

# Раздел 3

## Управление решением

# Управление решением

	Стр.
Входной файл MSC.Nastran	6
Расположение разделяющих записей	10
Формат входного файла	11
Секция Executive Control	12
Некоторые операторы секции Executive Control	13
Описание DMAP	14
Последовательности решений	16
Структурированные последовательности решений	17
Жесткие последовательности решений	18
Секция Case Control	19

# Управление решением (продолжение)

	Стр.
Выбор наборов данных	20
Выбор статической нагрузки	21
Выбор температурной нагрузки	22
Выбор начальной температуры	23
Выбор граничных условий	24
Многовариантное нагружение	25
Пример секции Case Control	26
Заголовки	30
Температурные нагрузки	31

# Управление решением (продолжение)

Стр.

Записи Bulk Data, определяющие температуру	33
Температурные свойства материала	35
Записи температурной нагрузки	36
Гравитационная нагрузка	37
Пример	40
Выбор выходных данных	42

# Управление решением (продолжение)

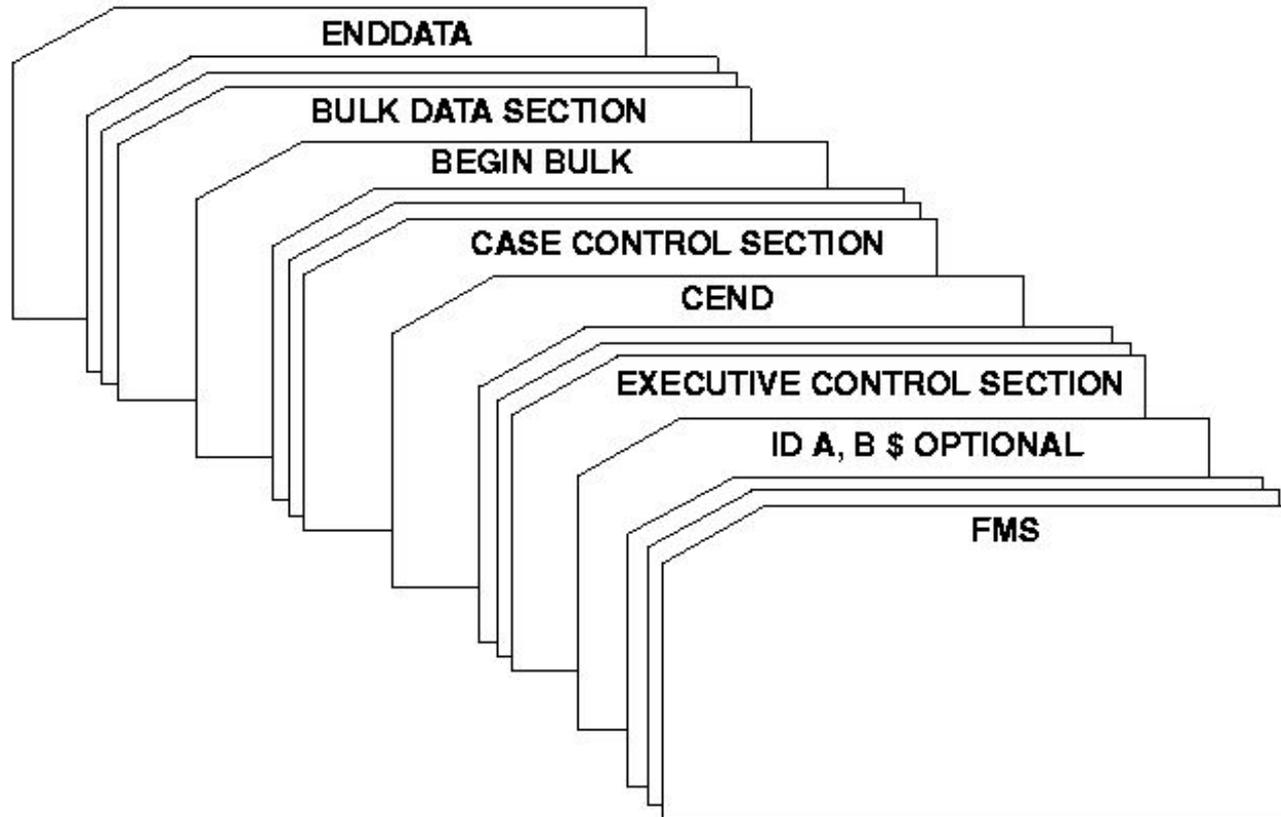
Стр.

