

# Раздел 14

## Анализ отклика на случайное воздействие

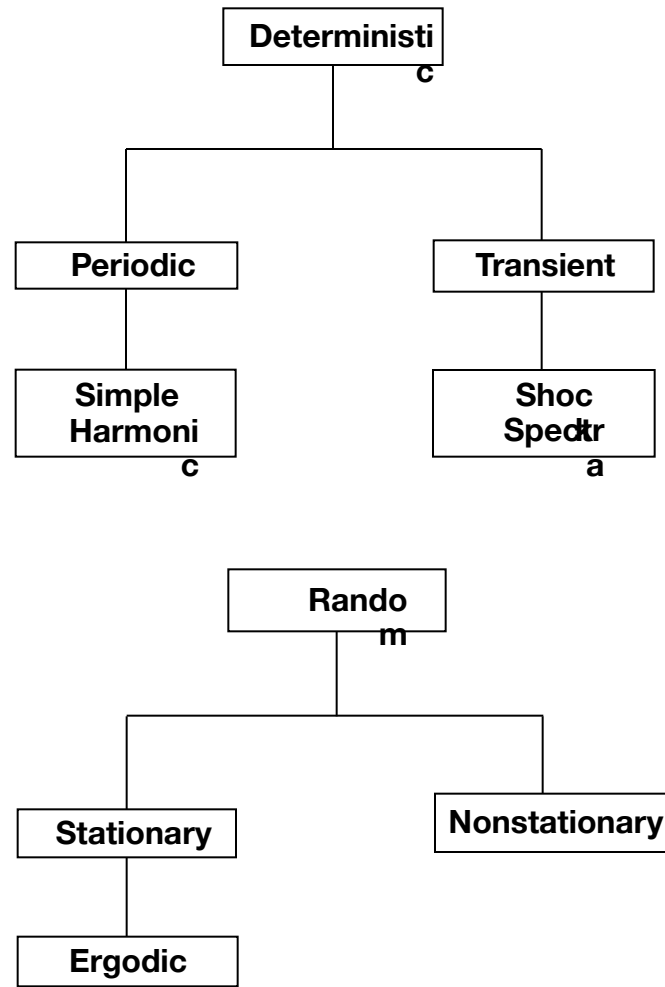
# Раздел 14. Анализ отклика на случайное воздействие

• ТИПЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	14 - 4
• АНАЛИЗ ОТКЛИКА НА СЛУЧАЙНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ.....	14 - 5
• ТЕОРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	14 - 6
• ПРИМЕРЫ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	14 - 7
• ПРИМЕР АНСАМБЛЯ ЭРГОДИЧЕСКИХ • СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	14 - 8
• АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ И АВТОСПЕКТР.....	14 - 9
• ВЫЧИСЛЕНИЕ ОТКЛИКА ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ НА • ЭРГОДИЧЕСКОЕ СЛУЧАЙНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ.....	14 - 11
• СПЕКТРАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ • СИСТЕМЫ С МНОГИМИ ВХОДАМИ И ВЫХОДАМИ.....	14 - 12
• АНАЛИЗ ОТКЛИКА НА СЛУЧАЙНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ • В MSC.Nastran.....	14 - 16
• ОПЕРАТОР RANDPS.....	14 - 17
• ОПЕРАТОР TABRND.....	14 - 19

# Анализ отклика на случайное воздействие (продолж.)

- УПРАВЛЕНИЕ РЕШЕНИЕМ ПРИ АНАЛИЗЕ
- ОТКЛИКА НА СЛУЧАЙНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ..... 14 - 21
- РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТА..... 14 - 22
- ПРИМЕР №10 – ОТКЛИК ПРИ СЛУЧАЙНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ПО ОДНОМУ ВХОДУ..... 14 - 23
- ВХОДНОЙ ФАЙЛ ДЛЯ ПРИМЕРА №10..... 14 - 26
- РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ПРИМЕРА №10..... 14 - 27
- ПРИМЕР №11 - ОТКЛИК ПРИ СЛУЧАЙНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ПО НЕСКОЛЬКИМ ВХОДАМ..... 14 - 35
- ВХОДНОЙ ФАЙЛ ДЛЯ ПРИМЕРА №11..... 14 - 37
- РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ПРИМЕРА №11..... 14 - 40

# Типы динамических процессов



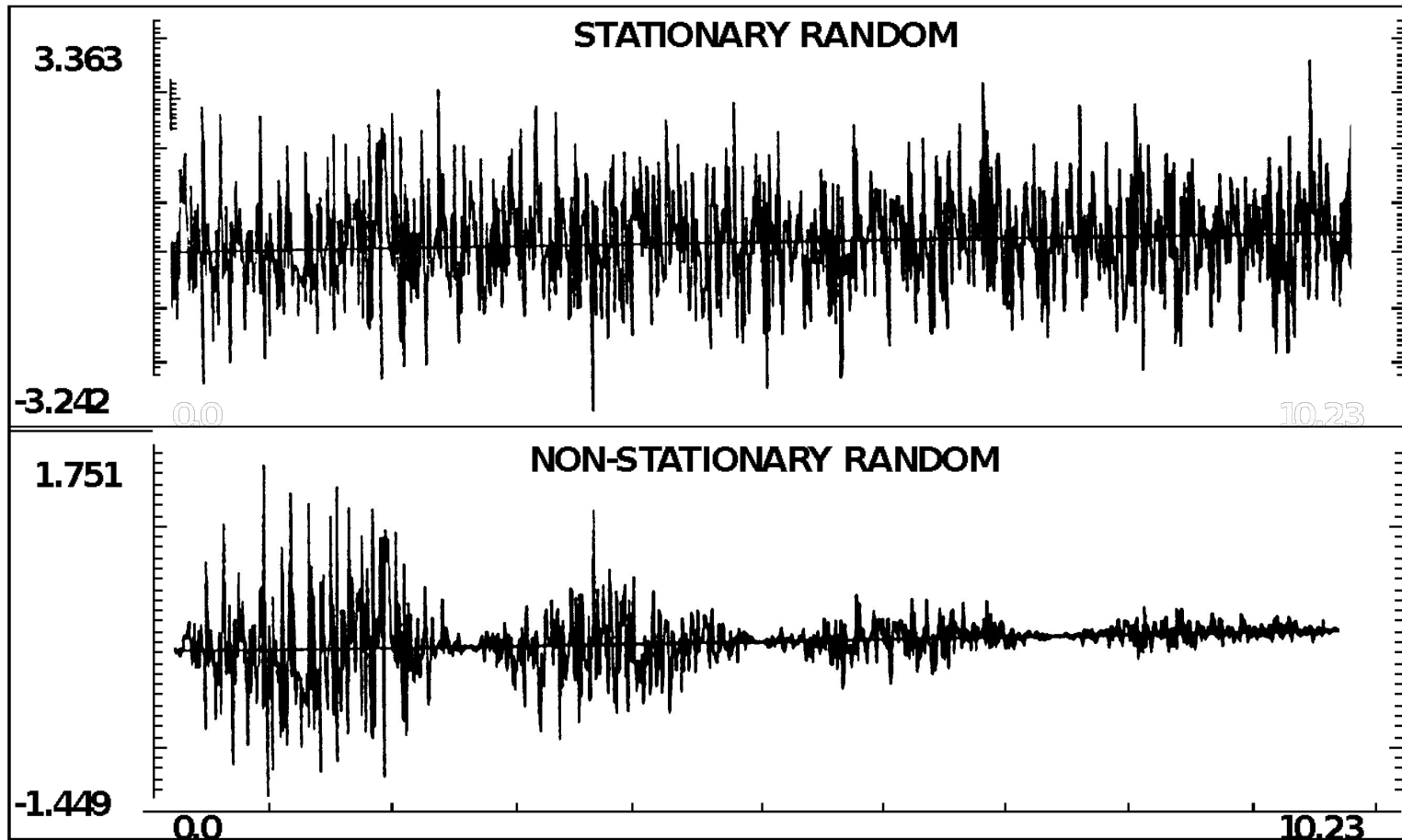
# Анализ отклика на случайное воздействие

- Случайные колебания – это колебания, которые могут быть описаны только статистически. Их истинное значение в конкретный момент времени неизвестно, чего нельзя сказать о вероятности превышения определенного уровня.
- Примеры: перемещение почвы при землетрясении, флюктуации давления вокруг самолетов и высоких зданий, акустическое воздействие шума ракетных и авиадвигателей.
- MSC.Nastran выполняет анализ отклика на случайное воздействие как *постпроцессинг* анализа частотного отклика. Исходной информацией являются результаты анализа частотного отклика и заданные пользователем нагрузки в форме авто- и взаимных спектральных плотностей. Результаты расчета – спектральные плотности, автокорреляционные функции, значения частоты положительных пересечений нулевого уровня и среднеквадратические отклонения откликов.
- Теорию см.: *Random Vibration in Mechanical Systems*, by S. H. Crandall and W. D. Mark, Academic Press, 1963.
- Дополнительная информация - в *MSC.Nastran Advanced Dynamics User's Guide*.

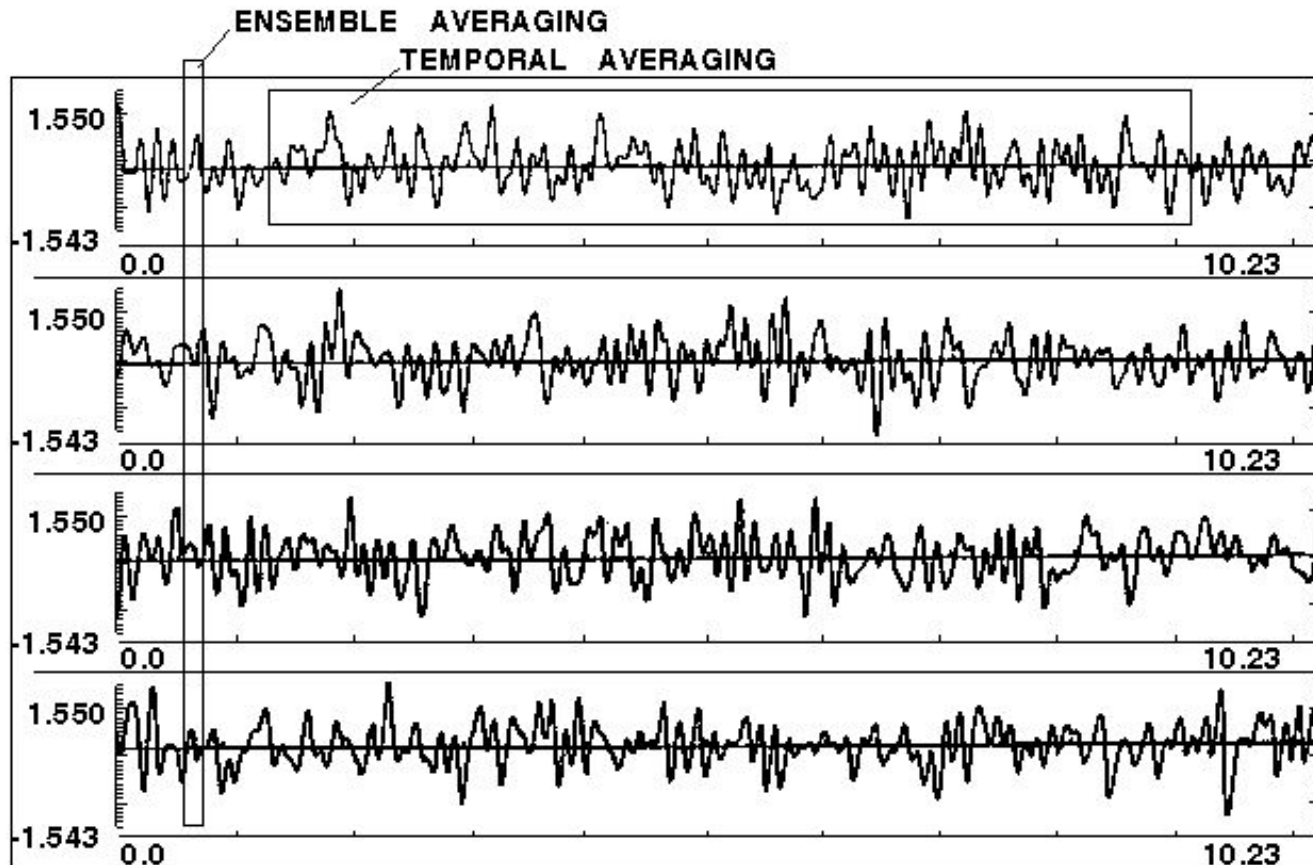
# Теория случайных процессов

- Существуют различные формулировки характеристик случайных процессов. Будьте внимательны при использовании MSC.Nastran (см. *MSC.Nastran Advanced Dynamics User's Guide* и книгу Бендата и Пирсола [13] для понимания соответствующих формулировок).
- При анализе отклика на случайное воздействие с помощью MSC.Nastran предполагается эргодичность процессов.
- Должна быть ясность в понятиях автокорреляции, автоспектра (спектра мощности), взаимной корреляции и кросспектра.
- Среднеквадратичное отклонение (значение) и кажущаяся частота – основные статистические характеристики процесса.

