

УДК [62-112+624.01]:004.9NX Advanced Simulation
ББК 30.4с515
Г65

Гончаров П. С., Артамонов И. А., Халитов Т. Ф., Денисихин С. В., Сотник Д. Е.
Г65 NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.: ил.
ISBN 978-5-94074-841-0

Книга будет интересна инженерам-конструкторам, которые работают с NX и хотят воспользоваться приложениями для инженерного анализа, и профессиональным инженерам-расчетчикам, использующим другие решения и желающим познакомиться с системой NX Advanced Simulation, а также сегодняшним пользователям системы, заинтересованным в повышении своей квалификации.

Книга сопровождается большим количеством примеров. Все модели, рассмотренные в книге, вы сможете найти на корпоративном сайте компании Siemens PLM Software по следующей ссылке: www.siemens.com/plm/ru/cae.

УДК [62-112+624.01]:004.9NX Advanced Simulation
ББК 30.4с515

Все права защищены. Siemens и логотип Siemens являются зарегистрированными торговыми знаками Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix and Velocity Series и знаки инноваций являются торговыми знаками или зарегистрированными торговыми знаками компании Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. либо ее дочерних компаний в США и других странах. Права на все прочие логотипы, торговые знаки, зарегистрированные торговые знаки и знаки услуг принадлежат их владельцам.

Издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-841-0

- © Общество с ограниченной ответственностью «Сименс Индастри Софтвер», 2012
- © Оформление, Общество с ограниченной ответственностью «Сименс Индастри Софтвер», 2012
- © Издание, ДМК Пресс, 2012

Содержание

Предисловие	6
Исторические корни NX Advanced Simulation.....	7
Часть I. Современные инструменты инженерного анализа в NX CAE	9
Глава 1. Начало работы с NX Advanced Simulation	9
1.1. Процесс инженерного анализа в NX Advanced Simulation	9
1.2. Возможности модуля NX Advanced Simulation.....	10
1.3. Типы расчетов в NX Advanced Simulation	12
1.4. Структура и этапы создания расчетной модели	14
1.5. Основы метода конечных элементов	18
Глава 2. Подготовка геометрической модели	23
2.1. Интеграция проектирования и расчетов	23
2.2. Команды панели инструментов Подготовка модели.....	25
2.3. Команды панели инструментов Срединная поверхность	37
2.4. Команды панели инструментов Синхронное моделирование	46
Глава 3. Создание и работа с конечно-элементными моделями	59
3.1. Структура КЭ модели. Навигатор симуляции.....	59
3.2. Основные понятия о коллекторах. Материалы	62
3.2.1. Работа с коллекторами, физические свойства.....	62
3.2.2. Библиотека материалов.....	64
3.3. Создание конечно-элементной модели.....	68
3.3.1. Создание 3D сеток.....	68
3.3.2. Создание 2D сеток.....	76
3.3.3. Создание 1D элементов	85
3.3.4. Создание 0D элементов	94
3.3.5. Операции с узлами и элементами	96
3.3.6. Условия сопряжения сеток	102
3.4. Ассоциативные данные конечных элементов	105
3.4.1. Пространственные и оболочечные элементы.....	105
3.4.2. 0D и 1D элементы. Работа с балочными элементами	108
3.5. Дополнительные возможности для КЭ моделей	111
3.5.1. Параметры сетки.....	111
3.5.2. Проверка конечно-элементной модели	113
3.5.3. Импорт/экспорт КЭ моделей	115
3.6. Работа с полигональной геометрией.....	118
3.7. КЭ модели сборок	124
3.7.1. Создание КЭ моделей сборок	125
3.7.2. Особенности работы с КЭ моделями сборок.....	130
3.8. Пример. Создание конечно-элементной модели П-образной рамы	133