Выбор выходных данных для элементов	45
Выбор выходных данных для элементов	46
Использование запроса GPFORCE	47
Пример секции Case Control	48
Использование команды SET	49
Форматный вывод результатов	51
Вывод с использованием SORT1	52
Вывод с использованием SORT2	53

# Входной файл MSC.Nastran

- **Формат входного файла подробно описан в *MSC.Nastran Quick Reference Guide***
- **Ниже приводится общее описание входного файла с описанием его секций и особенностями их использования для управления ходом решения**

# Входной файл MSC.Nastran (продолжение)



# Входной файл MSC.Nastran (продолжение)

- Секция FILE MANAGEMENT (FMS) - необязательная:
  - Оператор NASTRAN (необязательный, применяется для задания глобальных настроек текущего запуска)
  - Размещение файлов, контроль рестартов, работа с базой данных
  - Основное назначение FMS – сделать операционную систему «невидимой» для пользователя
- Секция EXECUTIVE CONTROL:
  - Тип решения, предоставляемое время, модификации и системная диагностика;
- Секция CASE CONTROL:
  - Запрос выходных данных и выбор из секции BULK DATA вариантов нагрузки и закрепления.
- Секция BULK DATA:
  - Описание модели и условия решения.

# Входной файл MSC.Nastran (продолжение)

- ❑ MSC.Nastran разработан для запуска в командном режиме.
- ❑ Процесс анализа описывается во входном файле следующим образом:
  1. Секция FILE MANAGEMENT (необязательная);
  2. Секция EXECUTIVE CONTROL;
  3. Секция CASE CONTROL;
  4. Секция BULK DATA.
- ❑ Входные файлы могут предваряться и заканчиваться управляющими операторами операционной системы (язык управления заданиями JCL). Тип и число этих операторов различны для каждой конкретной инсталляции.
- ❑ Подробности о JCL можно найти в *MSC.Nastran Configuration and Operation Guide* или узнать у системных администраторов (программистов)

# Расположение разделяющих записей

- Разделяющие записи во входном файле отделяют различные секции файла друг от друга

**CEND**                      Конец секции EXECUTIVE CONTROL, начало секции CASE CONTROL.

**BEGIN BULK BULK DATA.**      Конец секции CASE CONTROL и начало секции

**ENDDATA**                      Последняя запись во ВСЕХ входных файлах  
**MSC.Nastran**

Примечание:                      Все эти записи должны начинаться с первой колонки.

# Формат входного файла

## □ Секция FILE MANAGEMENT:

- Использует свободный формат (смотри MSC.Nastran User's Manual)

## □ Секции CASE CONTROL и EXECUTIVE CONTROL:

- Использует свободный формат (в пределах колонок 1-72). Данные могут начинаться с любой позиции и разделяются запятыми или пробелами.

## □ Секция BULK DATA:

Существует три возможных варианта формата (подробнее эти форматы будут рассмотрены ниже):

Свободный формат

Малый формат

Большой формат

# Секция Executive Control

- ❑ Секция EXECUTIVE CONTROL является первой обязательной группой операторов в любом входном файле MSC.Nastran.
- ❑ Основными функциями секции EXECUTIVE CONTROL являются:
  - ❑ Описание типа анализа (последовательности решения);
  - ❑ Определение основных условий работы, таких как:
    - Максимальное время;
    - Системная диагностика;
    - Использование подпрограмм на языке DMAP.
- ❑ Полное описание операторов секции EXECUTIVE CONTROL приведено в третьем разделе книги *MSC.Nastran Quick Reference Guide*.

# Некоторые операторы секции Executive Control

- ❑ **SOL K** = обязательная запись, где K = номер или имя типа анализа
- ❑ **CEND** = обязательная запись = последняя запись этой секции
- ❑ **DIAG J** = необязательная запись – запрашивает специальную диагностику, например:
  - **DIAG 8** - печать общих данных о сгенерированных матрицах
  - **DIAG 14** - печать команд DMAP - рекомендуется использовать вместе с ALTER.
  - **DIAG 38** – печать углов материала для QUAD4, QUAD8, TRIA3, TRIA6 элементов

