

# Дискретная оптимизация в MSC.Nastran

**С.А. Сергиевский**

**Московское представительство  
MSC.Software Corporation**

# MSC.Nastran 2001: дискретная ОПТИМИЗАЦИЯ

- Переменные проектирования – величины *действительные*
- Результаты решения оптимизационной задачи с помощью MSC.Nastran версий до 2001 – действительные значения с не определенными заранее величинами (в пределах допустимого интервала значений)
- Пример:
  - оптимальное значение толщины  $i$ -ой панели  $t_{i, \text{опт}} = 1,678$  мм
  - заводской ограничитель: допустимые значения 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 мм
- MSC.Nastran 2001 решает оптимизационную задачу с учетом требуемой дискретности допустимых значений параметров

# Дискретная оптимизация: управление решением

- **DESVAR** - оператор описания переменной проектирования

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DESVAR	ID	LABEL	XINIT	XLB	XUB	DELXV	DDVAL		

- ID – идентификационный номер оператора
- LABEL – *имя* переменной
- XINIT – исходное значение переменной проектирования
- XLB – нижняя граница допустимого значения
- XUB – верхняя граница допустимого значения
- DELXV – относительное значение допустимой величины изменения переменной проектирования на одном шаге
- **DDVAL** – идентификационный номер оператора DDVAL, описывающего допустимые дискретные значения переменной

# Дискретная оптимизация: управление решением

- **DDVAL** - оператор задания допустимых дискретных значений переменной проектирования

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DDVAL	ID	DVAL1	DVAL2	DVAL3	...	...	...		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DDVAL	ID	DVAL1	THRU	DVAL	BY	INC			

- **ID** – идентификационный номер оператора
- **DVAL<sub>i</sub>** – допустимые дискретные значения
- **THRU** – ключевое слово (обозначает интервал допустимых значений)
- **DVAL1** – нижняя граница допускаемого значения
- **DVAL** – верхняя граница допускаемого значения
- **BY** – ключевое слово (обозначает инкремент допустимых значений)
- **INC** – величина инкремента допустимых значений переменных

# Дискретная оптимизация: управление решением

- **DOPTPRM** - оператор задания параметров решения задачи оптимизации

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DOPTPRM	...	...	DISCOD	Vdiscod	...	...	DISBEG	Vdisbeg	

- **DISCOD** – идентификатор метода дискретной оптимизации
- **Vdiscod** – значение параметра DISCOD
- **DISBEG** – номер цикла решения задачи, начиная с которого выполняется дискретная оптимизация
- **Vdisbeg** – значение параметра DISBEG

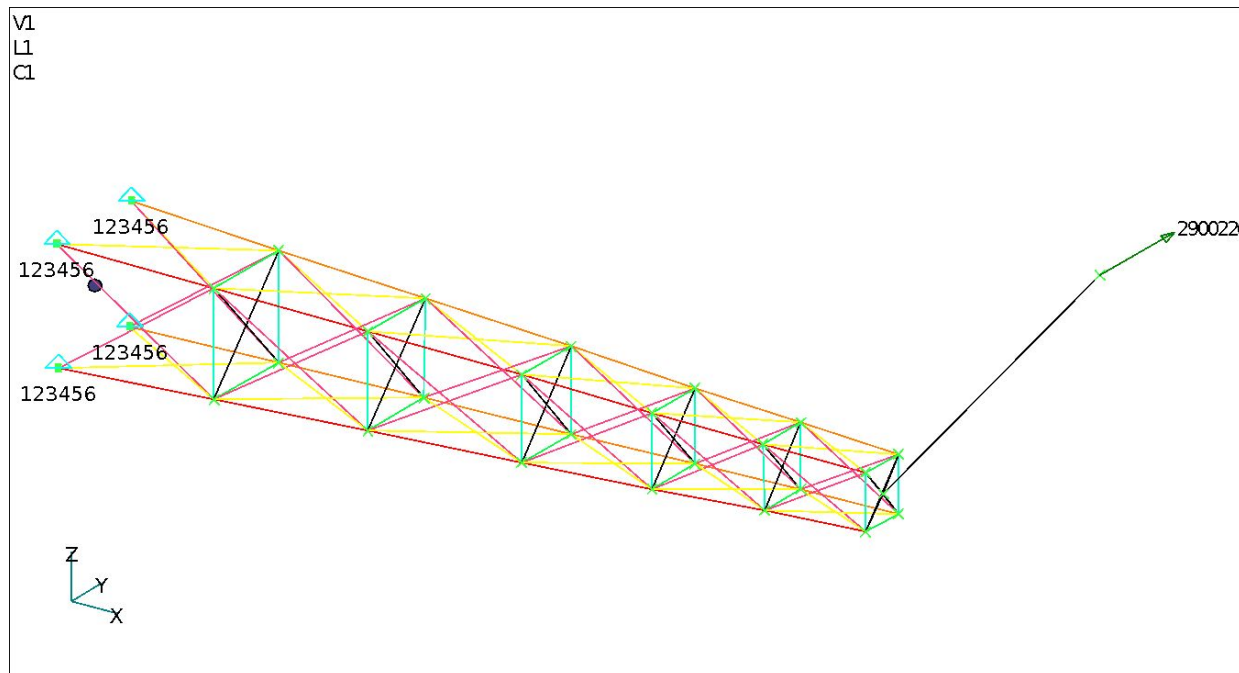
# Пример решения задачи дискретной оптимизации

## Оптимизация открытой хвостовой фермы вертолета

(Э.Хог, Я. Арора. Прикладное оптимальное  
проектирование. – М.: “Мир”, 1983)

