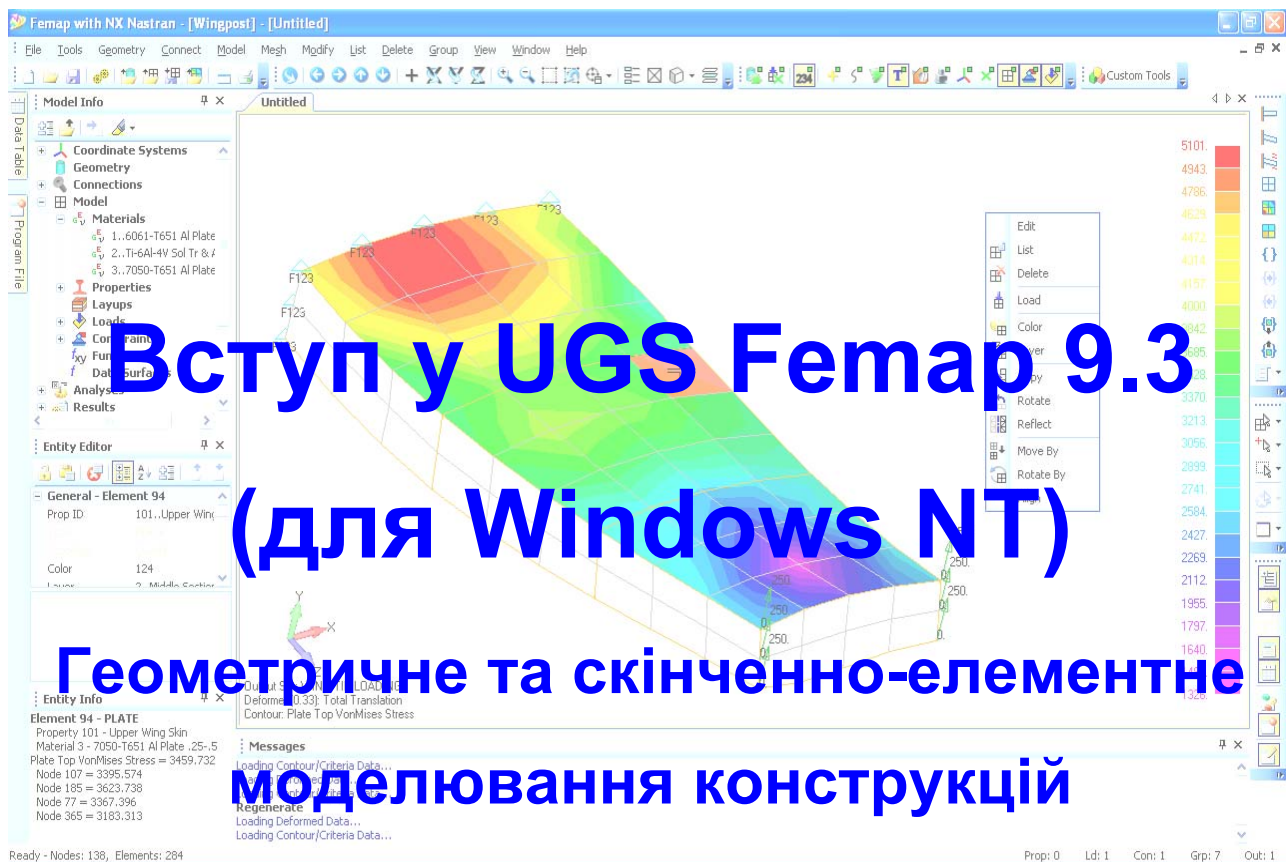


Рудаков К.М.



КИЇВ 2009



Рудаков Костянтин Миколайович,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів
Національного технічного університету України
„Київський політехнічний інститут”

Рудаков К.М.

Вступ у UGS Femap 9.3 (для Windows NT). Геометричне та скінченно-елементне моделювання конструкцій: Посібник. – К.: НТУУ „КПІ”, 2009. – 282 с.

У книзі наведені основні відомості про роботу у середовищі програмного комплексу Femap 9.3 фірми UGS Corp. для операційної системи Windows NT (2000, SP3; XP, SP2; Vista), який має дві складові: універсальний пре- та постпроцесор **FEMAP 9.3**, а також аналізатор **NX Nastran 5.0**.

Інструменти FEMAP дозволяють проводити геометричне та скінченно-елементне моделювання конструкцій, задавати початкові та граничні умови навантаження, тобто створювати крайові задачі (препроцесор) для їх подальшого скінченно-елементного розрахунку із застосуванням NX Nastran (процесор) з наступним переглядом і документуванням результатів у середовищі FEMAP (постпроцесор).