# Примеры случайных процессов



# Пример ансамбля эргодических случайных процессов





# Автокорреляция и автоспектр

- Автокорреляционная функция:

$$R_j(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u_j(t) u_j(t - \tau) dt$$

- Примечание:  $R_j(0)$  - дисперсия  $u_j(t)$ .
- Функция автоспектра (спектр, *спектральная плотность*):

$$S_j(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2}{T} \left| \int_0^T u_j(t) e^{-i\omega t} dt \right|^2$$

- Преобразование Фурье:

$$R_j(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty S_j(\omega) \cos(\omega \tau) d\omega$$

- Дисперсия:

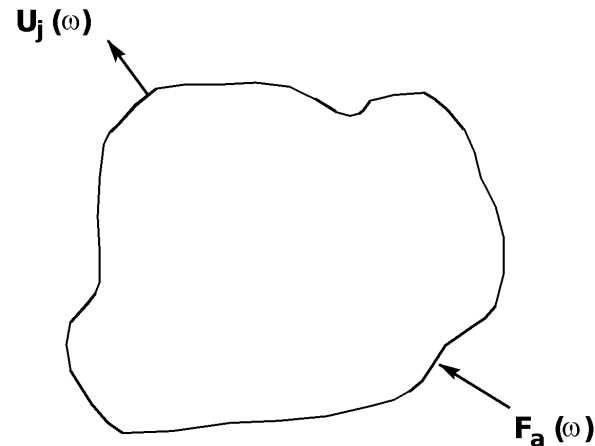
$$\overline{u_j(t)^2} = R_j(0) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty S_j(\omega) d\omega$$

# Автокорреляция и автоспектр

- Кажущаяся частота (частота пересечения нулевого уровня)  $N_0$ :

$$N_0^2 = \frac{\int_0^{\infty} (\omega / 2\pi)^2 S_j(\omega) d\omega}{\int_0^{\infty} S_j(\omega) d\omega}$$

# Вычисление отклика линейной системы на эргодическое случайное воздействие



- Из анализа частотного отклика

$$u_j(\omega) = H_{ja}(\omega) \cdot F_a(\omega)$$

где  $H_{ja}(\omega)$  - передаточная функция от входа  $F_a$  к выходу  $u_j$ .

- При наличии нескольких входов

$$u_j(\omega) = H_{ja}(\omega)F_a(\omega) + H_{jb}(\omega)F_b(\omega) + \dots$$

# Спектральные соотношения для линейной системы с многими входами и выходами

- В матричной форме имеем

$$u_j(\omega) = [H_{ja}(\omega) \ H_{jb}(\omega) \ \dots] \begin{Bmatrix} F_a(\omega) \\ F_b(\omega) \\ \vdots \end{Bmatrix}$$

- Автоспектр на выходе равен

$$S_{ujuj} = [H_{ja} \ H_{jb} \ \dots] \begin{Bmatrix} F_a(\omega) \\ F_b(\omega) \\ \vdots \end{Bmatrix} [F_a^*(\omega) F_b^*(\omega) \dots] \begin{Bmatrix} H_{ja}^* \\ H_{jb}^* \\ \vdots \end{Bmatrix}$$

# Спектральные соотношения для линейной системы с многими входами и выходами

## Спектральные характеристики на входе

$$\overline{\text{TF}_a(\omega)\text{F}_a^*(\omega)} = \mathbf{S}_{aa}(\omega)$$

$$\overline{\text{TF}_a(\omega)\text{F}_b^*(\omega)} = \mathbf{S}_{ab}(\omega)$$

$$\overline{\text{TF}_b(\omega)\text{F}_b^*(\omega)} = \mathbf{S}_{bb}(\omega)$$

- Спектральные характеристики при многих входах и выходах:

$$\mathbf{S}_{ujuj}(\omega) = [\mathbf{H}_j]^T \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{aa} & \mathbf{S}_{ab} & \dots \\ \mathbf{S}_{ba} & \mathbf{S}_{bb} & \dots \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \end{bmatrix} [\mathbf{H}_j^*]$$

# Спектральные соотношения для линейной системы с многими входами и выходами

where  $[H_j]^T = [H_{ja} H_{jb} \dots]$

$$[H^*_j] = \begin{Bmatrix} H^*_{ja} \\ H^*_{jb} \\ \blacksquare \\ \blacksquare \\ \blacksquare \end{Bmatrix}$$

Входная спектральная матрица

$$[S]_{in} = \begin{pmatrix} S_{aa}(\omega) & S_{ab}(\omega) & \dots \\ S_{ba}(\omega) & S_{bb}(\omega) & \dots \\ \cdot & \cdot & \\ \cdot & \cdot & \end{pmatrix}$$

и ее специальные свойства

$$S_{ab}(\omega) = S_{ba}^*(\omega)$$

$$S_{aa}(\omega), S_{bb}(\omega) = \text{real} \geq 0$$

# Спектральные соотношения для линейной системы с многими входами и выходами

- Обычно используемые частные случаи

- Анализ с одним входом (полностью коррелированный вход)

$$S_{ujuj}(\omega) = |H_{ja}(\omega)|^2 S_{aa}(\omega)$$

- Несколько некоррелированных воздействий

$$S_{ujuj}(\omega) = |H_{ja}(\omega)|^2 S_{aa}(\omega) + |H_{jb}(\omega)|^2 S_{bb}(\omega) + \dots$$

# Анализ отклика на случайное воздействие в MSC.Nastran

- Предполагается, что результат анализа частотного отклика -  $H_{ja}(\omega)$ . Вычисление

$$H_{ja}(\omega) = u_j(\omega) / F_a(\omega)$$

не производится.

- В случае необходимости вычисления  $H_{ja}(\omega)$  задавайте  $F(\omega) = 1,0$ .



Defines load set power spectral density factors for use in random analysis having the frequency dependent for

$$S_{ik}(F) = (X + iY)G(F)$$

**Format:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RANDPS	SID	J	K	X	Y	TID			

**Example:**

RANDPS	5	3	7	2	2.5	4			
--------	---	---	---	---	-----	---	--	--	--

**Field****Contents**

SID	Random analysis set identification number. (Integer > 0).
J	Subcase identification number of the excited load set. (Integer > 0).
K	Subcase identification number of the applied load set. (Integer $w \geq 0$ ; $K \neq J$ ).
X, Y	Components of the complex number. (Real).
TID	Identification number of a TABRNDi entry that defines G(F). (Integer $\geq 0$ ).

**Remarks:**

Set identification numbers must be selected with the Case Control command (RANDOM = SID).

For auto spectral density,  $J = K$ , X must be greater than zero and Y must be equal to zero.

For TID = 0,  $G(F) = 1.0$ .

RANDPS may only reference subcases included within a single loop (a change in direct matrix input is not allowed).

See Section 4.5.2 of the *MSC.Nastran Handbook for Dynamic Analysis* for a discussion of random analysis.

(Continued)

Bulk Data Entry

6. In the case of cyclic symmetry Solution Sequences 88 and 118, J and K must refer to the coded subcase IDs. See the MSC.Nastran Reference Manual, Chapter 15 for the coding procedure.
7. In superelement analysis, J and K must refer to the superelement subcases. For example, if superelement 10 has SUBCASEs 1 and 2 and superelement 20 has SUBCASEs 3 and 4, then a separate RANDPS entry is required for each superelement, even though X, Y, an

Defines power spectral density as a tabular function of frequency for use in random analysis. Referenced by the RANDPS entry.

**Format**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TABRND1	TID	XAXIS	YAXIS						
	f1	g1	f2	g2	f3	g3	-etc.-		

**Example:**

TABRND1	3								
	2.5	0.01057	2.6	0.01362	ENDT				

**Field****Contents**

TID	Table identification number. (Integeru0)
XAXIS	Specifies a linear or logarithmic interpolation for the x-axis. (Character: 'LINEAR' or 'LOG'; Default='LINEAR')
YAXIS	Specifies a linear or logarithmic interpolation for the y-axis. (Character: 'LINEAR' or 'LOG'; Default='LINEAR')
fi	Frequency value in cycles per unit time. (Real $\geq$ 0.0)
gi	Power spectral density. (Real)

**Remarks:**

- The fi must be in either ascending or descending order, but not both.
- Discontinuities may be specified between any two points except the two starting points or two end points. For example, in Figure discontinuities are allowed only between points f2 through f7. Also, if g is evaluated at a discontinuity, then the average value of g is used. In Figure , the value of g at f=f3 is  $g=(g3+g4)/2$ . If the y-axis is a LOG axis then the jump at the discontinuity is evaluated as  $y=\sqrt{y3 y4}$ .
- At least two entries must be present.
- Any fi-gi pair may be ignored by placing 'SKIP' in either of the two fields used for that entry.
- The end of the table is indicated by the existence of 'ENDT' in either of the two fields following the last entry. An error is detected if any continuations follow the entry containing the end-of-table flag 'ENDT'.

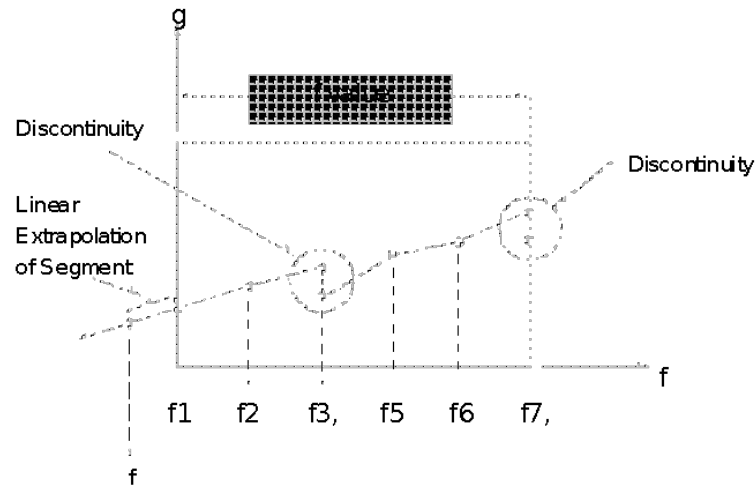
(Continued)

TABRND1 uses the algorithm

$$g = g_T(f)$$

where  $f$  is input to the table and  $g$  is returned. The table look-up is performed using linear interpolation within the table and linear extrapolation outside the table using the two starting or end points. See Figure . No warning messages are issued if

where  $f$  is input to the table and  $g$  is returned. The table look-up is performed using linear interpolation within the table and linear extrapolation outside the table using the two starting or end points. See Figure . No warning messages are issued if



**Figure 1. Example of Table Extrapolation and Discontinuity.**

For auto spectral density, the value of  $g$  returned must be greater than or equal to zero, as shown in Remark 6.