# Пример решения задачи дискретной оптимизации

- Минимизировать массу стержневой конструкции. Максимальное перемещение точки приложения нагрузки не должно превышать 20 мм по осям Y и Z. Первая частота собственных колебаний должна быть не менее 27,5 Гц. Минимальная величина поперечного сечения стержней 100 мм<sup>2</sup>, дискретность допустимых значений - 100 мм<sup>2</sup>



# Входной файл для решения задачи дискретной оптимизации

- SOL 200
- TIME 10000
- CEND
- DESOBJ(MIN) = 101
- DESSUB = 201
- SPC = 1
- SUBCASE 1
- ANALYSIS = STATICS
- DESSUB = 201
- DISPLACEMENT = ALL
- STRESS(CORNER) = ALL
- LOAD = 1
- SUBCASE 2
- ANALYSIS = MODES
- DESSUB = 501
- METHOD = 1
- BEGIN BULK
- \$PARAM, POST, -1
- PARAM, AUTOSPC, YES
- PARAM, K6POT, 100



# Входной файл для решения задачи дискретной оптимизации

```
● $*****  
● $ ANALYSIS MODEL  
● $*****  
● FORCE,1,30,0,1.,0.,2900226.,0.  
● EIGRL,1,0.,1000.,5  
● .  
● Операторы описания КЭМ (GRID'ы,  
● CROD'ы, PROD'ы, RBE, SPC'ы, MAT1)  
● .  
● $*****  
● $ DESIGN MODEL  
● $*****  
● DESVAR, 1,A1,645.16,0.01,1.0E+20, ,1  
● DESVAR, 2,A2,645.16,0.01,1.0E+20, ,2  
● DESVAR, 3,A3,645.16,0.01,1.0E+20, ,3  
● DESVAR, 4,A4,645.16,0.01,1.0E+20, ,4  
● DESVAR, 5,A5,645.16,0.01,1.0E+20, ,5  
● DESVAR, 6,A6,645.16,0.01,1.0E+20, ,6  
● DESVAR, 7,A7,645.16,0.01,1.0E+20, ,7
```

# Входной файл для решения задачи дискретной оптимизации

- DDVAL,1,100.,THRU,10000.,BY,100.
- DDVAL,2,100.,THRU,10000.,BY,100.
- DDVAL,3,100.,THRU,10000.,BY,100.
- DDVAL,4,100.,THRU,10000.,BY,100.
- DDVAL,5,100.,THRU,10000.,BY,100.
- DDVAL,6,100.,THRU,10000.,BY,100.
- DDVAL,7,100.,THRU,10000.,BY,100.
- \$
- DVPREL1, 1,PROD, 1, 4,0.01,1.0E+20, , , +
- +, 1,1.0
- DVPREL1, 2,PROD, 2, 4,0.01,1.0E+20, , , +
- +, 2,1.0
- DVPREL1, 3,PROD, 3, 4,0.01,1.0E+20, , , +
- +, 3,1.0
- DVPREL1, 4,PROD, 4, 4,0.01,1.0E+20, , , +
- +, 4,1.0
- DVPREL1, 5,PROD, 5, 4,0.01,1.0E+20, , , +
- +, 5,1.0
- DVPREL1, 6,PROD, 6, 4,0.01,1.0E+20, , , +
- +, 6,1.0
- DVPREL1, 7,PROD, 7, 4,0.01,1.0E+20, , , +

# Входной файл для решения задачи дискретной оптимизации

- DRESP1,301,Y30,DISP,,2,,30
- DRESP1,302,Z30,DISP,,3,,30
- DCONSTR,201,301,-20.,+20.
- DCONSTR,201,302,-20.,+20.
- \$
- DRESP1,401,STRESS1,STRESS,PROD,,2,,1
- DRESP1,402,STRESS2,STRESS,PROD,,2,,2
- DRESP1,403,STRESS3,STRESS,PROD,,2,,3
- DRESP1,404,STRESS4,STRESS,PROD,,2,,4
- DRESP1,405,STRESS5,STRESS,PROD,,2,,5
- DRESP1,406,STRESS6,STRESS,PROD,,2,,6
- DRESP1,407,STRESS7,STRESS,PROD,,2,,7
- DCONSTR,201,401,-2.0E+5,2.0E+5
- DCONSTR,201,402,-2.0E+5,2.0E+5
- DCONSTR,201,403,-2.0E+5,2.0E+5
- DCONSTR,201,404,-2.0E+5,2.0E+5
- DCONSTR,201,405,-2.0E+5,2.0E+5
- DCONSTR,201,406,-2.0E+5,2.0E+5
- DCONSTR,201,407,-2.0E+5,2.0E+5
- \$
- DRESP1,501,E1,EIGN,,1

# Результаты решения

Свойство	Исходная конструкция	Оптимальная конструкция	
		“Непрерывная” оптимизация	“Дискретная” оптимизация
A1	645,16	1077,0	1100,0
A2	645,16	1077,0	1100,0
A3	645,16	384,29	400,0
A4	645,16	431,66	400,0
A5	645,16	100,0	200,0
A6	645,16	167,99	200,0
A7	645,16	100,0	200,0

# Результаты решения

Вариант конструкции	“Непрерывная” оптимизация		“Дискретная” оптимизация	
	Масса	Частота собств. колебаний	Масса	Частота собств. колебаний
Исходный	134,35	21,6	134,35	21,6
Оптимальный	104,47	27,54	108,31	27,24

# Заключение

- Дискретная оптимизация в MSC.Nastran – эффективный инструмент решения реальных задач разработки новых изделий