

УДК 539.3

Н.Е.Довгер (6 курс, каф. МПУ), А.И.Боровков, к.т.н., проф.

### КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ УПРУГИХ ВОЛН В ГУСТОПЕРФОРИРОВАННОЙ ПЛАСТИНЕ

В работе при помощи программной системы конечно-элементного (КЭ) анализа ANSYS 5.5 выполнено исследование распространения упругих волн в тонкой пластине, ослабленной круговыми отверстиями.

Рассматривается плоское напряженное состояние стальной пластины, в которой имеется двоякопериодическая система 36 одинаковых круговых отверстий. Расстояние  $a$  между отверстиями равно диаметру отверстий ( $a=2r$ ). К вертикальным краям пластины в момент времени  $t=0$  приложена равномерно распределенная сжимающая нагрузка  $p=p_0 \cdot \mathbf{1}(t)$ ,  $p_0 = -100$  МПа. Горизонтальные края пластины свободны.

Вследствие симметрии модели и внешнего воздействия рассмотрим  $1/4$  часть пластины (рис.1).

В сплошной стальной пластине скорость распространения продольных волн напряжений равна  $c_1 = 5360$  м/с.

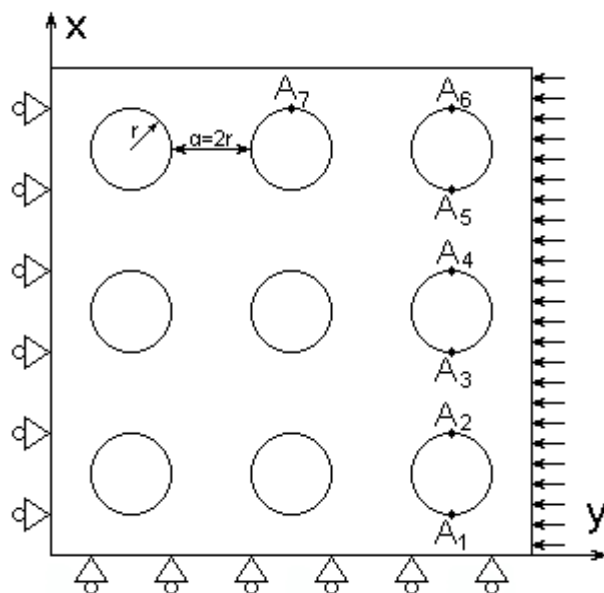


Рис.1

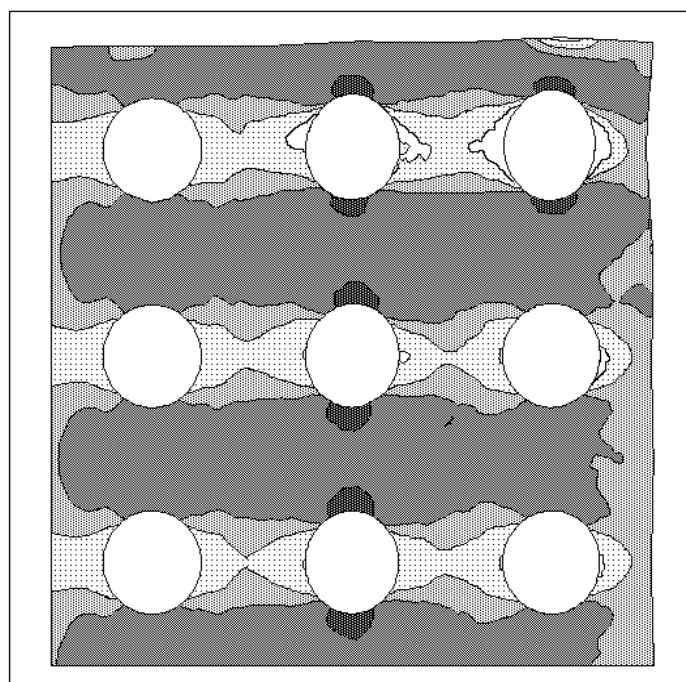


Рис.2

```
ANSYS 5.5.1
NOV 23 2000
17:33:53
MODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =100
TIME=.0025
SX (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.104E-07
SMN =-467.121
SMX =32.464
-500
-250
-100
-50
0
50
```

Первый этап исследования состоял в КЭ определении эффективных упругих ( $C^*$ ) и инерционных ( $\rho^*$ ) характеристик пластины методом прямой гомогенизации. Они имеют следующие значения:  
 $E^*_{11} = E^*_{22} = 1.3 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ ,  
 $G^*_{12} = 4.7 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2 < E^*_{11}/2(1 + \nu^*_{12})$ ,  
 $\nu^*_{12} = \nu^*_{21} = 0.24$ .

Скорость продольных волн напряжений в среде с эффективными характеристиками -  $c^*_1 = 4550 \text{ м/с} = 0.85c_1$ .

За рассматриваемый промежуток времени ( $0 < t < 2.5 \text{ мс}$ ) волна в сплошной стальной пластине успевает пройти до плоскости симметрии пластины. На рис.2 приведено поле

напряжений  $\sigma_x$  в пластине в момент времени  $t=2.5$ мс. Из рис.2 и анимационного фильма о динамическом процессе следует, что максимальные сжимающие напряжения  $\sigma_x$  возникают на контуре отверстий, находящихся у свободного края пластины (точки  $A_6, A_7$ ).