Bulk Data Entry

# Управление решением при анализе отклика на случайное воздействие

- Executive Control Section
- SOL (выбирается в соответствии с методом анализа частотного отклика)

	Structured Solution
Direct	108
Modal	111

- Case Control Section
- RANDOM (инициализирует операторы RANDPS, RANDT в Bulk Data Section и должен быть *впереди* операторов SUBCASE)
- Bulk Data Section
- RANDPS (задает значения спектральной плотности мощности)
- RANDT1 (задает временные сдвиги для вычисления автокорреляционной функции)

# Рекомендации по выполнению расчета

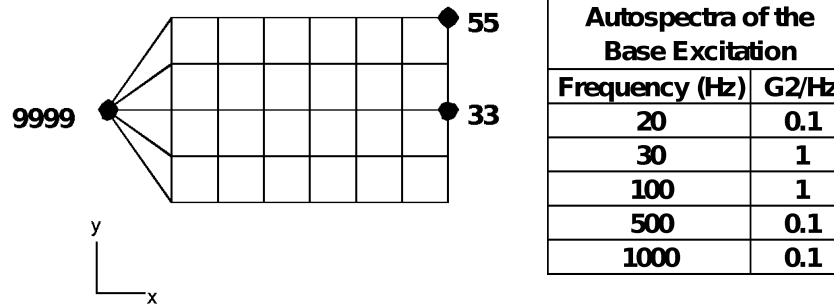
- В большинстве случаев спектр задают в логарифмических координатах. Используйте соответствующие возможности оператора TABRND1.
- При возможности всегда вычисляйте входную спектральную плотность (СП).
- Стройте графики выходной СП. Не пользуйтесь интегральными результатами вслепую.
- Задавайте несколько частот вблизи каждой моды. При модальном методе для этого хорошо подходят операторы FREQ1 (или FREQ2) и FREQ4.
- На низких частотах (<20 Гц) задавайте много частот, т.к. спектральная плотность изменяется с частотой быстро при постоянном входном воздействии.

# Пример №10

**Отклик при случайном воздействии по  
одному входу**

# Пример №10. Отклик при случайном воздействии по одному входу

- Приложите к модели пластины случайное воздействие в направлении Z с заданной СП.



- Левое ребро соедините с помощью элемента RBE2 с узлом 9999 и приложите вынужденное перемещение к этому узлу
- Используйте модальное решение с остаточным вектором



# Пример №10. Отклик при случайном воздействии по одному входу

- **Задайте постоянное модальное демпфирование на уровне 0,03 от критического.**
- **Используйте задание СП на входе в двойных логарифмических координатах.**
- **Определите СП ускорения в точке воздействия, а также в угле и в середине свободного ребра (узлы 33 и 55)**

# Входной файл для Примера №10

```
ID SEMINAR, PROB10
SOL 111
CEND
TITLE= RANDOM ANALYSIS - BASE EXCITATION
SUBTITLE= USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
ECHO= UNSORTED
SPC= 101
SET 111= 33, 55, 9999
ACCELERATION(SORT2, PHASE)= 111
METHOD= 100
FREQUENCY= 100
SDAMPING= 100
RANDOM= 100
DLOAD= 100
$
OUTPUT(XYPLOT)
XTGRID= YES
YTGRID= YES
XBGRID= YES
YBGRID= YES
YTLOG= YES
XTITLE= FREQUENCY
YTTITLE= ACCEL RESPONSE BASE, MAGNITUDE
YBTITLE= ACCEL RESPONSE AT BASE, PHASE
XYPLOT ACCEL RESPONSE / 9999 (T3RM, T3IP)
YTITLE= ACCEL RESPONSE AT TIP CENTER, MAGNITUDE
YBTITLE= ACCEL RESPONSE AT TIP CENTER, PHASE
XYPLOT ACCEL RESPONSE / 33 (T3RM, T3IP)
YTITLE= ACCEL RESPONSE AT OPPOSITE CORNER, MAGNITUDE
YBTITLE= ACCEL RESPONSE AT OPPOSITE CORNER, PHASE
XYPLOT ACCEL RESPONSE / 55 (T3RM, T3IP)
$
$ PLOT OUTPUT IS ONLY MEANS OF VIEWING PSD DATA
$
XGRID= YES
YGRID= YES
XLOG= YES
YLOG= YES
YTITLE= ACCEL P S D AT LOADED CORNER
XYPLOT ACCEL PSDF / 9999(T3)
YTITLE= ACCEL P S D AT TIP CENTER
XYPLOT ACCEL PSDF / 33(T3)
YTITLE= ACCEL P S D AT OPPOSITE CORNER
XYPLOT ACCEL PSDF / 55(T3)
$
```

```
BEGIN BULK
param, resvec, yes
PARAM, COUPMASS, 1
PARAM, WTMASS, 0.00259
$
INCLUDE 'plate.bdf'
$
GRID, 9999, , 0., 1., 0.
$
RBE2, 101, 9999, 12345, 1, 12, 23, 34, 45
$
SPC1, 101, 12456, 9999
$
$ EIGENVALUE EXTRACTION PARAMETERS
$
EIGRL, 100, , 2000.
$
$ SPECIFY MODAL DAMPING
$
TABDMP1, 100, CRIT,
+, 0., .03, 10., .03, ENDT
$
$ POINT LOADING AT TIP CENTER
$
RLOAD2, 100, 600, , , 310., A
spcd, 600, 9999, 3, 1.0
spc1, 101, 3, 9999
$
TABLED1, 310,
+, 10., 1., 1000., 1., ENDT
$
$ SPECIFY FREQUENCY STEPS
$
FREQ, 100, 30.
FREQ1, 100, 20., 20., 50
FREQ4, 100, 20., 1000., .03, 5
$
$ SPECIFY SPECTRAL DENSITY
$
RANDPS, 100, 1, 1, 1., 0., 111
$
TABRND1, 111, LOG, LOG
+, 20., 0.1, 30., 1., 100., 1., 500., .1,
+, 1000., .1, ENDT
$
ENDDATA
```

**NAS102**

**Декабрь 2001, Стр. 14-26**

**MSC Moscow**

# Результаты решения Примера №10

```

0
POINT-ID = 55
COMPLEX ACCELERATION VECTOR
(MAGNITUDE/PHASE)

FREQUENCY TYPE T1 T2 T3 R1 R2 R3
0 2.000000E+01 G 8.358522E-13 6.132253E-13 1.035398E+00 6.191258E-05 9.939824E-03 0.0
0.4556 181.9772 359.2511 201.6529 162.8929 0.0
0 3.000000E+01 G 8.075963E-13 5.330547E-13 1.082015E+00 1.383813E-04 2.253733E-02 0.0
0.7657 183.6634 358.8553 193.1138 167.8302 0.0
0 4.000000E+01 G 7.650455E-13 4.132548E-13 1.152136E+00 2.563078E-04 4.152783E-02 0.0
1.2059 186.9823 358.4307 188.0462 170.1645 0.0
.
0 1.000000E+02 G 4.061454E-13 2.806007E-12 2.965758E+00 3.881189E-03 5.418859E-01 0.0
148.4850 347.4379 353.1634 172.2002 169.9982 0.0
0 1.200000E+02 G 3.112067E-12 1.040884E-11 7.217543E+00 1.334900E-02 1.734286E+00 0.0
155.5114 339.4881 343.3221 160.8716 160.7224 0.0
:
0
POINT-ID = 9999
COMPLEX ACCELERATION VECTOR
(MAGNITUDE/PHASE)

FREQUENCY TYPE T1 T2 T3 R1 R2 R3
0 2.000000E+01 G 0.0 0.0 1.000000E+00 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0 3.000000E+01 G 0.0 0.0 9.999999E-01 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0 4.000000E+01 G 0.0 0.0 1.000000E+00 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
:
0 9.799999E+02 G 0.0 0.0 1.000000E+00 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0 1.000000E+03 G 0.0 0.0 1.000000E+00 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0 1.020000E+03 G 0.0 0.0 1.000000E+00 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