3.8.1. Импорт геометрической модели и создание новой КЭ модели.....	134
3.8.2. Создание срединных поверхностей	136
3.8.3. Задание условий для непрерывности КЭ сеток	137
3.8.4. Создание 2D сетки. Задание физических свойств	138
3.8.5. Создание 3D сетки. Задание физических свойств	140
3.8.6. Моделирование неучтенных элементов конструкции	141
3.8.7. Настройка отображения	143
Глава 4. Создание расчетной модели	146
4.1. Структура расчетной модели. Навигатор симуляции	146
4.2. Системы координат и поля данных	150
4.2.1. Системы координат	150
4.2.2. Поля данных.....	151
4.3. Нагрузки, условия на степени свободы и объекты симуляции	156
4.3.1. Приложение нагрузок.....	159
4.3.2. Задание ограничений на степени свободы.....	163
4.3.3. Объекты симуляции, контактное взаимодействие	167
4.4. Подготовка к решению	171
4.5. Пример. Создание расчетной модели и ее решение	174
4.5.1. Открытие КЭ модели и создание нового файла расчетной модели	175
4.5.2. Постановка условий контактного взаимодействия и склеивания частей конструкции	175
4.5.3. Задание нагрузок.....	177
4.5.4. Задание ограничений на степени свободы.....	179
4.5.5. Выполнение статического анализа.....	180
4.5.6. Просмотр результатов статического анализа.....	180
Глава 5. Инструменты визуализации и обработки результатов	183
5.1. Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator)	183
5.1.1. Дерево результатов Навигатора постпроцессора (Post Processing Navigator)	183
5.1.2. Импорт файлов результатов	186
5.1.3. Выбор величины для отображения	188
5.1.4. Панель инструментов Управление компоновкой	191
5.2. Основные возможности отображения	194
5.2.1. Настройка отображения результатов	194
5.2.2. Настройки отображения информации в графической области	202
5.2.3. Настройки отображения ребер и граней.....	207
5.2.4. Отображение минимальных и максимальных значений	207
5.3. Дополнительные возможности отображения	209
5.3.1. Постпроцессор для сечений балочных элементов.....	209
5.3.2. Отображение результатов для оболочечных элементов	210
5.3.3. Создание анимаций	211
5.4. Вывод числовых значений.....	213
5.5. Работа с графиками	216
5.5.1. Создание графиков	216
5.5.2. Управление графиками	218
5.5.3. Работа с графиками. Панель инструментов График XY	219
5.6. Дополнительные инструменты анализа результатов	220
5.6.1. Результаты свободного тела.....	220

5.6.2. Манипулирование результатами	221
5.6.3. Экспорт изображений	222

Глава 6. Моделирование композитных конструкций 224

6.1. Особенности работы с композитными конструкциями в NX	224
6.1.1. Способы создания композитов и их организация в NX.....	225
6.1.2. Терминология и системы координат	225
6.2. Создание композитов на основе физических свойств.....	227
6.2.1. Ориентация материала	228
6.2.2. Описание Разработчика композита.....	229
6.3. Создание композитов с помощью глобальной укладки.....	237
6.3.1. Создание и драпировка	237
6.3.2. Смещение пакета слоев и ориентация материала	239
6.3.3. Создание зон и дополнительные инструменты работы с композитами	240
6.3.4. Создание 3D композитов	243
6.4. Типы материалов и материалы с микроструктурой	245
6.4.1. Создание материала слоя.....	245
6.4.2. Микромеханика материалов слоя.....	246
6.5. Параметры решения и просмотр результатов.....	250
6.5.1. Параметры решения.....	250
6.5.2. Особенности просмотра результатов	251
6.6. Краткий обзор теории композитов	254
6.7. Пример. Статический анализ изделия из композитного материала	255
6.7.1. Открытие файлов КЭ и расчетной модели	256
6.7.2. Задание композитного материала с помощью инструмента Разработчик композитов	256
6.7.3. Создание драпировки композита	259
6.7.4. Выполнение статического анализа.....	261
6.7.5. Просмотр результатов статического анализа для композитного изделия.....	261

Часть II. Основные типы анализов конструкций..... 264

Глава 1. Линейный статический анализ 264

1.1. Линейный статический анализ	264
1.2. Методы решения системы уравнений равновесия.....	265
1.3. Типы решений для линейного статического анализа.....	266
1.4. Задание параметров решения.....	269
1.4.1. Параметры вкладки Общий	270
1.4.2. Параметры вкладки Управление файлами	271
1.4.3. Параметры вкладки Управление выполнением.....	272
1.4.4. Параметры вкладки Настройки расчета.....	273
1.4.5. Параметры вкладки База данных	274
1.4.6. Задание дополнительных параметров решения	275
1.4.7. Задание параметров решения для расчетного случая	276
1.5. Линейное контактное взаимодействие	277
1.5.1. Основы линейного контакта.....	278
1.5.2. Параметры линейного контакта	281
1.5.3. Рекомендации при решении линейного контакта	285
1.5.4. Вывод результатов линейного контакта	286