# Описание DMAP

- ❑ Исполняющая система MSC.Nastran использует внутренний язык, ориентированный на работу с блоками данных, называемый DMAP (Direct Matrix Abstraction Programming).
- ❑ Все расчетные последовательности MSC.Nastran написаны с использованием DMAP
- ❑ Этот язык программирования полностью открыт для пользователей
- ❑ DMAP:
  - ❑ Осуществляет операции преобразования входных данных в матрицы и/или таблицы
  - ❑ Выполняют матричные операции
  - ❑ Преобразует матричное решение в выходные данные
  - ❑ Печатает решение (и/или другую требуемую информацию)

# Описание DMAP

- ❑ Каждое решение в MSC.Nastran состоит из последовательности операторов языка DMAP
- ❑ Последовательность выполнения этих операторов зависит от выбранного типа решения (SOL K)
- ❑ Каждое решение (SOL) содержит до нескольких тысяч операторов DMAP, и их число зависит от типа анализа
- ❑ Любая встроенная последовательность решения может быть изменена пользователем с помощью так называемых альтеров (ALTER)
- ❑ Измененные последовательности решения могут быть написаны и сохранены для дальнейшего использования
- ❑ Для более подробной информации смотри *MSC.Nastran DMAP Module Dictionary*

# Последовательности решений

- В MSC.Nastran существуют два вида последовательностей решения:
  - Структурированные последовательности решений (SSS):
    - Являются рекомендуемыми для выполнения расчетов
    - Используют базу данных для хранения и получения данных
    - Поддерживают рестарты
    - В отличие от жестких последовательностей решения, они содержат самые последние обновления и новые возможности
  - Жесткие последовательности решений:
    - С точки зрения DMAP являются самыми простыми
    - Не записывают базу данных для хранения и получения данных, поэтому не поддерживают рестарты
    - Могут не содержать самых последних обновлений и новые возможности

# Структурированные последовательности решений

SOL Number	SOL Name	Description
101	SESTATIC	Statics with Options: Linear Steady State Heat Transfer Alternate Reduction Inertia Relief Design Sensitivity - Statics
103	SEMODES	Normal Modes with Option: Design Sensitivity - Modes
105	SEBUCKL	Buckling with options: Static Analysis Alternate Reduction Inertia Relief Design Sensitivity - Buckling
106	NLSTATIC	Nonlinear or Linear Statics
107	SEDCEIG	Direct Complex Eigenvalues
108	SEDFREQ	Direct Frequency Response
109	SEDTRAN	Direct Transient Response
110	SEMCEIG	Modal Complex Eigenvalues
111	SEMFREQ	Modal Frequency Response
112	SEMTRAN	Modal Transient Response
114	CYCSTATX	Cyclic Statics with Option: Alternate Reduction
115	CYCMODE	Cyclic Normal Modes
116	CYCBUCKL	Cyclic Buckling
118	CYCFREQ	Cyclic Direct Frequency Response
129	NLTRAN	Nonlinear or Linear Transient Response
144	AESTAT	Static Aeroelastic Response

SOL Number	SOL Name	Description
145	SEFLUTTR	Aerodynamic Flutter
146	SEAERO	Aeroelastic Response
153	NLSCSH	Static Structural and/or Steady State Heat Transfer Analysis with Options: Linear or Nonlinear Analysis
159	NLTCSH	Transient Structural and/or Transient Heat Transfer Analysis with Options: Linear or Nonlinear Analysis
190	DBTRANS	Database Transfer, <i>MSC.Nastran Reference Manual</i> , Section 9.2.
200	DESOPT	Design Optimization

# Жесткие последовательности решений

SOL Number	SOL Name	Description
1	STATICS1	Statics and Linear Heat Transfer
3	MODES	Normal Modes
4	GNOLIN	Geometric Nonlinear
5	BUCKLING	Buckling
7	DCEIG	Direct Complex Eigenvalues
8	DFREQ	Direct Frequency Response
9	DTRAN	Direct Transient Response
10	MCEIG	Modal Complex Eigenvalues
11	MFREQ	Modal Frequency Response
12	MTRAN	Modal Transient Response
14	CYCSTAT	Cyclic Statics
15	CYCMODES	Cyclic Modes
16	CYCBUCK	Cyclic Buckling

# Секция Case Control

- Секция Case Control всегда следует за секцией Executive Control и предшествует секции Bulk Data. Требуется при каждом запуске.
  
- К первичным функциям секции Case Control относятся:
  - Выбор наборов данных в секции BULK DATA, которые используются при анализе.
  - Запрос на вывод результатов.
  - Определение вариантов закрепления и нагружения (Subcases).

