных элементов: «пространственная ферма», «пространственная рама», «пространственный элемент шпангоута», «мембрана3», «мембрана4», «сдвиговой элемент» и «оболочка».

С целью обеспечения достоверности и согласованности решений, получаемых при использовании различных АРС, проводились сертификационные исследования и решения тестовых задач с использованием разработанного драйвера. Одна из таких задач: тестирование расчетной модели оболочки, сравнение с расчетом в NASTRANе и экспериментом.

В качестве тестовой задачи выбран тест из [1] (стр. 133): квадратная алюминиевая пластинка со стороной 150 мм, толщиной 1.06 мм, опирающаяся на регулярно расположенные жесткие опоры (пять опор на каждой стороне контура, включая узловые).

В работе проводились экспериментальные замеры частот собственных форм колебаний (Рис. 1).

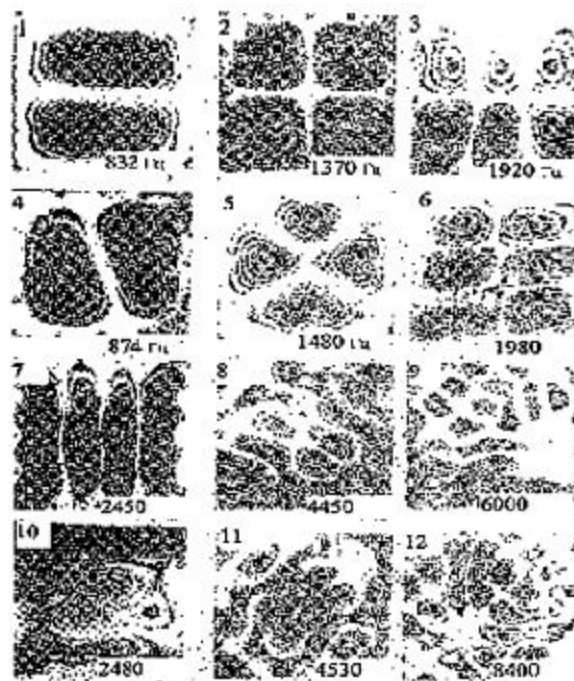


Рис. 1. Формы колебаний, полученные опытным путем

Список частот форм колебаний пластины

	Расчет APC ЭРА	NASTRAN	Эксперимент
1	342	351	-
2	715 а/симметр	739	832 симметр
3	716 а/симметр	742	874 симметр
4	1060 а/симметр	1107	1370 симметр
5	1296 а/симметр	1352	1480 симметр

Частоты колебаний в Гц, на которых зарегистрированы в эксперименте формы колебаний, приведены на рис. 1.

Видно, что в эксперименте зарегистрированы не все теоретически возможные формы колебаний. Погрешность эксперимента по оценке [1] до 8 %.

Погрешность при сравнениях с экспериментом объясняется следующими факторами:

- погрешностями эксперимента;
- несоответствием краевых условий (точечная сварка жестче, чем идеальный жесткий узел и это приводит к повышению частот форм собственных колебаний);
- грубостью конечно-элементной сетки (в районе узлов крепления).

В табл. 1 приведен список частот идентифицированных с экспериментальными форм колебаний. В ней же для сравнения приводятся результаты расчета этой же пластины в NASTRAN с использованием разработанного драйвера исходных данных. Сравнение результатов расчета в NASTRAN с APC ЭРА-ПК2000 (по данным [2] с несимметричной регулярной сеткой) дает отличие порядка 3%.

Ниже (рис. 2) приводится результат расчета этой же пластины в NASTRAN. Влияние несимметричности сетки в расчете APC ЭРА-ПК отражается в антисимметричности форм. Отличие одностороннее по всем формам объясняется именно этим фактом. При использовании симметричной сетки различной густоты получены симметричные формы, совпадающие с полученными в NASTRAN, соответствующими формами. Значения частот также сближаются с полученными в NASTRAN.