Для студентів спеціальностей „Динаміка і міцність машин”, „Машинознавство”, „Прикладна математика” (зі спеціалізацією „Механіка”) та інших технічних спеціальностей, аспірантів і інженерів, які застосовують методи математичного моделювання для чисельних розрахунків на ПЕОМ теплового та напружено-деформованого (статичного, квазістатичного або динамічного) стану елементів конструкцій.

Матеріал, викладений у цій книзі, автором перевірений. Але, оскільки імовірність людських помилок існує завжди, автор не може гарантувати абсолютну точність і правильність наведеної інформації. Об'єм книги дуже обмежений у порівнянні з реальним обсягом інформації, викладеним у Help FEMAP 9.3 та у літературних джерелах. До того ж ця книга не є офіційним виданням фірми-виробника програмного комплексу UGS Femap 9.3. Тому автор не несе ніякої відповідальності за можливі негативні наслідки, пов'язані з використанням матеріалів цієї книги.

© Рудаков К.М.

ВСТУП

FEMAP (абревіатура від **Finite Element Modeling And Post-processing**) є середовищем для підготовки скінченно-елементних моделей конструкцій та відповідних крайових задач для подальшого їх розрахунку (**Finite Element Modeling**, пре-процесор), а також для перегляду та документування результатів розрахунків (**Post-processing**, пост-процесор).

На кінець 2008 року актуальними є версії UGS Femap 9.x (9.0, 9.1, 9.2, 9.3) з вбудованим аналізатором NX Nastran 4.x та 5.0 (**NASTRAN** – від **NA**sa **STR**uctural **AN**alysis).

Крім того, в експлуатації знаходяться багато версій **MSC.FEMAP** (6.0, 7.x, 8.x та інші), зокрема з деякими модифікаціями. Середовище **FEMAP** фірми **MSC.Software Corp.** призначене для обслуговування скінченно-елементних розрахунків багатьох програм фірми (налічує майже 20 програм), у першу чергу – програми **MSC.Nastran**.

FEMAP – не єдиний пре- та пост-процесор для аналізаторів. Наприклад, **MSC.Nastran** ще входить до складу комплексу з пре- та пост-процесором **MSC.Patran**. Свій пре- та пост-процесор має **ANSYS**, інші програмні комплекси для скінченно-елементних розрахунків. Ще є дуже досконалий пре- та пост-процесор **Altair HyperMesh 3D**, який має свій вбудований аналізатор.

Популярність **FEMAP** обумовлена відносною простотою та, одночасно, значною універсальністю, оскільки **FEMAP** має інтерфейсові інструменти імпорту та експорту проекту та його частин з багатьма програмами, зокрема **PATRAN**, **MARC**, **ABAQUS**, **LS-DYNA3D**, **ANSYS**, **MSC.Software**, **NEi.Nastran** тощо. Але у цій книзі **FEMAP** розглядається як пре- та пост-процесор тільки для **NX Nastran 5.0**.

При написанні цієї книги використовувалася демо-версія UGS Femap 9.3, S/N 000-00-00-DEMO-406F (має дуже значні обмеження за кількістю об'єктів: точок, ліній, вузлів скінченно-елементної сітки тощо) у складі **FEMAP 9.3.0** та **NX Nastran 5.0** (2007–й рік випуску, фірма UGS Corp.). Надалі будемо застосовувати скорочену назву: **UGS.F93**. Також застосовувався вбудований (англомовний) довідник (викликається командами меню „**Help**”).

За допомогою **FEMAP 9.3** можна підготувати для **NX Nastran** такі *основні* крайові задачі: теплопровідність стаціонарна та нестаціонарна, статичний (термо)пружний стан (лінійна або нелінійна пружність), статичний (термо)пластичний стан, (термо)повзучість, стійкість пружних тіл, частотний аналіз, динамічне ударне, гармонійне та „випадкове” навантаження, оптимізація конструкції, контактний аналіз тощо. Конструкція може бути апроксимована різноманітним набором скінченних елементів: одно-, дво- та тривимірних з різними властивостями, із різних матеріалів, характеристики яких можуть залежати від температури або швидкості деформування.

Повний цикл проведення аналізу елемента конструкцій складається з таких етапів:

- аналіз геометрії елемента конструкції (тіла), умов його навантаження, властивостей матеріалу(ів) тіла, створення розрахункової моделі;
- введення теплофізичних та механічних характеристик матеріалів;
- створення геометричної та на її основі – скінченно-елементної моделі тіла; або створення скінченно-елементної моделі тіла зразу, без геометричної моделі;
- введення початкових та граничних умов;
- проведення розрахунків;
- візуалізація отриманих результатів та їх аналіз;
- при необхідності – модифікація скінченно-елементної моделі тіла, характеристик матеріалів, початкових та граничних умов, повторне проведення розрахунків;
- фіксація отриманих результатів (створення рисунків растрової графіки, виведення на друкувальний пристрій текстової та/або графічної інформації, передача до інших програм).