Динамика: Статика: Динамика: Статика: Динамика: Статика:  
 $\blacksquare$   $\sigma_x(A_1)$   $\cdots \blacksquare$   $\bullet$   $\sigma_x(A_3)$   $\cdots \bullet$   $\blacktriangle$   $\sigma_x(A_5)$   $\cdots \blacktriangle$   
 $\square$   $\sigma_x(A_2)$   $\cdots \square$   $\circ$   $\sigma_x(A_4)$   $\cdots \circ$   $\triangle$   $\sigma_x(A_6)$   $\cdots \triangle$   
 —  $\sigma_x$  (два отверстия, динамика)

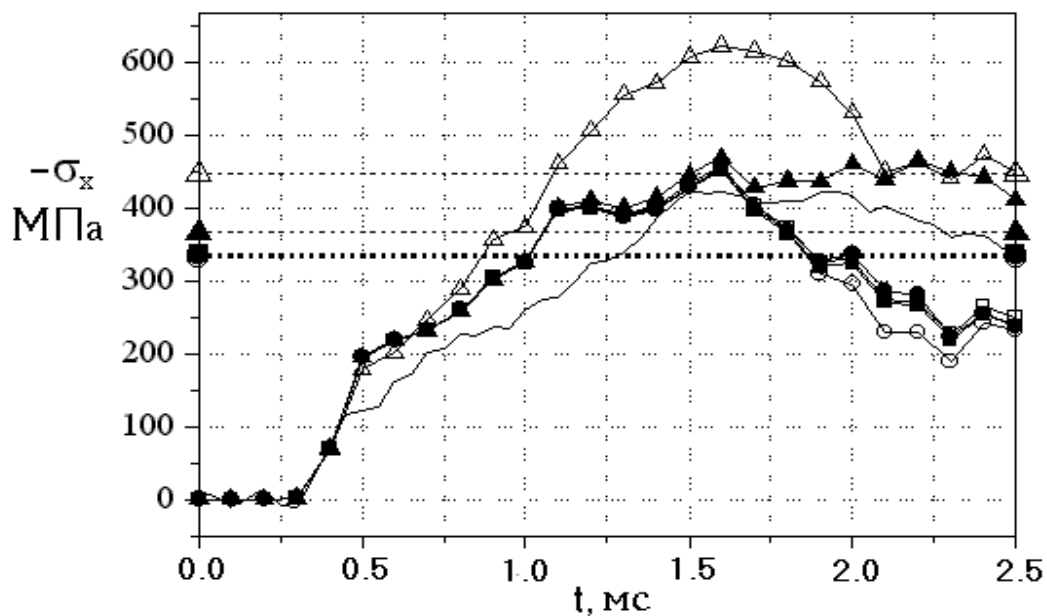


Рис.3

На рис. 3 представлены графики напряжений в точках  $A_1$ - $A_6$  (см. рис.1). Сплошной линией показаны результаты решения задачи для случая 4-х отверстий, расположенных последовательно, причем  $a=r$  (приведено напряжение на контуре первого отверстия, т.е. того, до которого волна доходит раньше).

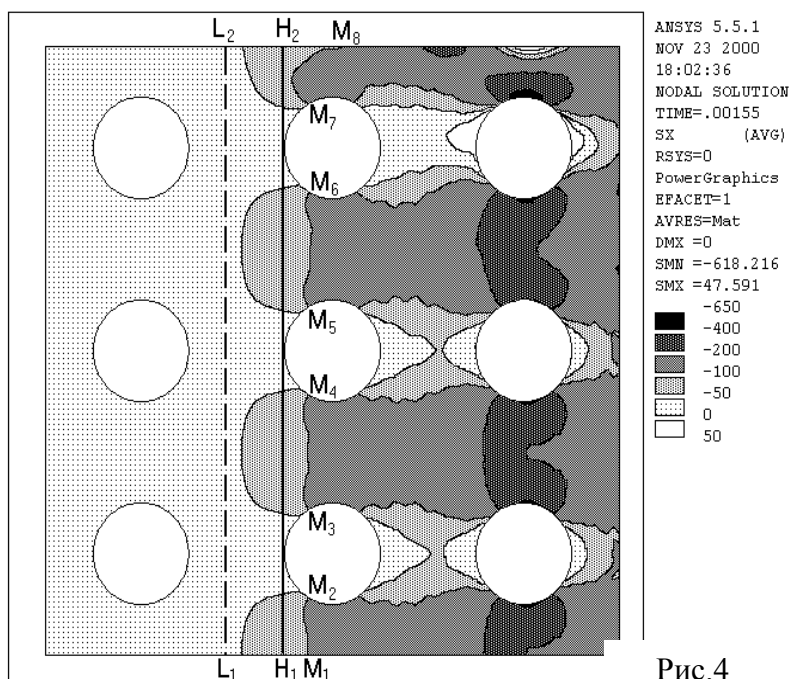


Рис.4

На рис. 4 приведено поле напряжений  $\sigma_x$  в момент времени  $t=1.55\text{ms}$ . Пунктирной ( $L_1-L_2$ ) и сплошной ( $H_1-H_2$ ) линиями показаны положения волнового фронта в сплошной стальной пластине и сплошной пластине с эффективными упругими и инерционными характеристиками.

Положение волнового фронта в перфорированной пластине представлено разрывным контуром ( $M_1-M_2$ ,  $M_3-M_4$ ,  $M_5-M_6$ ,  $M_7-M_8$ ), который слегка “отстает” от волнового фронта в среде с эффективными характеристиками.

В настоящий момент проводятся КЭ исследования распространения волн в упругом теле, содержащем сферические включения.