Полный список операторов данной секции для каждой последовательности решения приведен в разделе 4 MSC.Nastran Quick Reference Guide.

# Выбор наборов данных

- Концепция наборов данных позволяет пользователю определять любое количество различных вариантов нагрузок и граничных условий в секции BULK DATA
- Указание, какие из наборов данных надо включить в данный анализ, задается командой выбора данных в секции CASE CONTROL:

**DATA\_SET\_NAME = SID**

- Наборы данных, выбираемые таким способом могут включать нагрузки, граничные условия и поля температур.

Примечание: Любые записи Bulk Data которые могут выбираться командами секции Case Control, но не были выбраны, в данном запуске будут проигнорированы.

# Выбор статической нагрузки

- Варианты статической нагрузки выбираются командой **LOAD** секции **Case Control**:

- Форма записи:

$$\text{LOAD} = i$$

где  $i$  – вариант прикладываемой нагрузки (смотри поле **SID** на записи секции **Bulk Data**, относящейся к нагрузке)

- Все записи нагрузки с **SID**  $i$  будут приложены совместно (примечание: запись **GRAV** должна иметь уникальный **SID**)

- Пример:

$$\text{LOAD} = 1$$

Будут приложены все нагрузки в записях которых **SID=1**

# Выбор данных температурной нагрузки

- Температурные нагрузки прикладываются (выбираются) с использованием команды секции Case Control – TEMP(LOAD)
- Форма записи:

$$\text{TEMP(LOAD)} = j$$

- Где  $j$  указывает на идентификатор (ID) записей секции Bulk Data, которые определяют температурное поле, прикладываемое к модели (например TEMP, TEMPD, TEMPR1, TEMPRB)

# Выбор начальной температуры

- Начальная температура определяется использованием либо команды TEMP(INIT) секции Case Control, либо полем TREF в записи свойств материала

- Форма записи:

$$\text{TEMP(INIT)} = j$$

- Где j указывает на ID записей секции Bulk Data, которые определяют начальную температуру модели (например: TEMP, TEMPD, TEMPR1, TEMPRB)

- Температура, используемая для расчета нагрузки:

$$\text{TEMP(LOAD)} - \text{TEMP(INIT)}$$

Или поле TREF записи материала

# Выбор граничных условий

- Граничные условия, которые будут прикладываться, выбираются командами Case Control – SPC и MPC
- SPC - выбор набора граничных условий для одиночных узлов:
  - SPC - ограничение степеней свободы перемещений и вращений для отдельных узлов
  - Задаются записями SPC и SPC1 секции Bulk Data
- MPC - Выбор набора граничных условий для группы узлов:
  - MPC - это граничные условия задаваемые уравнением, связывающие движение выбранных степеней свободы относительно других степеней свободы в модели
  - MPC задаются записью MPC секции Bulk Data

# Многовариантное нагружение

□ Команда **SUBCASE** определяет каждую уникальную комбинацию установленных нагрузок и граничных условий.

□ Форма записи:

**SUBCASE i** - где **i** идентификатор варианта (целое число).

□ В каждом **SUBCASE** могут выбираться различные граничные условия, нагрузки и выходные данные

□ Номера (**i**) **SUBCASE** должны быть указаны в возрастающем порядке, но не обязательно по порядку, (т.е. например, могут быть номера 1, 14, 31 и 50)

# Пример секции Case Control

- Предположим, что мы имеем два варианта условий нагружения (LOADs 100 и 200) с различными вариантами граничных условий (SPC 110 и 210 соответственно). Приведенная ниже секция определяет для MSC.Nastran какие комбинации нагрузок и ГУ необходимо рассчитать и какие требуются результаты.

# Пример секции Case Control (продолжение)

```
CEND
SUBCASE 10
LABEL = Условие нагружения 1 – приложить нагрузку 100 и граничные условия SPC 110
LOAD = 100
SPC = 110
DISP = ALL
$
SUBCASE 20
LABEL = Условие нагружения 2 – приложить нагрузку 200 и граничные условия SPC 210
LOAD = 200
SPC = 210
DISP = ALL
BEGIN BULK
```

