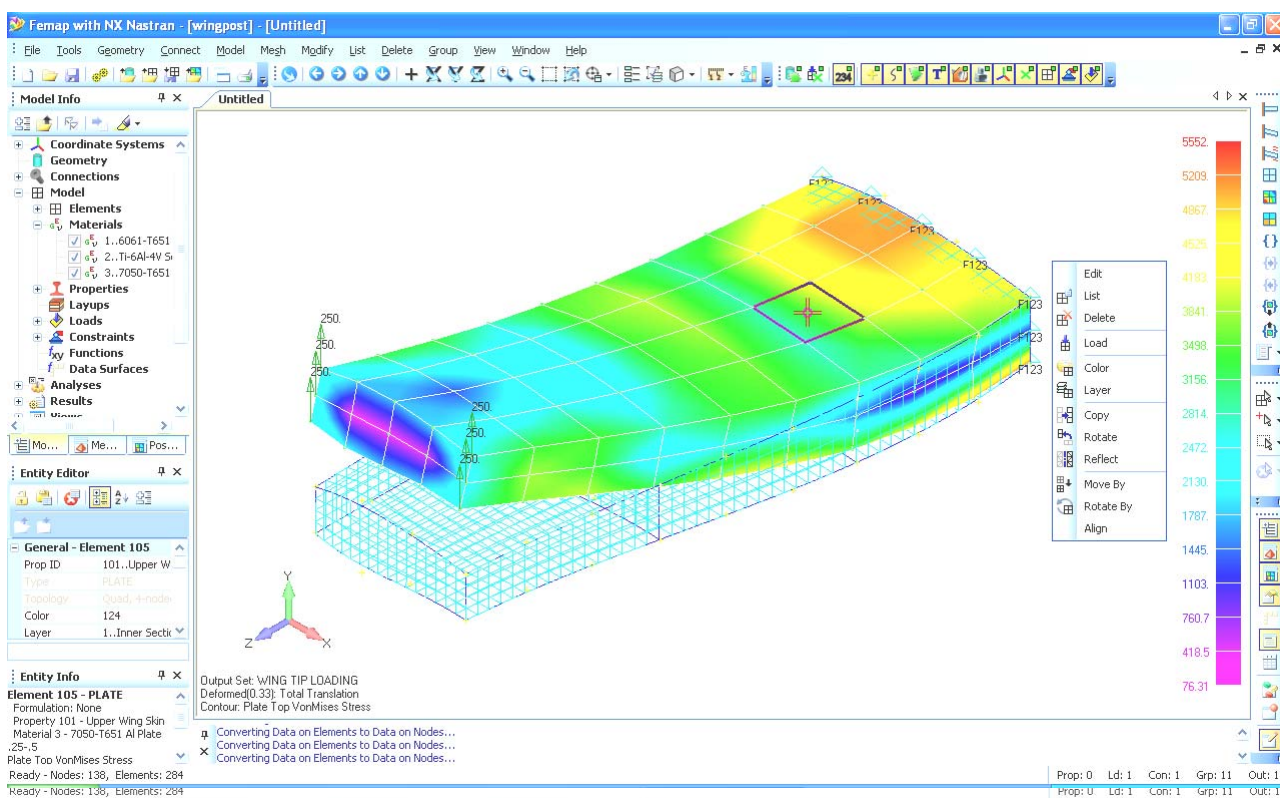


Рудаков К.Н.

FEMAP 10.2.0

Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций



КИЕВ 2011



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.

FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций. – К.: НТУУ „КПИ”, 2011. – 317 с., ил.

В книге приведены основные сведения о работе в среде программного комплекса FEMAP 10.2.0 фирмы Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. для операционной системы Windows NT (2000, SP3; XP, SP2; Vista; Seven), который имеет две составляющие: универсальный пре- и постпроцессор **FEMAP 10.2.0**, а также анализатор **NX Nastran 7.1**.

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 FEMAP 10.2.0 и в литературных источниках. Кроме того, эта книга не является официальным изданием фирмы-производителя программного комплекса FEMAP 10.2.0. Поэтому автор не несет никакой ответственности за возможные отрицательные последствия, связанные с использованием материалов этой книги.

© Рудаков К.Н.

ВВЕДЕНИЕ

FEMAP (аббревиатура от **Finite Element Modeling And Postprocessing**) 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 начало 2011 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), Siemens PLM Software FEMAP 10.0 и FEMAP 10.1 с NX Nastran 6.0, а также версии FEMAP 10.1.1 с NX Nastran 7.0 и FEMAP 10.2.0 с NX Nastran 7.1 той же фирмы.

Кроме того, в эксплуатации находится много версий MSC.FEMAP (6.0, 7.x, 8.x и прочие), отдельно или в составе MSC.visualNastran разных версий.

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 также 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 др. Но в этой книге FEMAP рассматривается как пре- и пост-процессор только для **NX Nastran 7.1**.

При написании этой книги использовалась демо-версия FEMAP 10.2.0, 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 10.2.0 32-bit и NX Nastran 7.1 (2010-й год выпуска, фирма Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. или сокращенно Siemens PLM Software). В книге применяется сокращенное название **SPLMS.Fv10.2.0**. Также использовался встроенный (англоязычный) справочник (вызывается командами меню „**Help**”).

С помощью FEMAP 10.2.0 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 и/или среда может быть аппроксимирована разнообразным набором конечных элементов: одно-, двух- 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;
- создание задания на расчет;
- проведение расчета;
- визуализация полученных результатов и их критический анализ;
- при необходимости – модификация конечно-элементной модели тела, характеристик материалов, начальных и граничных условий, повторное проведение расчетов;
- фиксация 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**, **TU** 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: м, Н, Па = Н/м², 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, десятки и сотни гигабайт). 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 **рабочей** папке, в системной папке ...**Temp**, в папке ...**Scratch**, особенно после краха системы или программы;

- если не создать файл проекта (не дать команду на сохранение проекта в файле с расширением имени **.modfem**) и дать команду на проведение расчета, то FEMAP и NX Nastran будут создавать часть своих многочисленных файлов в папке ...**FEMAPv102**, где и так много своих файлов программы и, по идее, не должно быть посторонних (не относящихся к комплектности программного комплекса) файлов. Если такая ситуация произошла, то необходимо очистить папку ...**FEMAPv102** от лишних файлов, отсортировав их, например, по времени создания;

- в случае отсутствия папки ...**Scratch** счет проводиться не будет, а по диагностическим сообщениям FEMAP и NX Nastran действительную причину отказа в счете понять практически невозможно;

- NX Nastran „не любит” в именах папок и файлов кириллицу и некоторые разделительные знаки, в том числе знак пробела. Это проявляется в „потере” некоторых файлов, в частности, файла с заданием на счет (с расширением имени **.dat**). Результат – отсутствие счета с непонятной диагностикой причины. Поэтому рекомендуется создавать простые, короткие, с применением латиницы, цифр и знаков **_** и **-** имен, которые точно распознаются NX Nastran.

* * *

Эта книга не содержит исчерпывающей информации о SPLMS.Fv10.2.0. 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 7.1; о просмотре и фиксации результатов. Помогают процессу овладения SPLMS.Fv10.2.0 файлы проектов-примеров, которые можно найти в папке ...**FEMAPv102****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 большая. Поэтому автор имеет надежду, что его кропотливая работа не напрасна, а эта книга послужит пользователям при освоении этой и новых версий FEMAP.