На рис. 3 показана вторая симметричная форма собственных колебаний, полученная для симметричной сетки одинаковой с расчетом в NASTRAN. При полном соответствии форм отличие составляет 2%.

Сравнение результатов показывает, что сгущение сетки приводит к сближению результатов расчета с экспериментальными и полученными в NASTRAN. Изменение в среднем для частот составляет 5-6% в сторону увеличения и сближения с результатами эксперимента (оценка идентификации по низшим частотам).

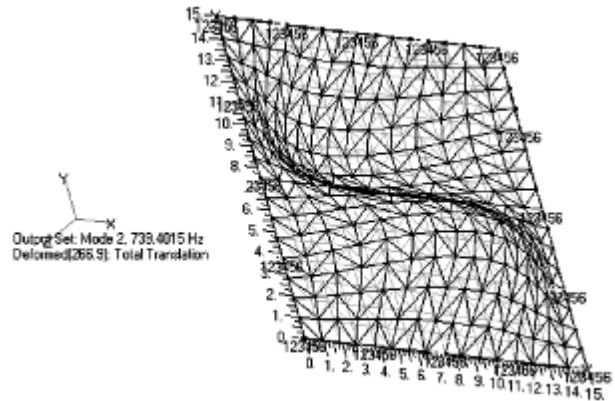


Рис. 2. Вторая симметричная форма собственных колебаний (в NASTRANe)

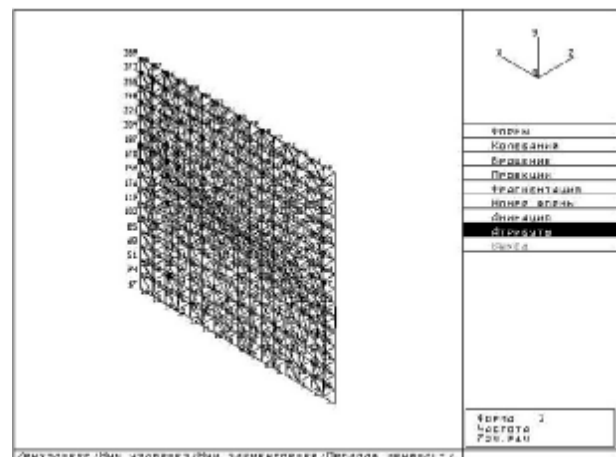


Рис. 3. Вторая симметричная форма собственных колебаний в расчете варианта PLAST в ЭРА-ПК2000



Необходимым условием успешного практического использования разрабатываемых методик для достоверных оценок долговечности и остаточного ресурса конкретных конструкций и их деталей является наличие и постоянное пополнение развитых библиотек и баз данных. Это данные и общего назначения, характеризующие типовые свойства конструкций и материалов изделий той или иной серии, и данные, отражающие отличительные особенности каждого изделия, проявляющиеся в течение всего жизненного цикла изделия и позволяющие достоверно прогнозировать ресурс на любом этапе эксплуатации по заданной истории и известной предыстории нагружения. Создание таких библиотек и баз данных предполагает большой объем дополнительных расчетных и экспериментальных исследований и привлечения значительных материальных и финансовых ресурсов. Последующее развитие и пополнение баз позволит с возрастающей эффективностью управлять качеством и

долговечностью конструкций и обеспечивать все более высокую достоверность оценок ресурса их деталей.

#### Литература

1. Смирнов В.А. Экспериментальные исследования влияния несовершенств на кратные частоты резонансных колебаний двоякосимметричных пластинок. // Расчет строительных конструкций с учетом физической нелинейности материала на статические и динамические нагрузки. Межвузовский тематический сборник трудов. – Ленинград, 1984. – С. 126-137.
2. Отчет по теме Договора 29/40 – 2000. Разработка Автоматизированной Расчетной Системы “Экспертиза, Расчет, Анализ Пространственных Конструкций” (АРС ЭРА-ПК2000) для исследований Конструктивных Силовых Схем (КСС) и прочности проектируемых вертолетов при действии статических и динамических нагрузок.