# Пример секции Case Control (продолжение)

- ❑ На предыдущем слайде секция Case Control задает две комбинации нагружения и ГУ, каждая из которых определяется отдельной командой SUBCASE
- ❑ Каждый SUBCASE содержит запросы по нагрузке и граничным условиям, плюс любые запросы результатов
- ❑ Если требуется выполнить большое количество комбинаций установленных нагрузок и граничных условий, то секция Case Control может стать очень длинной
- ❑ Для того, чтобы этого избежать необходимо перед первым SUBCASE поместить запросы, используемые по умолчанию для всех SUBCASE (однако, эти запросы могут быть изменены в рамках любого из них)
- ❑ Ниже приведен пример секции Case Control с использованием этого подхода:

# Пример секции Case Control (продолжение)

**CEND**  
**\$** запросы Case Control, используемые по умолчанию  
**LOAD = 100**  
**SPC = 110**  
**DISP = ALL**  
**\$** конец списка запросов, используемых по умолчанию  
**SUBCASE 10**  
**LABEL = условия нагружения 1 – приложить нагрузку 100 и граничные условия SPC 110**  
**\$**  
**SUBCASE 20**  
**LABEL = условия нагружения 2 – приложить нагрузку 200 и граничные условия SPC 210**  
**LOAD = 200**  
**SPC = 210**  
**BEGIN BULK**

# Заголовки

- **ЗАГОЛОВКИ** - Необязательны, но рекомендуются для идентификации записей (в файле результатов F06).

**TITLE** - Определяет текст, который будет печататься на каждой выводимой странице в первой строке.

**SUBTITLE** - Определяет текст, который будет выводиться во второй строке каждой страницы.

**LABEL** - Определяет текст, который будет печататься в третьей строке каждой выводимой страницы.

Пример:

**TITLE** = тестовый запуск - workshop 1

**SUBTITLE** = статическая нагрузка, действующая на ферму

**LABEL** = демонстрация для семинара NAS 101

# Температурные нагрузки

- Для включения температурного воздействия в анализ используются несколько типов определяющих записей. Выбор необходимой записи зависит от того, к чему будет приложена температурная нагрузка:
  - для задания температуры в узлах используются записи TEMP, TEMPD
  - для задания температурного поля на элементы ROD, BAR, BEAM, BEND, CONROD, TUBE используется запись TEMPRB
  - запись TEMPP1 используется для задания температурного поля на оболочечные элементы
- Для включения эффектов температурного воздействия в анализ пользователь должен задать исходную температуру {TREF или TEMP(INIT)} и коэффициент линейного температурного расширения ( $\alpha$ ) в записи материала. Также в секцию Case Control должен быть включен запрос TEMP(LOAD)=SID

# Температурные нагрузки (продолжение)

- Если температурные эффекты были запрошены, то температурное поле должно быть задано на всех элементах (узлах). Если требуется определить результаты температурного воздействия только на части модели, то остальные элементы могут иметь:
  - ссылку на запись материала под другим MID, с такими же свойствами, как и основной материал, но с  $\alpha = 0.0$
  - ссылку на запись материала под другим MID, с такими же свойствами, как и основной материал, но TREF = прикладываемой температурной нагрузке (т.е.,  $\Delta T = 0$ )
- Смотри MSC.Nastran Linear Static Analysis User's Guide и Quick Reference Guide (QRG) для более подробного описания температурного нагружения

# Записи Bulk Data, определяющие температуру

Оператор для задания температуры в узлах

TEMP

Задаёт температуру в узловых точках для определения температурного нагружения, свойств материала, зависящих от температуры и получения напряжений

Формат:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEMP	SD	G1	T1	G2	T2	G3	T3		

Пример:

TEMP	3	94	3162	49	219.8				
------	---	----	------	----	-------	--	--	--	--

Поле

Содержание

SD                      Идентификационный номер варианта температуры (целое > 0)

Gi                      Идентификационный номер узловой точки (целое > 0)

Ti                      Температура (веществ. )

# Записи Bulk Data, определяющие температуру (продолжение)

## □ TEMPD

Определяет температуру во всех узловых точках модели, в которых не была задана температура с помощью записи TEMP.

