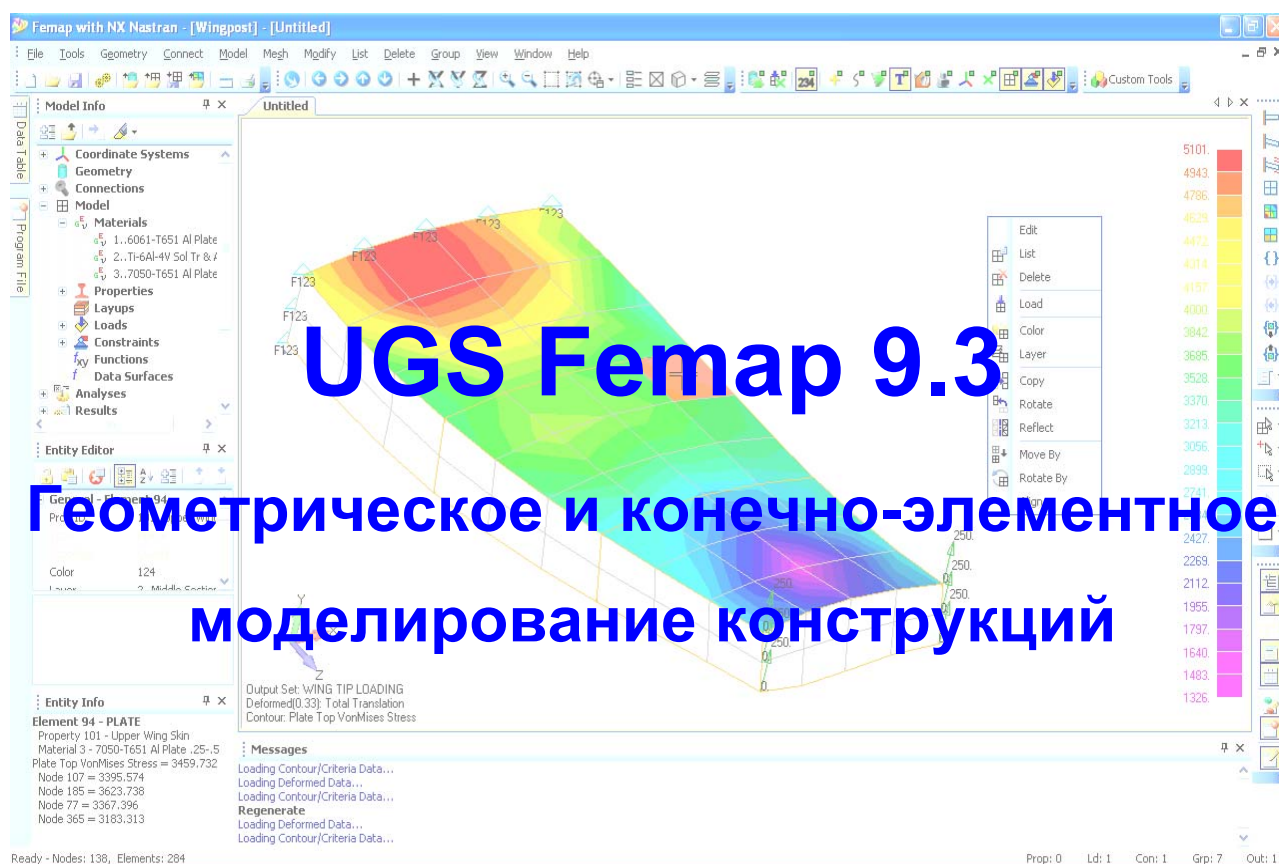


# Рудаков К.Н.



КИЕВ 2009



Рудаков Константин Николаевич,  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры  
динамики, прочности машин и сопротивления материалов  
Национального технического университета Украины  
„Киевский политехнический институт”

## **Рудаков К.Н.**

### **UGS Femap 9.3. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций. – К., 2009. – 296 с.**

В книге приведены основные сведения о работе в среде программного комплекса Femap 9.3 фирмы UGS Corp. для операционной системы Windows NT (2000, SP3; XP, SP2; Vista), который имеет две составляющие: универсальный пре- и постпроцессор **FEMAP 9.3**, а также анализатор **NX Nastran 5.0**.

Инструменты FEMAP позволяют проводить геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций, задавать начальные и граничные условия нагружения, т.е. создавать краевые задачи (препроцессор) для их дальнейшего конечно-элементного расчета с применением NX Nastran (процессор) с последующим просмотром и документированием результатов в среде FEMAP (постпроцессор).