```

# Результаты решения Примера №10

```

                X Y - O U T P U T S U M M A R Y ( R E S P O N S E )
SUBCASE CURVE FRAME          CURVE ID./      XMIN-FRAME/      XMAX-FRAME/      YMIN-FRAME/      X FOR      YMAX-FRAME/      X FOR
  ID     TYPE  NO.   PANEL  : GRID ID  ALL DATA      ALL DATA      ALL DATA      YMIN          ALL DATA      YMAX
   1  ACCE   1     9999 ( 5,-- )  2.000000E+01  1.020000E+03  9.999999E-01  3.000000E+01  1.000000E+00  3.400000E+02
                2.000000E+01  1.020000E+03  9.999999E-01  3.000000E+01  1.000000E+00  3.400000E+02
   1  ACCE   1     9999 (--, 11)  2.000000E+01  1.020000E+03  0.000000E+00  2.000000E+01  0.000000E+00  2.000000E+01
                2.000000E+01  1.020000E+03  0.000000E+00  2.000000E+01  0.000000E+00  2.000000E+01
   1  ACCE   2      33 ( 5,-- )  2.000000E+01  1.020000E+03  1.019921E+00  3.800000E+02  2.619253E+01  1.336891E+02
                2.000000E+01  1.020000E+03  1.019921E+00  3.800000E+02  2.619253E+01  1.336891E+02
   1  ACCE   2      33 (--, 11)  2.000000E+01  1.020000E+03  7.710672E+00  1.020000E+03  3.592519E+02  2.000000E+01
                2.000000E+01  1.020000E+03  7.710672E+00  1.020000E+03  3.592519E+02  2.000000E+01
   1  ACCE   3      55 ( 5,-- )  2.000000E+01  1.020000E+03  1.010954E+00  3.800000E+02  2.615654E+01  1.336891E+02
                2.000000E+01  1.020000E+03  1.010954E+00  3.800000E+02  2.615654E+01  1.336891E+02
   1  ACCE   3      55 (--, 11)  2.000000E+01  1.020000E+03  7.767139E+00  1.020000E+03  3.592511E+02  2.000000E+01
                2.000000E+01  1.020000E+03  7.767139E+00  1.020000E+03  3.592511E+02  2.000000E+01
RANDOM ANALYSIS - BASE EXCITATION
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
                                APRIL 18, 2001 MSC.NASTRAN 3/27/01 PAGE 33

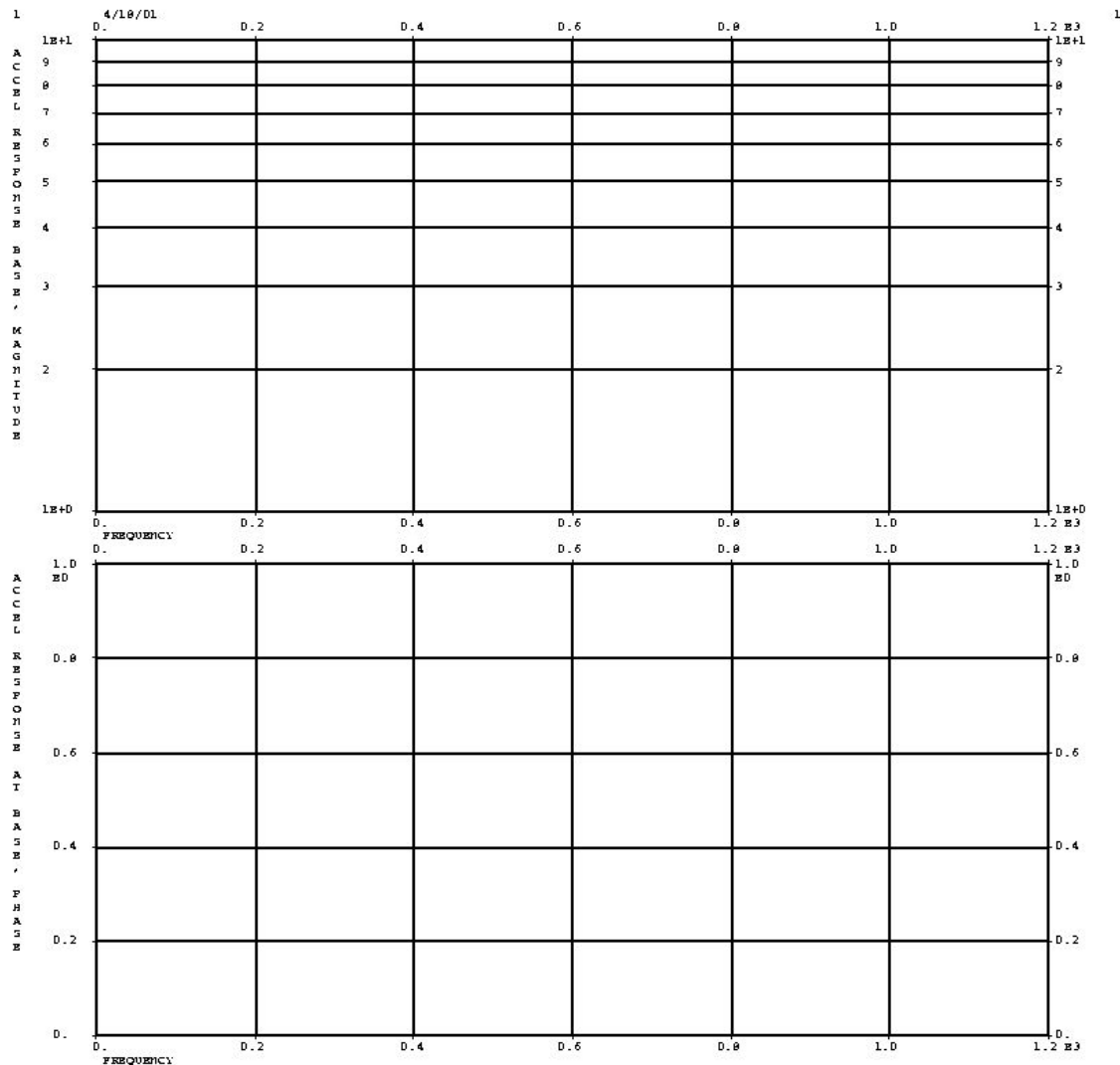
```

```

                X Y - O U T P U T S U M M A R Y ( A U T O O R P S D F )
PLOT CURVE FRAME          CURVE ID./      RMS      NO. POSITIVE      XMIN FOR      XMAX FOR      YMIN FOR      X FOR      YMAX FOR      X FOR*
TYPE  TYPE  NO.   PANEL  : GRID ID  VALUE      CROSSINGS      ALL DATA      ALL DATA      ALL DATA      YMIN          ALL DATA      YMAX
PSDF ACCE   4     9999 ( 5 )  1.561982E+01  3.991722E+02  2.000E+01  1.020E+03  1.000E-01  6.200E+02  1.000E+00  4.000E+01
PSDF ACCE   5      33 ( 5 )  9.222907E+01  3.921367E+02  2.000E+01  1.020E+03  1.072E-01  2.000E+01  4.528E+02  1.337E+02
PSDF ACCE   6      55 ( 5 )  9.161487E+01  3.844524E+02  2.000E+01  1.020E+03  1.072E-01  2.000E+01  4.516E+02  1.337E+02

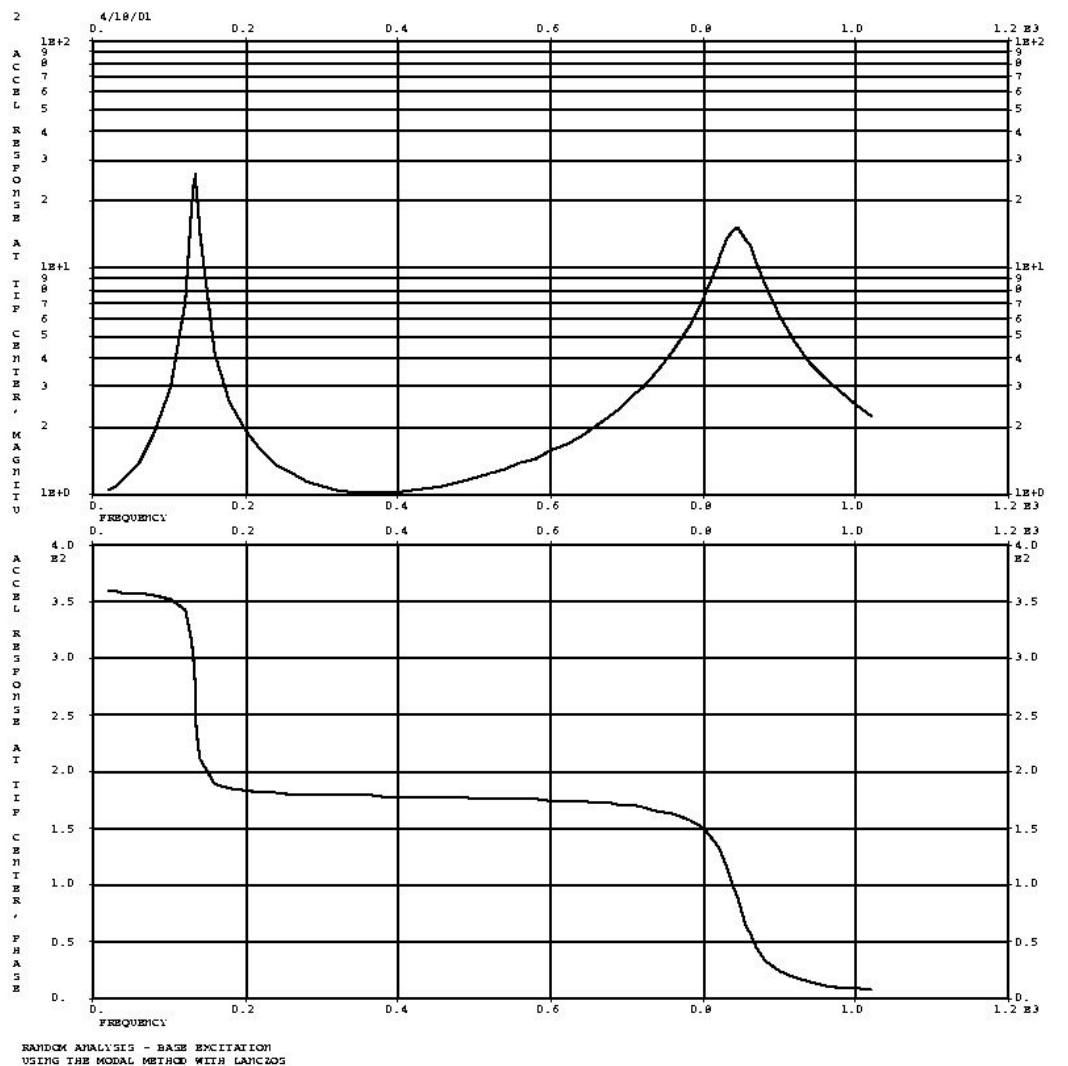
```

# Результаты решения Примера №10

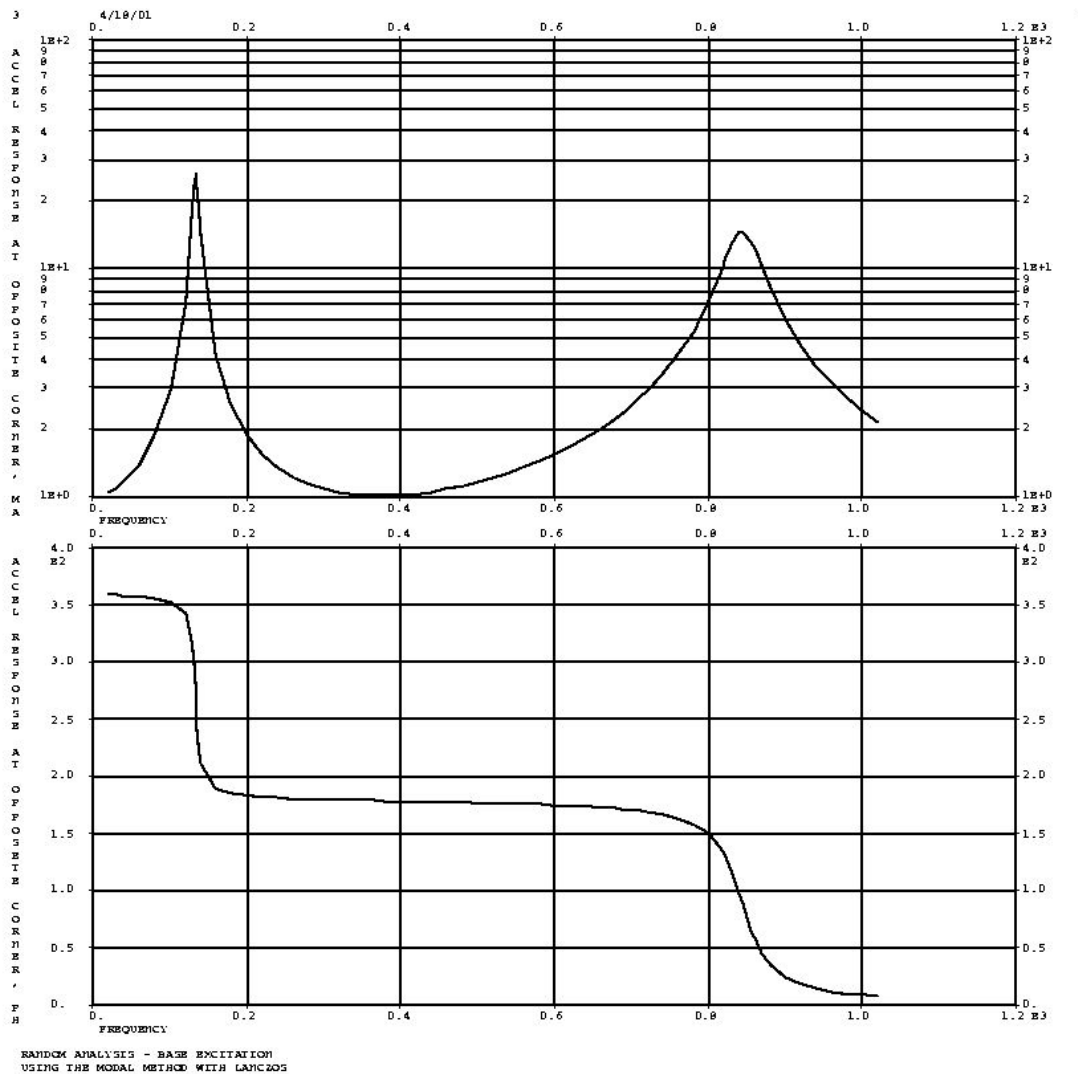


RANDOM ANALYSIS - BASE EXCITATION  
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS

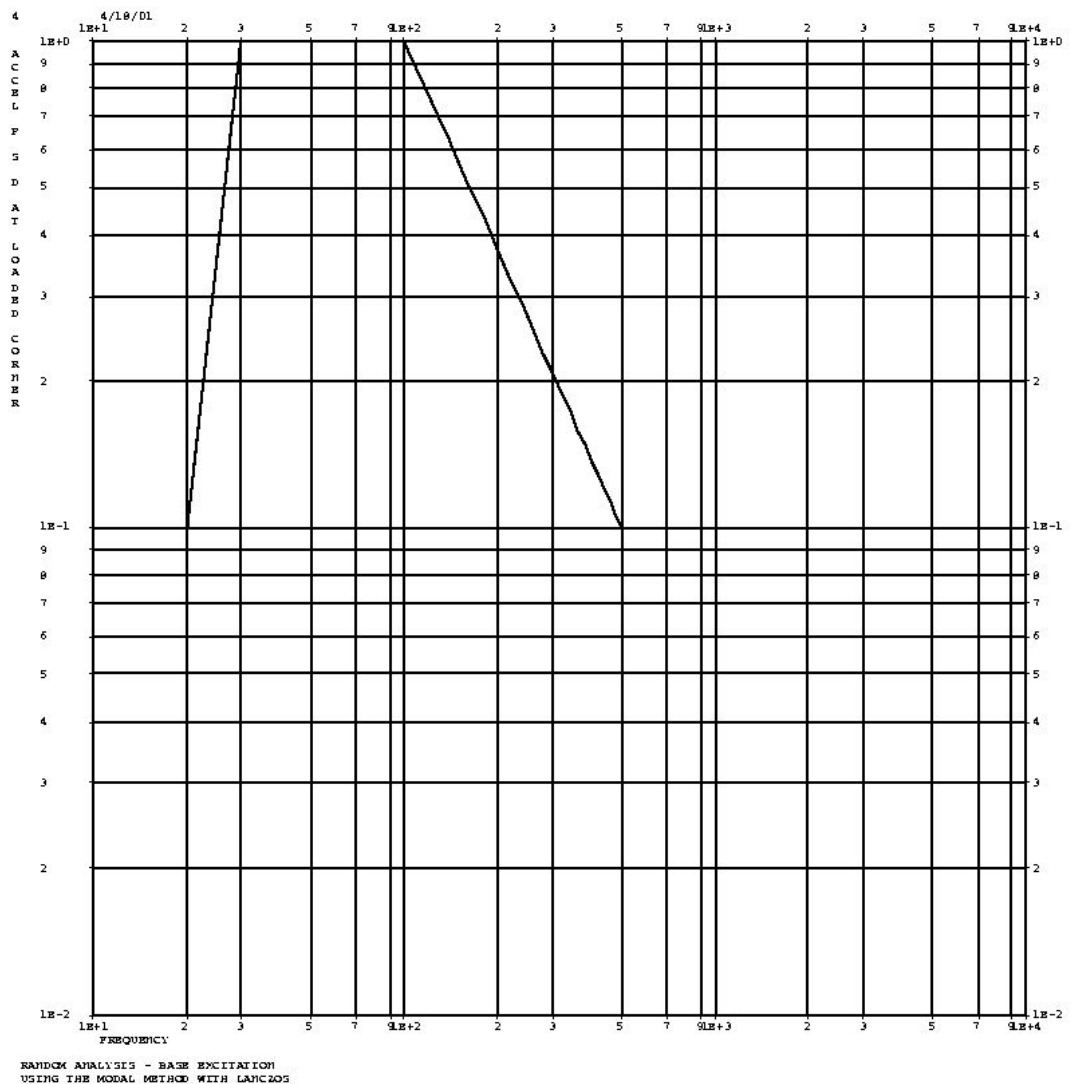
# Результаты решения Примера №10



# Результаты решения Примера №10



# Результаты решения Примера №10

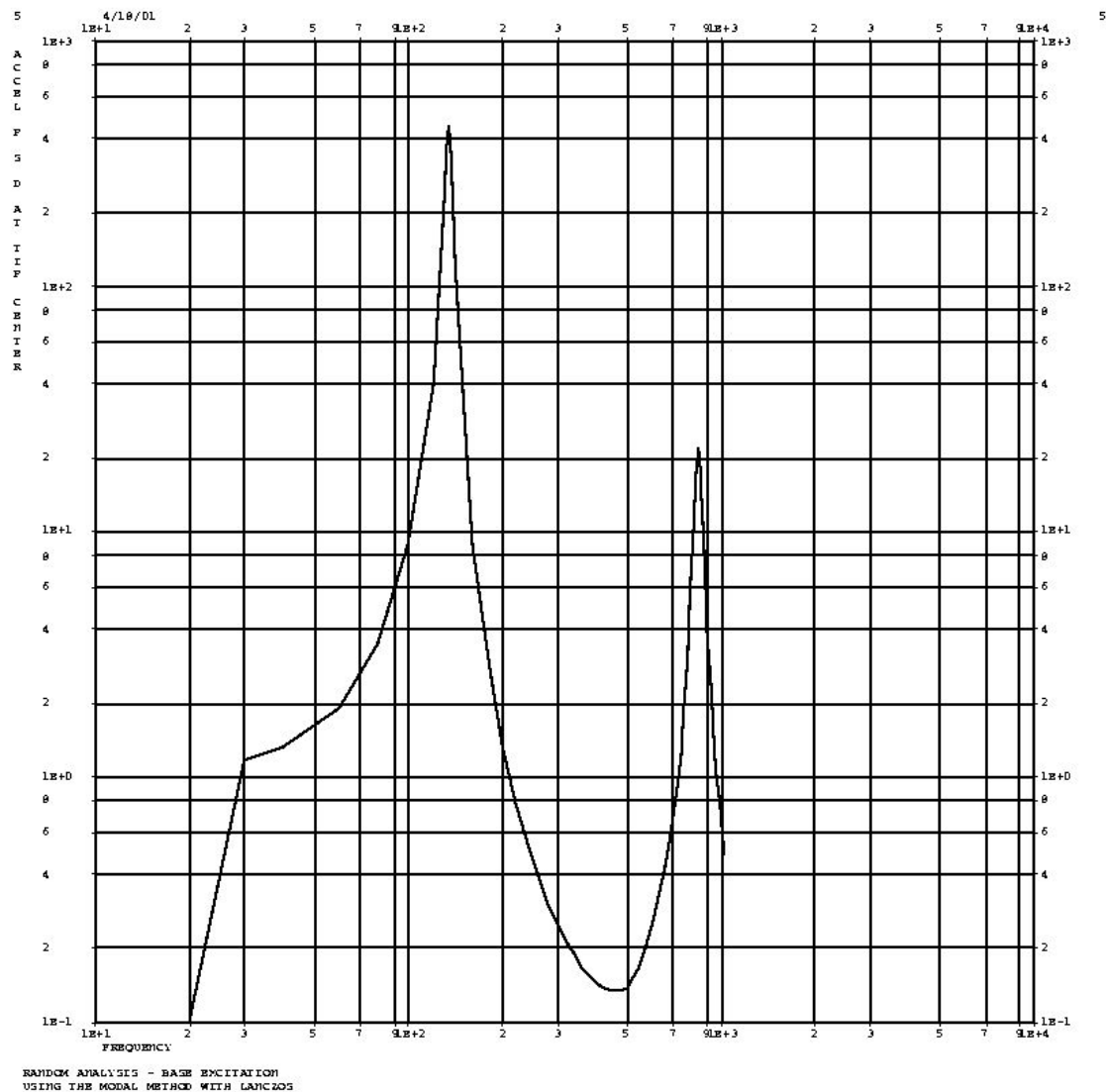


NAS102

Декабрь 2001, Стр. 14-32  
MSC Moscow



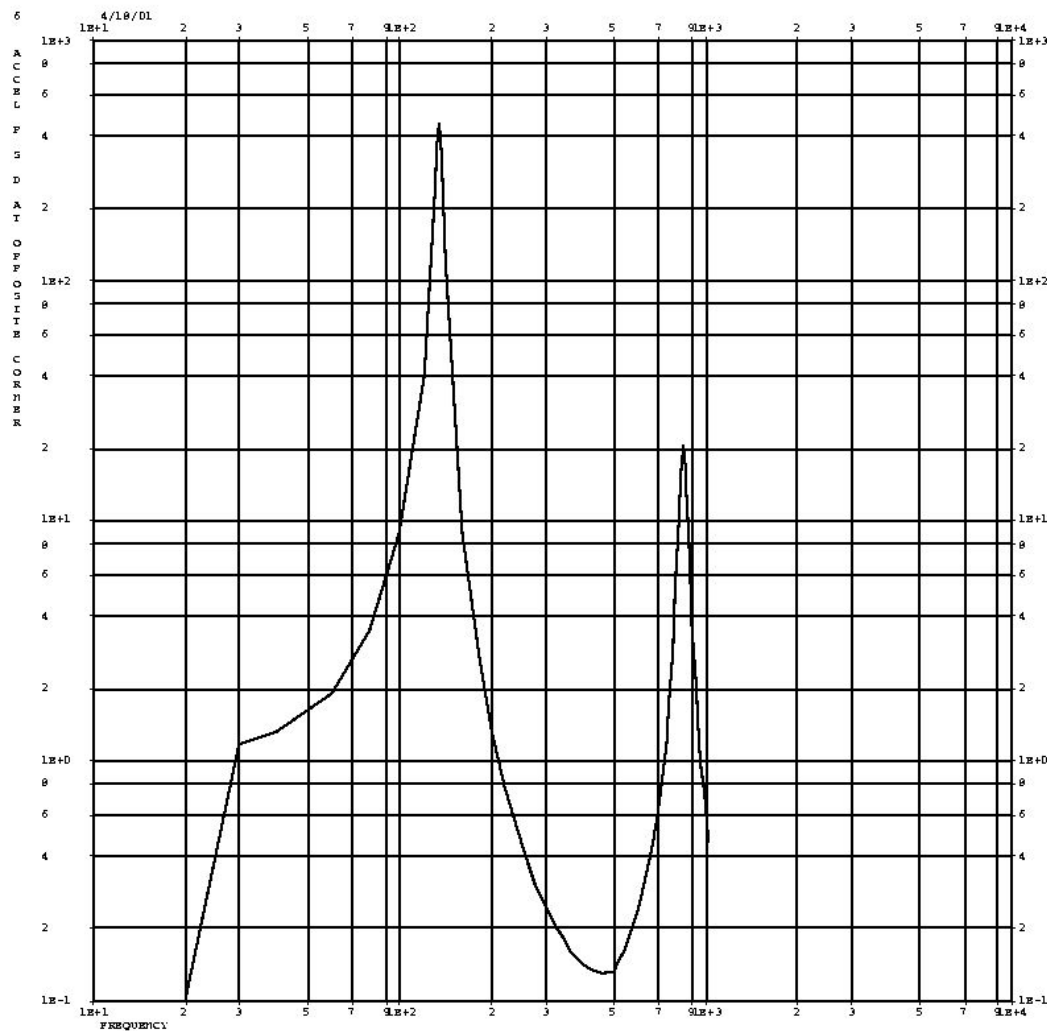
# Результаты решения Примера №10



NAS102

Декабрь 2001, Стр. 14-33  
MSC Moscow

# Результаты решения Примера №10



RANDOM ANALYSIS - BASE EXCITATION  
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS

NAS102

Декабрь 2001, Стр. 14-34

MSC Moscow

# Пример №11

**Отклик при случайном воздействии по  
нескольким входам**

# Пример №11. Отклик при случайном воздействии по нескольким входам

- Используя модальный метод, определите спектр перемещения в центральной точке пластины под действием случайного давления и сосредоточенных сил. Используйте комплексное представление взаимной спектральной плотности.