**Формат:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEMPD	SD1	T1	SD2	T2	SD3	T3	SD4	T4	

**Пример:**

TEMPD	1	216.3							
-------	---	-------	--	--	--	--	--	--	--

# Температурные свойства материала

Таблица 2.1 – Описание свойств элементов модели

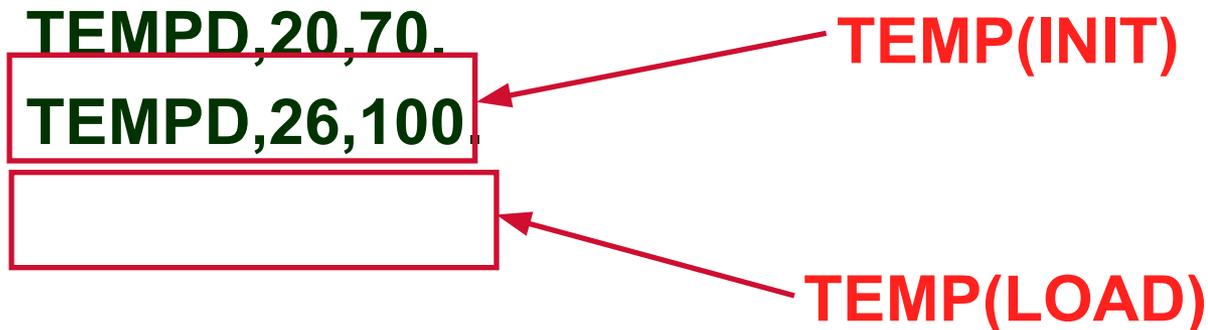
	Материал	Тип элемента и попер. сечения
Верхние элементы 1, 2, 3, 4	Сталь	Beam, сечение B
Нижние элементы 9, 10, 11	Сталь	Beam, сечение A
Внутренние элементы 5, 6, 7, 8	Сосна	Rod, площадь 5.2 in <sup>2</sup>

Таблица 2.2 – Описание свойств материалов

Материал	Сталь	Сосна
Модуль упругости	2.90E+07 psi	1.76E+07 psi
Коэффициент Пуассона	0.32	
Массовая плотность	7.349E-04 lb sec <sup>2</sup> / in <sup>4</sup>	5.435E-05 lb sec <sup>2</sup> / in <sup>4</sup>
Коэффициент температурного расширения	6.78E-06 in/deg F	3.00E-06 in/deg F
Начальная температура	72 deg.F	72 deg.F
Максимальные напряжения на растяжение	24000 psi	1900 psi
Максимальные напряжения на сжатие	24000 psi	1900 psi
Максимальные напряжения на сдвиг	24000 psi	
Гравитационное ускорение	386.4 in/sec <sup>2</sup>	386.4 in/sec <sup>2</sup>

# Записи температурной нагрузки

- В предыдущем примере, в записи материала MAT1 уже был задан коэффициент температурного расширения, таким образом необходимо задать только температуры
- Хотя можно использовать запись TREF в записи материала, мы будем использовать запись TEMP(INIT) для задания начальной температуры



# Гравитационная нагрузка

- Для задания гравитационной нагрузки используется запись GRAV секции Bulk Data.
- Запись GRAV используется для определения направления и величины линейного постоянного гравитационного вектора ускорения в любой необходимой системе координат
- Запись GRAV может использоваться для приложения к модели ускорений
- Результирующая нагрузка вычисляется с использованием вектора гравитации и матрицы масс. (поэтому массовые свойства модели нужно задавать очень осторожно, используя правильные единицы измерения)
- Данная нагрузка не может быть приложена в скалярной точке, так как она действует на всю модель

# Гравитационная нагрузка (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRAV	SID	CID	G	N1	N2	N3			
GRAV	14		13.0	1.0		2.0			

Вектор гравитации  $\vec{g} = g(N1, N2, N3)$

Поле

Содержание

**SID**

Идентификационный номер варианта нагружения (целое > 0)

**CID**

Идентификационный координатной системы (целое > 0)

**G**

Масштабный коэффициент вектора гравитации (веществ.)

**N1,N2,N3**

Компоненты вектора гравитационной нагрузки (обязательно, хотя бы одна)

**ПРИМЕЧАНИЕ: SID должен быть уникальным номером**

# Гравитационная нагрузка (продолжение)

- Следующая запись будет использоваться для определения гравитации в нашем примере (заметим, что запись материала MAT1 уже содержит массовую плотность)

**GRAV,30,,386.0886,0.,-1.,0.**

# Пример

- ❑ Продолжение предыдущего примера
- ❑ В этом примере будет добавлено 2 дополнительных условия нагружения:
- ❑ **SUBCASE 20 = температурная нагрузка**
  - ❑ начальная температура = 70 градусов
  - ❑ температурная нагрузка = 100 градусов
- ❑ **SUBCASE 30 = гравитационная нагрузка**
  - ❑ прилагается нагрузка 1-g ( $386.0886 \text{ дюйм/с}^2$ ) в направлении противоположном оси Y