Будемо вважати, що користувач знайомий з основами теорій теплопровідності, пружності, пластичності, повзучості, коливань та стійкості, які застосовуються при постановках

відповідних крайових задач; а також з методами розв'язання цих задач, зокрема, з методом скінченних елементів, застосованим у NX Nastran. На допомогу в Додатках поміщені деякі загальні відомості з цих теорій і методів.

Розглянемо декілька важливих понять (визначень) FEMAP.

Робоче поле – поле „вікна” FEMAP, створене із застосуванням технології комп'ютерної графіки OpenGL, в якому зображений об'єкт або графік. Поточні текстові повідомлення виводяться на інше поле – „**Messages**” (повідомлень).

ID – внутрішній ідентифікаційний номер (код) введених значущих об'єктів: точок, ліній, поверхонь, об'ємів, функцій, матеріалів, наборів властивостей тощо. Вводиться автоматично або користувачем. Для кожного типу об'єктів нумерація є окремою.

Inc (інкремент) – величина автоматичного приросту **ID** при появі нового об'єкта.

Title – назва деяких введених значущих об'єктів: функцій, матеріалів, поверхонь, об'ємів, наборів властивостей тощо. Вводиться автоматично або користувачем.

ID та **Title** потрібні для надання можливості адресного доступу до об'єктів при подальшій роботі з ними.

DOF – ступені свободи кожного вузла скінченно-елементної сітки. Їх шість: три – переміщення вздовж координатної осі (позначаються як **TX**, **TY** та **TZ**), три – обертання вузла навколо осі, що паралельна вказаній координатній осі (позначаються як **RX**, **RY** та **RZ**).

Workplane (робоча площина) – допоміжна площина з самостійними координатами **X** та **Y**. Призначення – полегшення побудови геометричних об'єктів. Координати введених на робочій площині геометричних об'єктів автоматично перераховуються до поточної глобальної системи координат (**CSys**): декартової, циліндричної або сферичної.

Деякі дуже важливі властивості FEMAP та NX Nastran, які користувачу необхідно враховувати завжди:

- FEMAP не має конкретної системи вимірів геометричних і фізичних величин. Тому при створенні моделі користувачу необхідно обрати якусь конкретну систему вимірів, наприклад: мм, Н, МПа = Н/мм², сек., Дж, К та суворо дотримуватися неї. Є й кілька виключень, зокрема, кути задаються в градусах, а швидкість обертання – в обертах у часі;

- команда „**Undo**” (відмовлення від останньої дії, крок назад) у FEMAP фактично не має повної або фіксованої глибини, хоча максимально можлива кількість кроків назад може встановлюватися користувачем (див. Розділ 1.5). Не можна відмінити необоротні за суттю команди з меню „**File**”, „**View...**”, „**Window...**” тощо. Наприклад, запис у файл моделі, уцілнення цього файлу (командою **File→Rebuild...**). Є й інші необоротні ситуації. Тому не варто розраховувати на те, що завжди можна буде повернутися до якої-небудь попередньої ситуації. Повідомлення про відміну команди з'являється на полі „**Messages**”;

- NX Nastran при кожному розрахунку створює декілька нових файлів, які не видаляє, а також тимчасові файли, розмір яких залежить від розміру задачі і може бути дуже значним (сотні мегабайтів, гігабайти). Якщо у процесі роботи NX Nastran відбувся крах операційної системи або програми (наприклад, у наслідок виключення струму), то тимчасові файли не видаляються. Тому користувачу потрібно час від часу самостійно видаляти непотрібні файли у робочих папках та у системній папці ...**Temp**, особливо після краху системи або програми.

* * *

Ця книга не містить вичерпної інформації про UGS.F93. Її призначення – надати користувачу початкові відомості про FEMAP та його інструменти для створення геометричної та скінченно-елементної моделі тіл; про особливості завдання початкових та граничних умов основних крайових задач, що можуть розв'язуватися програмою NX Nastran; про перегляд та фіксацію результатів. Допомагають процесу оволодіння UGS.F93 файли проектів-прикладів, які можна знайти у папці ...**FEMAP93\Examples**, а також відомості вбудованого „**Help**”.

FEMAP досить швидко розвивається, але зовнішньо та за призначенням його основні інструменти остаються майже незмінними. Популярність FEMAP та Nastran є досить великою. Тому автор має надію, що його кропітка праця не є марною, а ця книга послужить користувачам при освоєнні цієї та нових версій FEMAP.