Autospectra of Pressure Load		Auto Spectra of Corner Load	
Frequency (Hz)	psi/Hz	Frequency (Hz)	lb/Hz
20	0.1	20	0.5
30	1	30	2.5
100	1	500	2.5
500	0.1	1000	0
1000	0.1		

Cross-Spectrum of Pressure and Corner Loads Real/Imaginary		
Frequency (Hz)	Real Part	Imaginary Part
20	-0.099619	0.007816
100	-0.498097	0.043579
500	0.070711	-0.070711
1000	0	0

# Входной файл для Примера №11

```
ID SEMINAR, PROB11
SOL 111
TIME 30
CEND
TITLE= FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT
LOADS
SUBTITLE= USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
ECHO= UNSORTED
SPC= 1
SET 111= 11, 33, 55
DISPLACEMENT(PLOT, PHASE)= 111
METHOD= 100
FREQUENCY= 100
SDAMPING= 100
RANDOM= 100
SUBCASE 1
LABEL= PRESSURE LOAD
DLOAD= 100
LOADSET= 100
SUBCASE 2
LABEL CORNER LOAD
DLOAD= 200
LOADSET= 100
$
```

```
$
OUTPUT (XYPLOT)
$
XTGRID= YES
YTGRID= YES
XBGRID= YES
YBGRID= YES
YTLOG= YES
YBLOG= NO
XTITLE= FREQUENCY (HZ)
YTITLE= DISPLACEMENT RESPONSE AT LOADED CORNER, MAGNITUDE
YBTITLE= DISPLACEMENT RESPONSE AT LOADED CORNER, PHASE
XYPLOT DISP RESPONSE / 11 (T3RM, T3IP)
YTITLE= DISPLACEMENT RESPONSE AT TIP CENTER, MAGNITUDE
YBTITLE= DISPLACEMENT RESPONSE AT TIP CENTER, PHASE
XYPLOT DISP RESPONSE / 33 (T3RM, T3IP)
YTITLE= DISPLACEMENT RESPONSE AT OPPOSITE CORNER, MAGNITUDE
YBTITLE= DISPLACEMENT RESPONSE AT OPPOSITE CORNER, PHASE
XYPLOT DISP RESPONSE / 55 (T3RM, T3IP)
$
$ PLOT OUTPUT IS ONLY MEANS OF VIEWING PSD DATA
$
XGRID= YES
YGRID= YES
XLOG= YES
YLOG= YES
YTITLE= DISP P S D AT LOADED CORNER

XYPLOT DISP PSDF / 11 (T3)
YTITLE= DISP P S D AT TIP CENTER
XYPLOT DISP PSDF / 33 (T3)
YTITLE= DISP P S D AT OPPOSITE CORNER
XYPLOT DISP PSDF / 55 (T3)
```

# Входной файл для Примера №11

```
BEGIN BULK
PARAM,COUPMASS,1
PARAM,WTMASS,0.00259
$
$ MODEL DESCRIBED IN NORMAL MODES EXAMPLE
$
INCLUDE 'plate.bdf'
$
$ EIGENVALUE EXTRACTION PARAMETERS
$
EIGRL, 100, 10., 2000.
$
$ SPECIFY MODAL DAMPING
$
TABDMP1, 100, CRIT,
+, 0., .03, 10., .03, ENDT
$
$ FIRST LOADING
$
RLOAD2, 100, 300, , , 310
$
TABLED1, 310,
+, 10., 1., 1000., 1., ENDT
$
$ UNIT PRESSURE LOAD TO PLATE
$
LSEQ, 100, 300, 400
$
PLOAD2, 400, 1., 1, THRU, 40
$
$ SECOND LOADING
$
RLOAD2, 200, 600, , , 310
$
$ POINT LOAD AT TIP CENTER
$
DAREA, 600, 11, 3, 1.
$
```

# Входной файл для Примера №11

```
$ SPECIFY FREQUENCY STEPS
$
FREQ1, 100, 20., 20., 49
$
$ SPECIFY SPECTRAL DENSITY
$
RANDPS, 100, 1, 1, 1., 0., 100
RANDPS, 100, 2, 2, 1., 0., 200
RANDPS, 100, 1, 2, 1., 0., 300
RANDPS, 100, 1, 2, 0., 1., 400
$
TABRND1, 100,
+, 20., 0.1, 30., 1., 100., 1., 500., .1,
+, 1000., .1, ENDT
$
TABRND1, 200,
+, 20., 0.5, 30., 2.5, 500., 2.5, 1000., 0.,
+, ENDT
$
TABRND1, 300,
+, 20., -.099619, 100., -.498097, 500., .070711, 1000., 0.,
+, ENDT
$
TABRND1, 400,
+, 20., .0078158, 100., .0435791, 500., -.70711, 1000., 0.,
+, ENDT
$
ENDDATA
```

# Результаты решения Примера №11

```

REAL EIGENVALUES
MODE EXTRACTION EIGENVALUE RADIANS CYCLES GENERALIZED GENERALIZED
NO. ORDER
1 1 7.056994E+05 8.400591E+02 1.336996E+02 1.000000E+00 7.056994E+05
2 2 1.878432E+07 4.334088E+03 6.897916E+02 1.000000E+00 1.878432E+07
3 3 2.811467E+07 5.302327E+03 8.438915E+02 1.000000E+00 2.811467E+07
1 FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT LOADS APRIL 8, 1998 MSC.Nastran 4/ 6/98 PAGE 13
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
0
*** USER INFORMATION MESSAGE 5222 (SQFREQ)
UNCOUPLED SOLUTION ALGORITHM USED.
1 FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT LOADS APRIL 8, 1998 MSC.Nastran 4/ 6/98 PAGE 14
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
0
1 FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT LOADS APRIL 8, 1998 MSC.Nastran 4/ 6/98 PAGE 15
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
0
PRESSURE LOAD SUBCASE 1
0
0 X Y - O U T P U T S U M M A R Y ( R E S P O N S E )
0 SUBCASE CURVE FRAME XMIN-FRAME/ XMAX-FRAME/ YMIN-FRAME/ X FOR YMAX-FRAME/ X FOR
ID TYPE NO. CURVE ID. ALL DATA ALL DATA ALL DATA YMIN ALL DATA YMAX
0 1 DISP 1 11( 5,--) 2.000000E+01 1.000000E+03 4.931745E-04 1.000000E+03 2.648644E-01 1.400000E+02
2.000000E+01 1.000000E+03 4.931745E-04 1.000000E+03 2.648644E-01 1.400000E+02
0 1 DISP 1 11(--, 11) 2.000000E+01 1.000000E+03 2.067484E+01 1.000000E+03 3.594679E+02 2.000000E+01
2.000000E+01 1.000000E+03 2.067484E+01 1.000000E+03 3.594679E+02 2.000000E+01
0 2 DISP 2 11( 5,--) 2.000000E+01 1.000000E+03 7.310375E-05 4.000000E+02 6.715895E-02 1.400000E+02
2.000000E+01 1.000000E+03 7.310375E-05 4.000000E+02 6.715895E-02 1.400000E+02
0 2 DISP 2 11(--, 11) 2.000000E+01 1.000000E+03 1.839137E+02 2.600000E+02 3.595085E+02 2.000000E+01
2.000000E+01 1.000000E+03 1.839137E+02 2.600000E+02 3.595085E+02 2.000000E+01
0 1 DISP 3 33( 5,--) 2.000000E+01 1.000000E+03 5.224569E-04 1.000000E+03 2.652415E-01 1.400000E+02
2.000000E+01 1.000000E+03 5.224569E-04 1.000000E+03 2.652415E-01 1.400000E+02
0 1 DISP 3 33(--, 11) 2.000000E+01 1.000000E+03 2.008288E+01 1.000000E+03 3.594677E+02 2.000000E+01
2.000000E+01 1.000000E+03 2.008288E+01 1.000000E+03 3.594677E+02 2.000000E+01
0 2 DISP 4 33( 5,--) 2.000000E+01 1.000000E+03 4.193472E-05 6.000000E+02 6.768133E-02 1.400000E+02
2.000000E+01 1.000000E+03 4.193472E-05 6.000000E+02 6.768133E-02 1.400000E+02
0 2 DISP 4 33(--, 11) 2.000000E+01 1.000000E+03 1.822376E+02 3.400000E+02 3.594847E+02 2.000000E+01
2.000000E+01 1.000000E+03 1.822376E+02 3.400000E+02 3.594847E+02 2.000000E+01
0 1 DISP 5 55( 5,--) 2.000000E+01 1.000000E+03 4.931745E-04 1.000000E+03 2.648644E-01 1.400000E+02
2.000000E+01 1.000000E+03 4.931745E-04 1.000000E+03 2.648644E-01 1.400000E+02
0 1 DISP 5 55(--, 11) 2.000000E+01 1.000000E+03 2.067484E+01 1.000000E+03 3.594679E+02 2.000000E+01
2.000000E+01 1.000000E+03 2.067484E+01 1.000000E+03 3.594679E+02 2.000000E+01
0 2 DISP 6 55( 5,--) 2.000000E+01 1.000000E+03 1.551823E-04 1.000000E+03 6.802692E-02 1.400000E+02
2.000000E+01 1.000000E+03 1.551823E-04 1.000000E+03 6.802692E-02 1.400000E+02
0 2 DISP 6 55(--, 11) 2.000000E+01 1.000000E+03 7.881378E+00 7.599999E+02 3.594572E+02 2.000000E+01
2.000000E+01 1.000000E+03 7.881378E+00 7.599999E+02 3.594572E+02 2.000000E+01

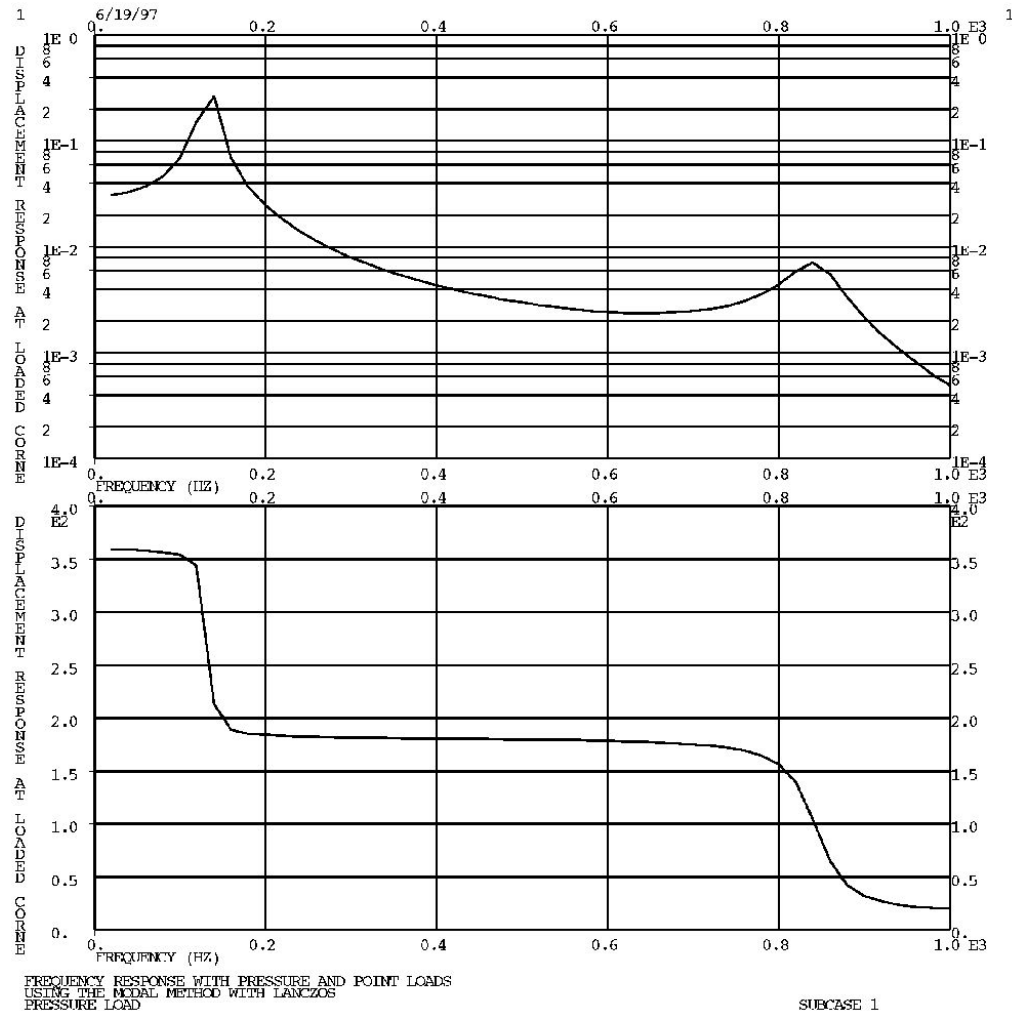
```