Для студентов, аспирантов и инженеров, применяющих методы математического моделирование для численных расчетов на ПЭВМ теплового и напряженно-деформированного (статического, квазистатического или динамического) состояния элементов конструкций.

Материал, изложенный в этой книге, автором проверен. Но, поскольку вероятность человеческих ошибок существует всегда, автор не может гарантировать абсолютную точность и правильность приведенной информации. Объем книги очень ограничен по сравнению с реальным объемом информации, изложенным в Help UGS Femap 9.3 и в литературных источниках. Кроме того, эта книга не является официальным изданием фирмы-производителя программного комплекса UGS Femap 9.3. Поэтому автор не несет никакой ответственности за возможные отрицательные последствия, связанные с использованием материалов этой книги.

## ВВЕДЕНИЕ

**FEMAP** (аббревиатура от **Finite Element Modeling And Post-processing**) является средой для подготовки конечно-элементных моделей конструкций и соответствующих краевых задач для дальнейшего их расчета (**Finite Element Modeling**, пре-процессор), а также для просмотра и документирования результатов расчетов (**Post-processing**, пост-процессор).

На конец 2008 года актуальны версии UGS FEMAP 9.x (9.0, 9.1, 9.2, 9.3) со встроенным анализатором NX Nastran 4.x или 5.0 (**NASTRAN** – от **NA**sa **STR**uctural **AN**alysis).

Кроме того, в эксплуатации находится много версий MSC.FEMAP (6.0, 7.x, 8.x и прочие), в частности с некоторыми модификациями. Среда FEMAP фирмы MSC.Software Corp. предназначена для обслуживания конечно-элементных расчетов многих программ фирмы (насчитывает около 20 программ), в первую очередь – программы **MSC.Nastran**.

FEMAP – не единственный пре- и пост-процессор для анализаторов. Например, MSC.Nastran еще входит в состав комплекса с пре- и пост-процессором **MSC.Patran**. Свой пре- и пост-процессор имеет **ANSYS**, другие программные комплексы для конечно-элементных расчетов. Еще есть очень совершенный пре- и пост-процессор **Altair HyperMesh 3D**, который имеет свой встроенный анализатор.

Популярность FEMAP обусловлена относительной простотой и, одновременно, значительной универсальностью, поскольку FEMAP имеет интерфейсные инструменты импорта и экспорта проекта и его частей со многими программами, в частности **PATRAN**, **MARC**, **ABAQUS**, **LS-DYNA3D**, **ANSYS**, **MSC.Software**, **NEi.Nastran** и т.п. Но в этой книге FEMAP рассматривается как пре- и пост-процессор только для **NX Nastran 5.0**.

При написании этой книги использовалась демо-версия UGS Femap 9.3, S/N 000-00-00-DEMO-406F (имеет очень значительные ограничения по количеству объектов: точек, линий, узлов конечно-элементной сетки и т.п.) в составе FEMAP 9.3.0 и NX Nastran 5.0 (2007-й год выпуска, фирма UGS Corp.). В дальнейшем будем применять сокращенное название: **UGS.F93**. Также применялся встроенный (англоязычный) справочник (вызывается командами меню „**Help**”).

С помощью FEMAP 9.3 можно подготовить для NX Nastran такие *основные* краевые задачи: теплопроводность стационарная и нестационарная, статическое (термо)упругое состояние (линейная или нелинейная упругость), статическое (термо)пластическое состояние, (термо)ползучесть, устойчивость упругих тел, частотный анализ, динамическое ударное, гармоническое и „случайное” нагружение, оптимизация конструкции, контактный анализ. Конструкция может быть аппроксимирована разнообразным набором конечных элементов: одно-, дво- и трехмерных с разными свойствами, из разных материалов, характеристики которых могут зависеть от температуры или скорости деформирования.

Полный цикл проведения анализа элемента конструкций состоит из таких этапов:

- анализ геометрии элемента конструкции (тела), условий его нагружения, свойств материала (ов) тела, создание расчетной модели;
- введение теплофизических и механических характеристик материалов;
- создание геометрической и на ее основе – конечно-элементной модели тела; или создание конечно-элементной модели тела сразу, без геометрической модели;
- введение начальных и граничных условий;
- проведение расчетов;
- визуализация полученных результатов и их критический анализ;
- при необходимости – модификация конечно-элементной модели тела, характеристик материалов, начальных и граничных условий, повторное проведение расчетов;
- фиксация полученных результатов (создание рисунков растровой графики, вывод на печатающее устройство текстовой и/или графической информации, передача в другие программы).