1.6. Соединение со склеиванием	287
1.6.1. Параметры склеивания	288
1.6.2. Вывод результатов склеивания	290
1.7. Термоупругий анализ	290
1.7.1. Пример решения задачи термоупругости	291
1.7.2. Приложение NX Multi-Physics Solution	296
1.8. Оптимизационный анализ	297
1.8.1. Геометрическая оптимизация	298
1.8.2. Другие решения для оптимизации конструкций	303
1.9. Пример. Решение задачи с учетом линейного контактного взаимодействия	305

Глава 2. Устойчивость конструкций 314

2.1. Линейный анализ устойчивости	315
2.2. Нелинейный анализ устойчивости	325

Глава 3. Динамический анализ конструкций 334

3.1. Основы динамического анализа конструкций	335
3.2. Учет инерционных и упругодемпферных свойств	339
3.2.1. Массовые свойства	339
3.2.2. Демпфирование	341
3.3. Определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкции	344
3.4. Частотный анализ	354
3.4.1. Прямой метод	355
3.4.2. Модальный метод	363
3.5. Анализ переходных процессов	368
3.5.1. Прямой метод	369
3.5.2. Модальный метод	378
3.6. Дополнительные возможности решения задач динамики	380
3.6.1. Нелинейный динамический анализ	380
3.6.2. Динамическое редуцирование	382
3.6.3. Использование суперэлементов	382

Глава 4. Нелинейный статический и динамический анализ 384

4.1. Введение в нелинейный анализ. Особенности КЭ моделирования	384
Нелинейные решения NX NASTRAN	384
4.2. Геометрическая нелинейность	387
4.3. Нелинейность материалов	387
4.3.1. Типы нелинейных материалов	387
4.3.2. Упругопластический материал	389
4.3.3. Задание пластических свойств в NX	391
4.4. Контактное взаимодействие	394
4.4.1. Задание контактного взаимодействия	395
4.4.2. Особенности решения контактных задач	397
4.5. Решение нелинейных задач	399
4.5.1. Параметры решений NLSTATIC 106 и 129	400
4.5.2. Параметры решений ADVNL 601 и 701	401
4.5.3. Дополнительные возможности	402
4.6. Пример. Анализ тонколистовой штамповки	402
4.6.1. Задание кривой деформирования упругопластического материала	404

4.6.2. Создание условий контактного взаимодействия	405
4.6.3. Задание граничных условий.....	406
4.6.4. Создание нелинейного решения	407
4.6.5. Просмотр результатов нелинейного анализа.....	408

Глава 5. Анализ тепломассопереноса..... 411

5.1. Возможности модуля для анализа теплопереноса.....	411
5.2. Концепция работы	412
5.2.1. Задание термооптических свойств материала.....	412
5.2.2. Создание многослойных материалов.....	413
5.3. Инструменты задания краевых условий	415
5.3.1. Запуск приложения.....	415
5.3.2. Постановка задачи анализа сложного теплообмена	417
5.3.3. Задание тепловых нагрузок.....	434
5.3.4. Задание граничных и начальных условий	435
5.4. Примеры решения задач	438
5.4.1. Задача о нагреве бесконечной трубы	438
5.4.2. Передача тепла посредством лучистого теплообмена	442
5.5. Учет массопереноса в тепловых задачах.....	444
5.6.1. Задание напорно-расходной характеристики	446
5.6.2. Решение задачи о течении теплоносителя по трубке теплообменника	448

Глава 6. Моделирование гидрогазодинамических процессов..... 456

6.1. Общие сведения о возможностях модулей NX Flow/NX Advanced Flow	456
6.2. Построение области течения с использованием технологии Wrap Surface	457
6.3. Применение технологии построения сеток Fluid Domain	459
6.4. Настройки решения	460
6.5. Задание граничных условий.....	463
6.6. Моделирование потерь давления	477
6.7. Модели турбулентности	478
6.8. Параллельные вычисления в NX Advanced Flow	481
6.9. Примеры решения задач	482
6.9.1. Моделирование свободноконвективного течения в зазоре между двумя соосными цилиндрами	482
6.9.2. Задача о смешении холодного и горячего потоков в Т-образном цилиндрическом канале.....	487

Список литературы..... 497