# Изменение во входном файле для данного примера

```
TITLE = GARAGE ROOF FRAME
SUBTITLE = WOOD AND STEEL MEMBERS
```

## SUBCASE 1

```
SUBTITLE=TRUSS_LBCS
LOAD = 1
DISPLACEMENT = ALL
SPCFORCES = ALL
STRESS = ALL
SPC = 10
```

## SUBCASE 20

```
SUBTITLE = THERMAL LOAD
TEMP(INIT) = 20
TEMP(LOAD) = 26
DISPLACEMENT = ALL
SPCFORCES = ALL
STRESS = ALL
SPC = 10
```

## SUBCASE 30

```
SUBTITLE = GRAVITY LOAD
LOAD = 30
DISPLACEMENT = ALL
SPCFORCES = ALL
STRESS = ALL
SPC = 10
```

## BEGIN BULK

```
TEMPD,20,70.
TEMPD,26,100.
GRAV,30,,386.0886,0.,-1.,0.
```

```
$ The rest of the input file is
$ unchanged from workshop 2
```

**Новые записи Bulk Data**

# Выбор выходных данных

## □ Запись ECHO:

**ECHO** - Выбор опций печати секции Bulk Data.

## □ Опции включают в себя:

- **SORT** Печать только отсортированных данных (по умолчанию).
- **UNSORT** Печать только не отсортированных данных.
- **BOTH** Печать и отсортированных и не отсортированных данных.
- **NONE** Выключение печати данных.
- **PUNCH** Печать данных в отдельный вспомогательный файл PCH.

## □ Пример: ECHO = SORT,PUNCH

# Выбор выходных данных (продолжение)

- По умолчанию MSC.Nastran не делает вывода результатов, поэтому нужно формировать запросы необходимых результатов
- Делая запросы, можно использовать некоторые опции, определяющие представление результатов. Наиболее часто используемые это: **PRINT, PLOT, PUNCH**

**PRINT** – используется по умолчанию и производит печать результатов в '.f06' файл

**PUNCH** – обеспечивает вывод результатов в '.pch' файл, используя 'punch' формат (ширина строки 80 символов)

**PLOT** – программа вычислит запрошенные результаты, однако печать в форматный файл производиться не будет. Эта опция обычно используется, когда пользователь желает просмотреть результаты используя программу обработки данных (например MSC.Patran). В этом случае результаты записываются только в бинарную базу данных (файлы .XDB или .OP2)



# Выбор выходных данных для элементов

- Операторы запроса результатов по элементам:
  - **ELFORCE** или **FORCE** Запрос на вывод сил, которые были рассчитаны и записаны для группы элементов.
  - **ELSTRESS** или **STRESS** Запрос на вывод напряжений для группы элементов.
  - **STRAIN** Запрос на вывод деформаций для группы элементов.
  - **ESE** Запрос на вывод энергии деформаций для группы элементов.
  - **ELSUM** Запрос на вывод общей информации о свойствах элементов модели.

# Выбор выходных данных для узлов

- ❑ **DISPLACEMENT** – запрос на вывод перемещений для группы узловых точек
- ❑ **DISPLACEMENT(PLOT)** – запрос подобный предыдущему, но в данном случае печать результатов проводиться не будет
- ❑ **SPCFORCES** – запрос на вывод силы реакций для набора узлов с граничными условиями типа SPC.
- ❑ **OLOAD** - запрашивает печать внешних сил для статического анализа.
- ❑ **GPFORCE** - запрашивает баланс сил в заданной узловой точке.

# Использование запроса GPFORCE

- Данный запрос генерирует таблицу баланса сил для выбранных узловых точек
- Это полезно для определения путей передачи сил, влияния приложенной нагрузки на поведение элементов, и эффекта от действия начальных температурных деформаций.
- Содержание таблицы баланса сил включает в себя:
  - Приложенные нагрузки (силы, моменты и т.д.)
  - Силы реакций в узлах с ГУ
  - Силы, передаваемые через MPC (ГУ, задаваемые уравнением)
  - Силы в узлах от элементов

# Пример секции Case Control

Ниже приведен пример секции Case Control:

**CEND**

**TITLE = использование запроса GPFORCE**

**TEMP(LOAD) = 100**     \$ вариант температурной нагрузки 100

**SPC = 200**             \$ вариант граничных условий 200

**LOAD = 120**         \$ приложение варианта статической нагрузки 120

**DISP = ALL**         \$ запрос вывода перемещений для всех узлов

**FORCE = ALL**       \$ запрос вывода сил для всех элементов

**STRESS = ALL**     \$ запрос вывода напряжений для всех элементов

**GPFORCE = ALL**    \$ запрос баланса сил для всех узлов

**BEGIN BULK**        \$ конец секции Case Control

# Использование команды SET

- ❑ Запросы выходных данных могут указывать на все узлы или элементы, или на их наборы
- ❑ Эти наборы задаются командой SET
- ❑ SET - Определяет совокупность номеров узловых точек или номеров элементов для использования в запросах на вывод. Используется для получения вывода результатов для части модели.
- ❑ Пример:
  - Set 1 = 9,11,13,15
  - FORCE = 1 \$ запрос вывода сил для элементов 9,11,13,15
  - DISP = ALL \$ запрос вывода перемещений для всех узловых точек
  - SET 99 = 14,32
  - GPFORCE = 99 \$ запрос на вывод баланса сил для узлов 14, 32

# Внимание!

- Для графической постпроцессорной обработки (независимо от используемых программ) необходимо включить соответствующие управляющие команды в секцию CASE CONTROL.
- Например, для отображения в постпроцессоре перемещений, секция CASE CONTROL должна содержать управляющую запись DISP=N (или DISP(PLOT)=N). Это обеспечит вывод перемещений для набора N в бинарный файл для графического постпроцессора.

# Форматный вывод результатов

- Существуют два формата, используемых для вывода результатов:
  - SORT1 - Результаты анализа представляются, как табличный список узловых точек для каждого варианта (применяется по умолчанию для статического анализа).
  - SORT2 - Результаты анализа представляются, как табличный список для каждой узловой точки или элемента. Каждый узел или элемент печатается с на новой странице.
- Включение формата SORT2 в каком-либо одном запросе на вывод результатов приведет к тому, что все остальные результаты будут распечатаны в формате SORT2.
- Внимание: Запрос вывода SORT2 может выдать чрезмерно большое число страниц с результатами. SORT2 обычно используется для печати результатов динамического анализа.

# Вывод с использованием SORT1

## SORT1 FORMAT

EXAMPLE OF SORT1 OUTPUT

SORT1 IS THE DEFAULT OUTPUT FORMAT

AUGUST 16, 1994 MSC/NASTRAN 5/31/94 PAGE 10

SUBCASE 1

### DISPLACEMENT VECTOR

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	G	2.758621E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	G	5.517241E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	G	8.275862E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	G	1.103448E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

EXAMPLE OF SORT1 OUTPUT

SORT1 IS THE DEFAULT OUTPUT FORMAT

AUGUST 16, 1994 MSC/NASTRAN 5/31/94 PAGE 11

SUBCASE 2

### DISPLACEMENT VECTOR

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	G	0.0	0.0	0.0	4.563709E-02	0.0	0.0
3	G	0.0	0.0	0.0	9.127419E-02	0.0	0.0
4	G	0.0	0.0	0.0	1.369113E-01	0.0	0.0
5	G	0.0	0.0	0.0	1.825484E-01	0.0	0.0

# Вывод с использованием SORT2

## SORT2 FORMAT

EXAMPLE OF SORT2 OUTPUT

AUGUST 17, 1994 MSC/NASTRAN 5/31/94 PAGE 10

SORT2 SELECTION IS DISP (SORT2)=ALL, FORCE (SORT2)=ALL

POINT-ID = 1

### DISPLACEMENT VECTOR

SUBCASE	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

EXAMPLE OF SORT2 OUTPUT

AUGUST 17, 1994 MSC/NASTRAN 5/31/94 PAGE 11

SORT2 SELECTION IS DISP (SORT2)=ALL, FORCE (SORT2)=ALL

POINT-ID = 2

### DISPLACEMENT VECTOR

SUBCASE	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	G	2.758621E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	G	0.0	0.0	0.0	4.563709E-02	0.0	0.0

EXAMPLE OF SORT2 OUTPUT

AUGUST 17, 1994 MSC/NASTRAN 5/31/94 PAGE 12

SORT2 SELECTION IS DISP (SORT2)=ALL, FORCE (SORT2)=ALL

POINT-ID = 3

### DISPLACEMENT VECTOR

SUBCASE	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	G	5.517241E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	G	0.0	0.0	0.0	9.127419E-02	0.0	0.0