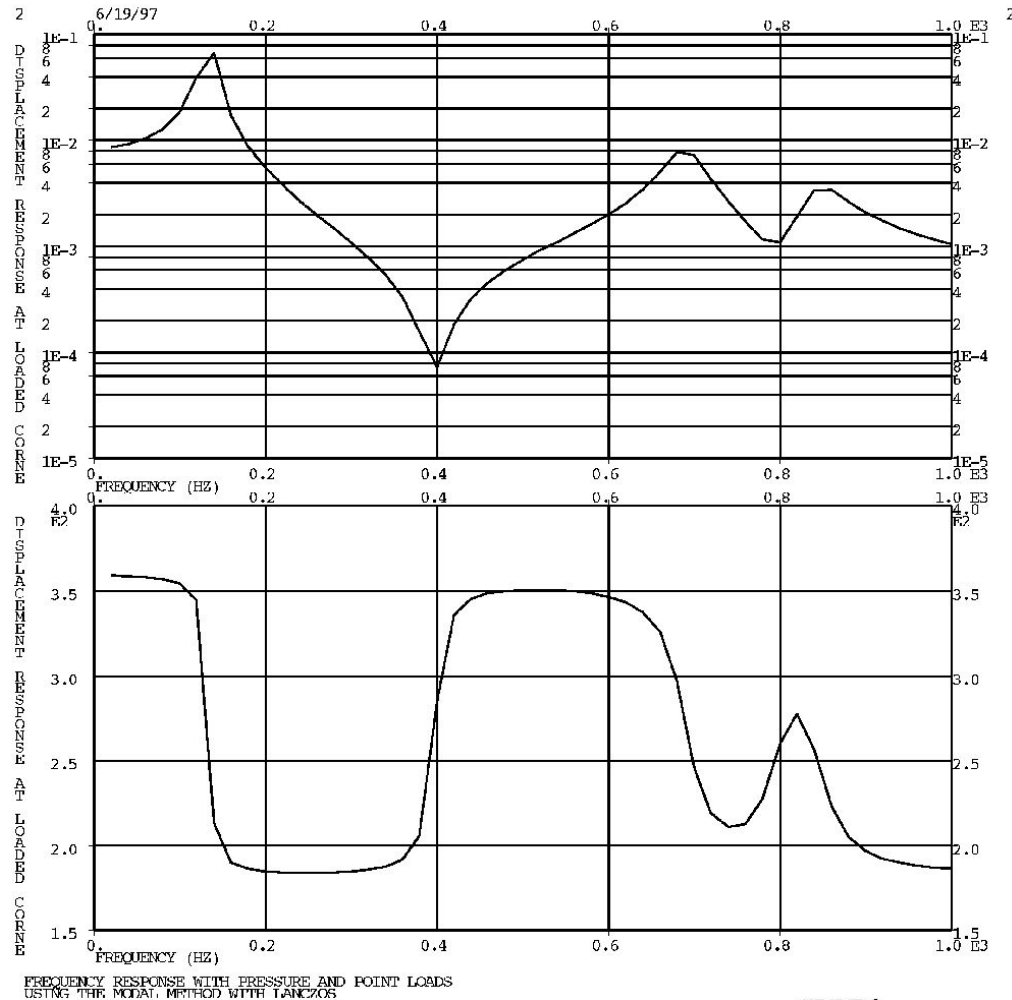
# Результаты решения Примера №11

```
1   FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT LOADS                APRIL  8, 1998  MSC.Nastran  4/ 6/98  PAGE   16
   USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS
0
0
0   X Y - O U T P U T S U M M A R Y   ( A U T O O R P S D F )
0 PLOT CURVE FRAME          RMS      NO. POSITIVE  XMIN FOR  XMAX FOR  YMIN FOR  X FOR  YMAX FOR  X FOR*
   TYPE TYPE   NO.    CURVE ID.    VALUE      CROSSINGS  ALL DATA  ALL DATA  ALL DATA  YMIN      ALL DATA  YMAX
0 PSDF DISP      7      11( 5)    1.377514E+00  1.401104E+02  2.000E+01  1.000E+03  2.432E-08  1.000E+03  5.941E-02
1.400E+02
0 PSDF DISP      8      33( 5)    1.377778E+00  1.360495E+02  2.000E+01  1.000E+03  2.730E-08  1.000E+03  5.963E-02
1.400E+02
0 PSDF DISP      9      55( 5)    1.379390E+00  1.432761E+02  2.000E+01  1.000E+03  2.432E-08  1.000E+03  5.951E-02
1.400E+02
```