Будем считать, что пользователь знаком с основами теорий теплопроводности, упругости, пластичности, ползучести, колебаний и устойчивости, которые применяются при постановках соответствующих краевых задач; а также с методом решения этих задач – методом конечных элементов, примененным в NX Nastran. На помощь в Приложениях помещены некоторые общие сведения про эти теории и методы.

Рассмотрим несколько важных понятий (определений) FEMAP.

**Рабочее поле** – поле „окна” FEMAP, созданное с применением технологии компьютерной графики OpenGL, в котором изображены объект или график. Текущие текстовые сообщения выводятся на другое поле – „**Messages**” (сообщений).

**ID** – внутренний идентификационный номер (код) введенных значащих объектов: точек, линий, поверхностей, объемов, функций, материалов, наборов свойств и т.п. Вводится автоматически или пользователем. Для каждого типа объектов нумерация – отдельная.

**Inc** (инкремент) – величина автоматического приращения **ID** при появлении нового объекта.

**Title** – название некоторых введенных значащих объектов: функций, материалов, поверхностей, объемов, наборов свойств и т.п. Вводится автоматически или пользователем.

**ID** и **Title** нужны для предоставления возможности адресного доступа к объектам при дальнейшей работе с ними.

**DOF** – степени свободы каждого узла конечно-элементной сетки. Их шесть: три – перемещение (**Translation**) вдоль указанной координатной оси (обозначаются как **TX**, **TY** и **TZ**), три – вращение (**Rotation**) узла вокруг оси, параллельной указанной координатной оси (обозначаются как **RX**, **RY** и **RZ**).

**Workplane** (рабочая плоскость) – вспомогательная плоскость с самостоятельными координатами **X** и **Y**. Назначение – облегчение построения геометрических объектов. Координаты введенных на рабочей плоскости геометрических объектов автоматически пересчитываются в текущую глобальную систему координат (**CSys**): декартову, цилиндрическую или сферическую. Значительная часть инструментов для построения геометрии работает только в рабочей плоскости.

Некоторые очень важные свойства FEMAP и NX Nastran, которые пользователю необходимо учитывать всегда:

- FEMAP не имеет конкретной системы измерений геометрических и физических величин. Поэтому при создании модели пользователю необходимо выбрать какую-то конкретную систему измерений, например: мм, Н, МПа = Н/мм<sup>2</sup>, сек., Дж, К и строго придерживаться ее. Есть и несколько исключений, в частности, углы задаются в градусах, скорость вращения – в оборотах за единицу времени; ускорение вращения – в радианах, отнесенных к квадрату единицы времени;

- команда „**Undo**” (отмена последнего действия, шаг назад) в FEMAP фактически не имеет полной или фиксированной глубины, хотя максимально возможное количество шагов назад может устанавливаться пользователем (см. Раздел 1.5). Нельзя отменить необратимые по сути команды из меню „**File**”, „**View...**”, „**Window...**” и т.п. Например, запись в файл модели, уплотнение этого файла (командой **File**→**Rebuild...**). Есть и другие необратимые ситуации. Поэтому не следует рассчитывать на то, что всегда можно будет возвратиться к какой-нибудь предыдущей ситуации. Сообщение об отмене команды появляется на поле „**Messages**”;

- NX Nastran при каждом расчете создает несколько новых файлов, которые не удаляет, а также временные файлы, размер которых зависит от размера задачи и может быть очень значительным (сотни мегабайт, гигабайты). Если в процессе работы NX Nastran состоялся крах операционной системы или программы (например, вследствие выключения электроэнергии), то временные файлы не удалятся. Поэтому пользователю нужно иногда самостоятельно удалять ненужные файлы в рабочих папках и в системной папке ...\**Temp**, особенно после краха системы или программы.

\* \* \*

Эта книга не содержит исчерпывающей информации о UGS.F93. Ее назначение – предоставить пользователю первичные сведения о FEMAP и его инструментах для создания геометрической и конечно-элементной модели тел; об особенностях задания начальных и граничных условий основных краевых задач, которые могут решаться программой NX Nastran; о просмотре и фиксации результатов. Помогают процессу овладения UGS.F93 файлы проектов-примеров, которые можно найти в папке ...\\FEMAP93\\Examples, а также сведения из встроенного „Help”.

FEMAP довольно быстро развивается, но внешне и по назначению его основные инструменты остаются почти неизменными. Популярность FEMAP и Nastran довольно велика. Поэтому автор надеется, что его кропотливая работа не напрасна, а эта книга послужит пользователям при освоении этой и новых версий FEMAP.