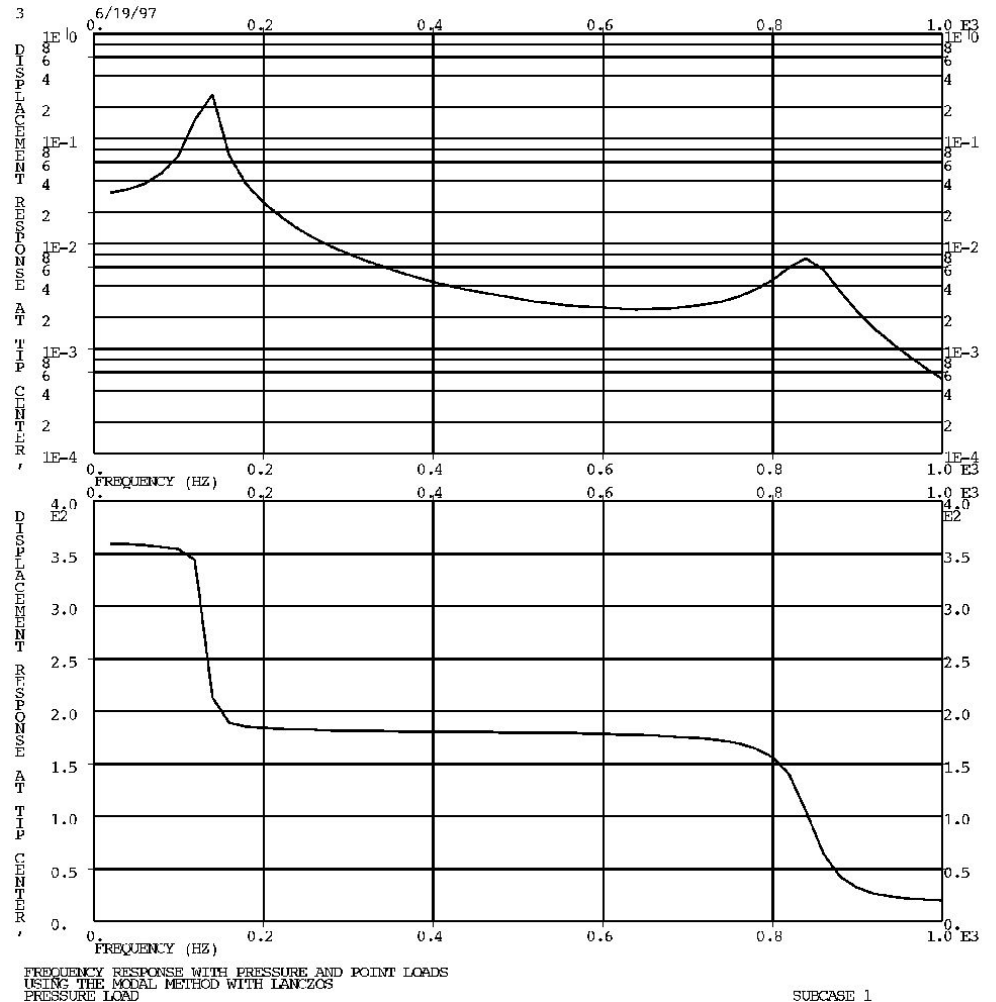
# Результаты решения Примера №11



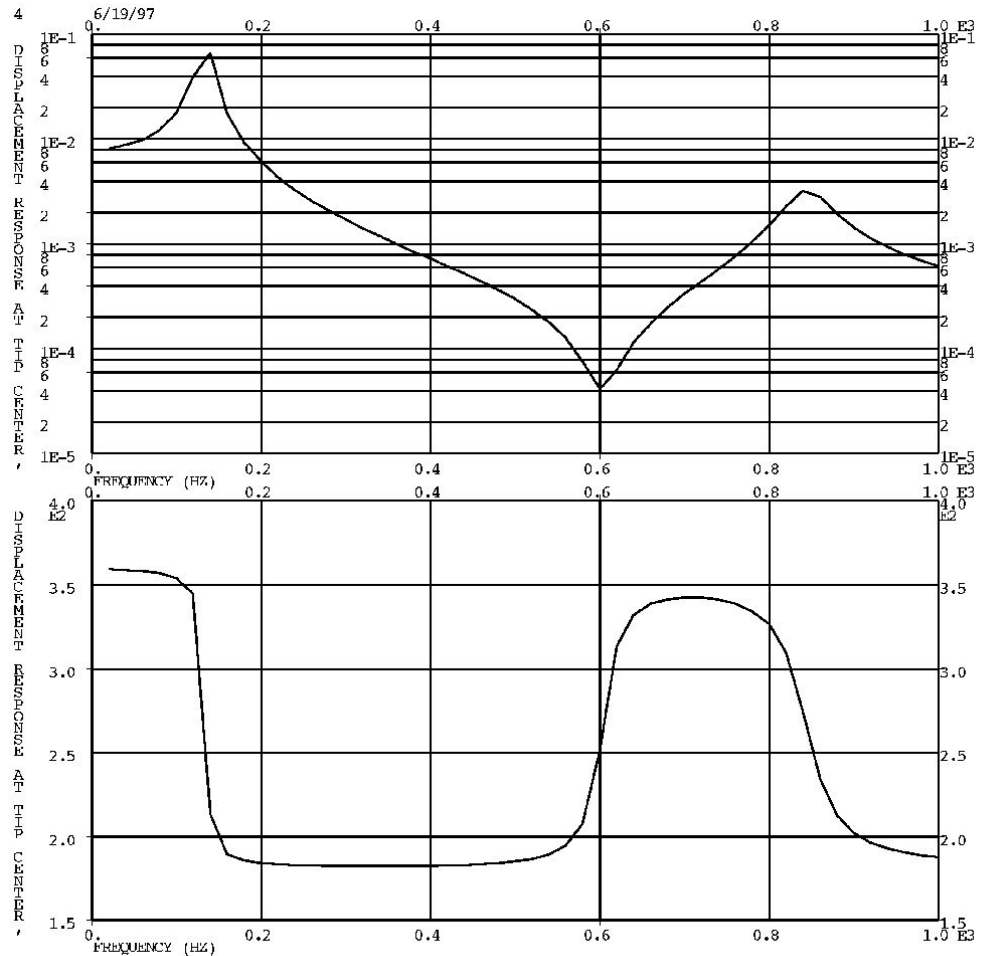
# Результаты решения Примера №11



# Результаты решения Примера №11



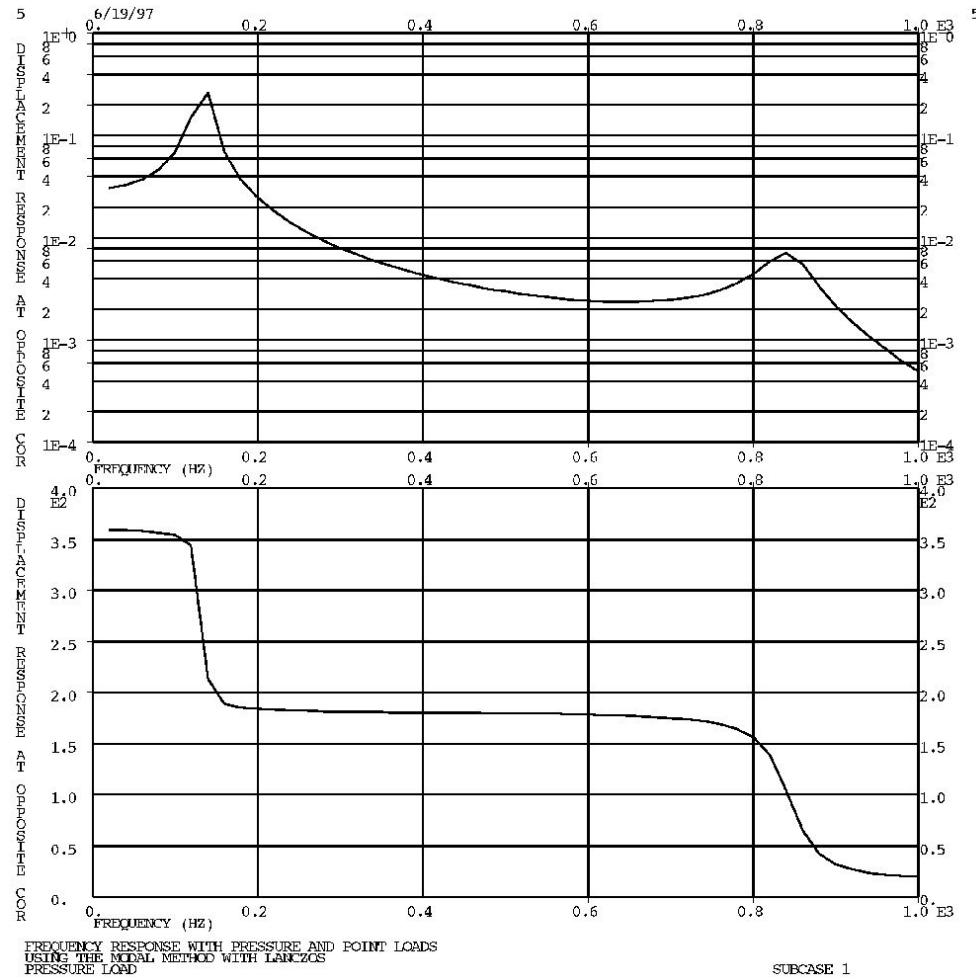
# Результаты решения Примера №11



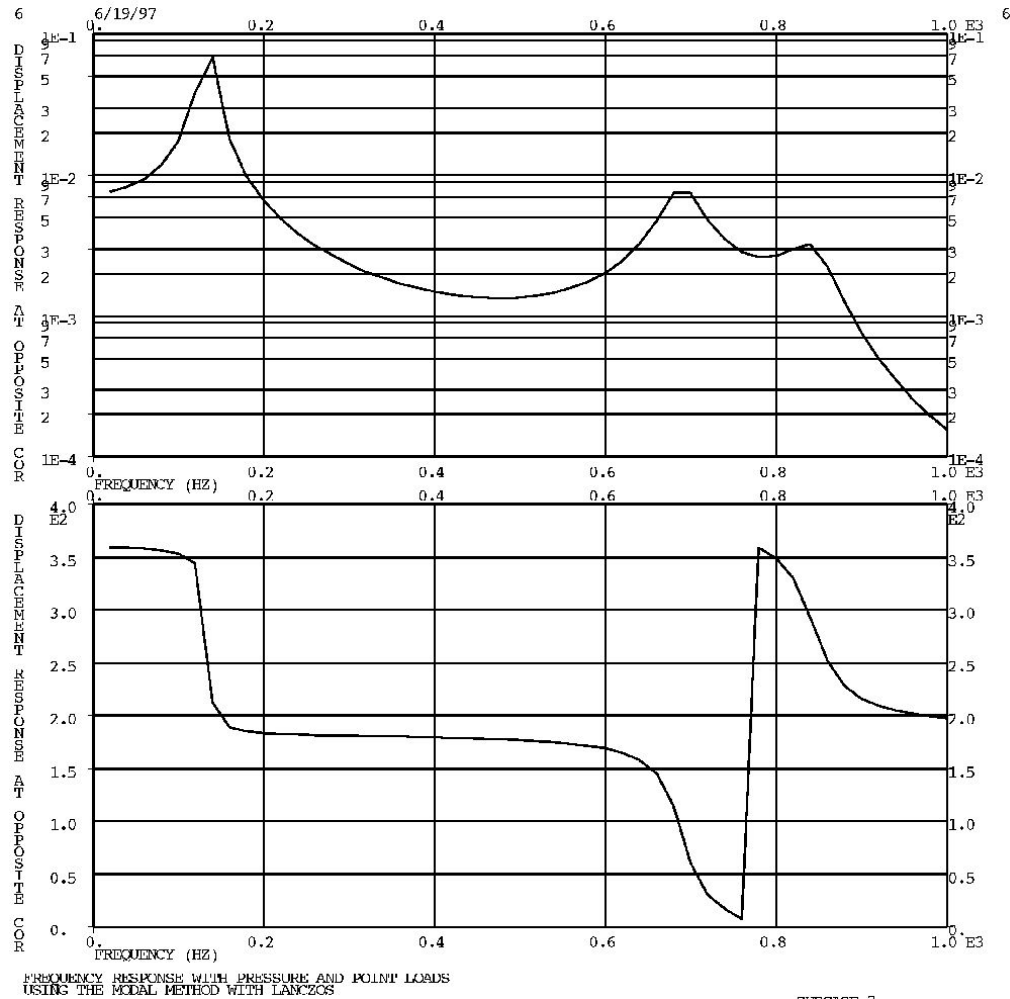
FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT LOADS  
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS

CHARGE 2

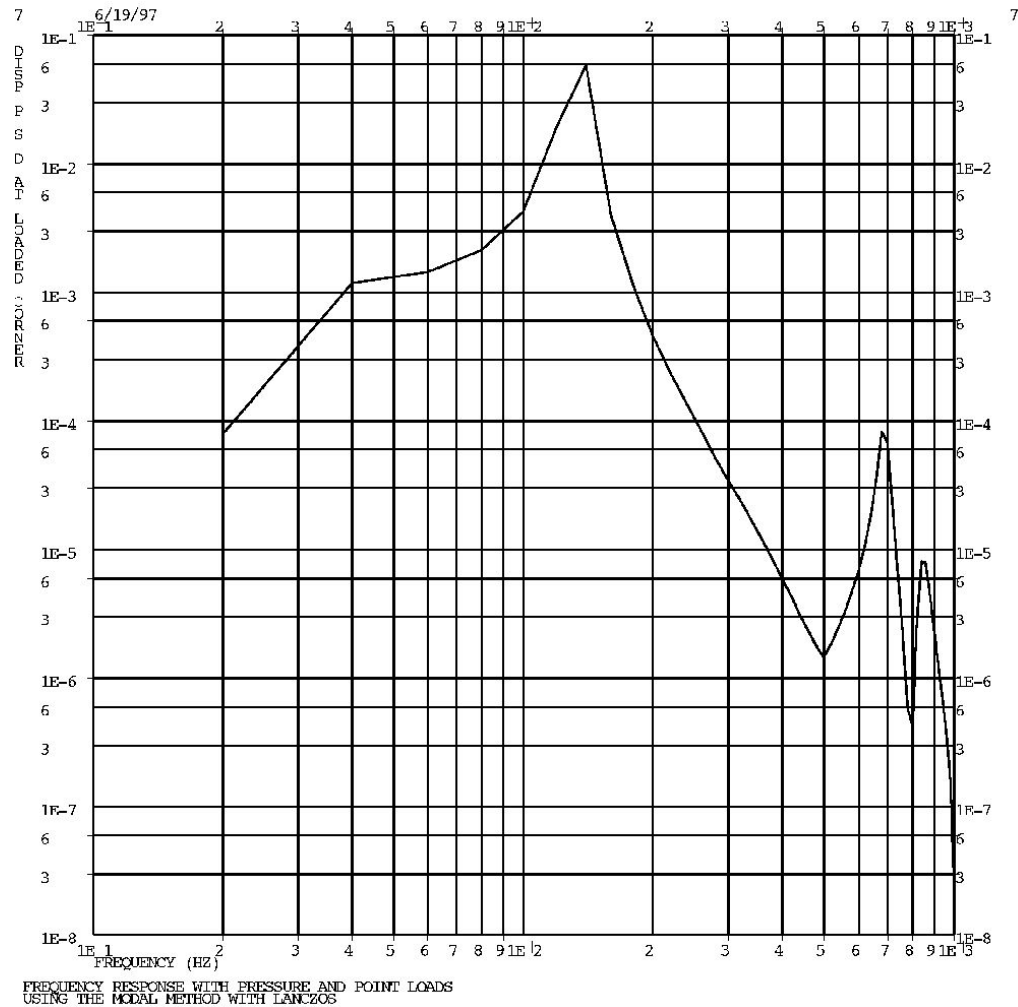
# Результаты решения Примера №11



# Результаты решения Примера №11

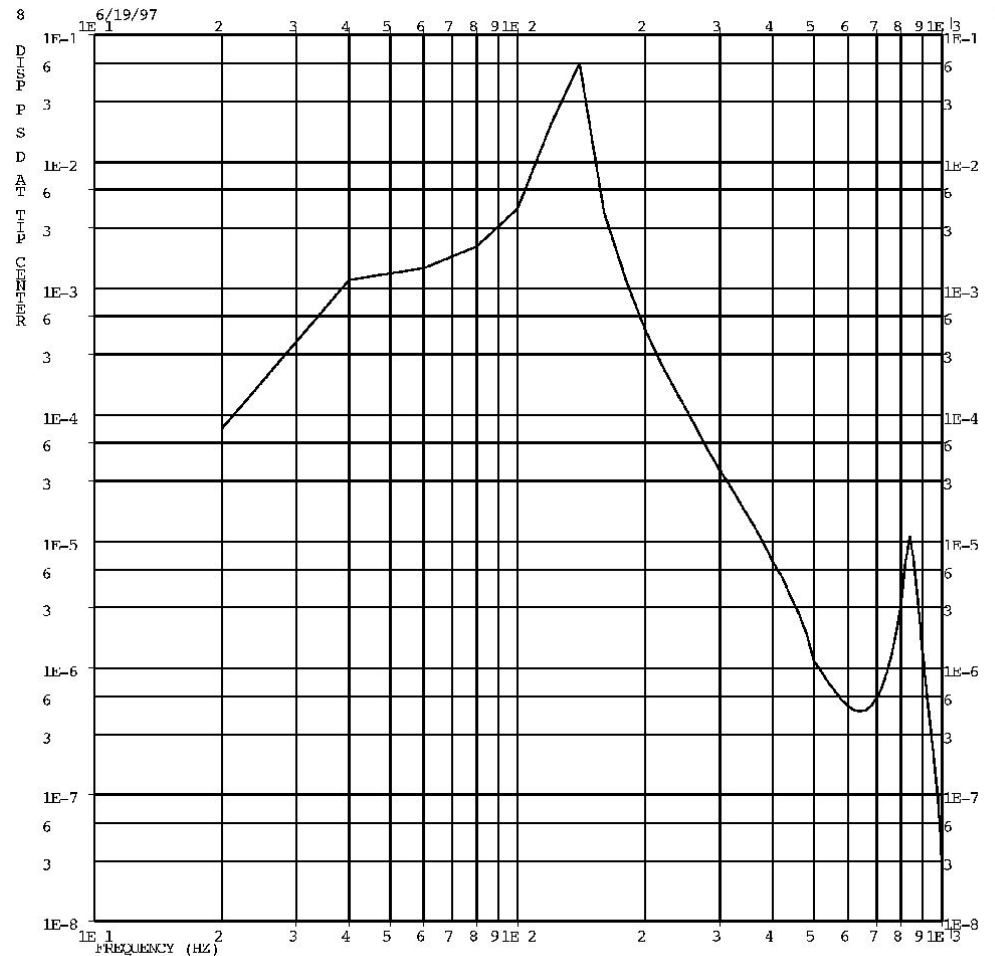


# Результаты решения Примера №11





# Результаты решения Примера №11



FREQUENCY RESPONSE WITH PRESSURE AND POINT LOADS  
USING THE MODAL METHOD WITH LANCZOS

NAS102

Декабрь 2001, Стр. 14-49

MSC Moscow

# Результаты решения Примера №11

