

УДК 539.3

И.И.Аникьев, М.И.Михайлова, Е.А.Сущенко

## ДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ТОНКУЮ УПРУГУЮ ПЛАСТИНУ С РАЗРЕЗОМ

Изучению влияния неоднородностей (типа отверстий, разрезов, трещин и т.п.) на деформированное состояние, потерю устойчивости и разрушение элементов конструкций посвящено большое число публикаций [например, 1 - 3].

В данной работе проведены экспериментальные исследования деформирования сплошных упругих пластин, а также пластин с разрезом при падении на них длинной ударной волны ступенчатой формы.

Методика исследования. Схема установки приведена в [4]. Испытывались пластины из стеклотекстолита марки СФ-1-150 ( $E = 2,6 \cdot 10^{10}$  Па,  $\rho = 1,7$  г/см<sup>3</sup>), как материала, который сохраняет свои упругие свойства при мно-гократном нагружении.

Пластина толщиной 2,5 мм, предварительно заземленная по двум коротким сторонам между массивными стальными рамками, располагалась в конце канала диафрагменной ударной трубы. Рабочий размер пластины ( $a = 140$  мм,  $b = 210$  мм) совпадал с размером внутреннего сечения канала ударной трубы. Установка давала возможность формировать в воздухе ударные волны ступенчатой формы амплитудой до  $0,5 \cdot 10^5$  Па, длительностью  $8 \cdot 10^{-3}$  с.

Прямолинейный разрез пластины шириной около 0,5 мм, длиной  $L$  от 10 до 70 мм располагался в средней части пластины параллельно заземленным сторонам. Регистрация деформаций велась с помощью тензорезисторов, наклеенных по обе стороны пластины в продольном (вдоль оси  $x$ , параллельно свободным сторонам  $b$ ) и поперечном (вдоль оси  $y$ , параллельно заземленным сторонам  $a$ ), а также вдоль берегов разреза.

Сигналы тензорезисторов регистрировались на экране персонального компьютера с помощью быстродействующего устройства ввода-вывода и обработки аналоговой цифровой информации L1250, работающей в четырехканальном режиме в полосе частот от нуля до 25 кГц.

Результаты исследования. На рис.1,а приведена осциллограмма изгибных деформаций сплошной пластины  $\varepsilon_x^u$  вблизи заземленного края ( $x = 0,45; y = 0$ ). Рис.1,б иллюстрирует поведение пластины с разрезом 70 мм ( $L = a/2$ ). Верхняя кривая –  $\varepsilon_x^u$  ( $x = 0,45; y = 0$ ), нижняя –  $\varepsilon_x^u$  ( $x = 0; y = 0,39$ ), две средних кривых – мембранные деформации  $\varepsilon_x^m$  в тех же точках. Данные, приведенные на всех рисунках, получены при действии на пластины волновой нагрузки  $0,12 \cdot 10^5$  Па.

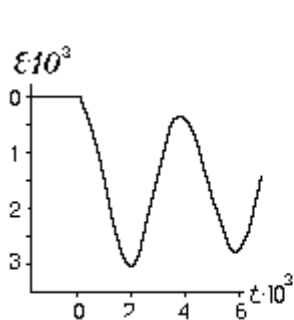


Рис. 1,а

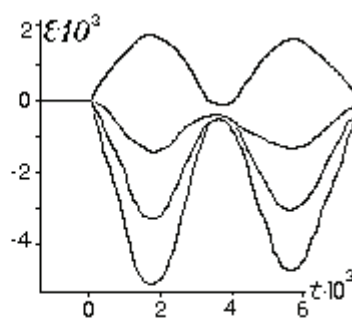


Рис. 1,б

Закономерность деформирования сплошной пластины и пластины с разрезом одинакова: прогибаясь в направлении действия волны, пластины совершали затухающие колебания относительно постоянного уровня, зависящего от значения давления в волне нагрузки. Колебания не являлись строго гармоническими.

При обработке осциллограмм фиксировались значения наибольших деформаций, а также измерялся интервал времени  $T$  между двумя первыми максимумами. При изменении  $L$  от 10 до 70мм значения  $T$  возросли примерно на 6 %.

На рис.2 приведены эпюры изгибных деформаций  $\varepsilon_y^u$  в момент появления первого максимума для пластин с разрезами различной длины (безразмерная длина разреза  $L/a$  обозначена около каждой кривой). Разрез наибольшей длины показан на рисунке сплошной темной прямой линией вдоль оси  $y$  от  $y = -0,25$  до  $y = 0,25$ . С левой стороны от оси ординат кривые построены по показаниям тензорезисторов, наклеенных вдоль разреза на минимальном расстоянии от его берега (тензорезисторы условно обозначены короткими черточками). Правая сторона рисунка – эпюры изгибных деформаций  $\varepsilon_y^u$  средней части пластины от конца разреза до ее свободного края.

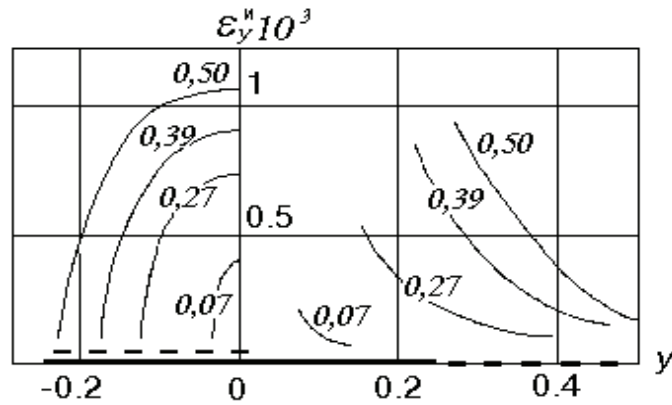


Рис.2

Сплошная пластина [5], защемленная по двум противоположным сторонам, под действием нормально действующей нагрузки изгибается как балка, т.е. деформации изгиба возникают только в направлении, перпендикулярном защемленным сторонам. Вдоль линий, соединяющих свободные стороны, изгибные деформации имеют нулевые значения.

Приведенные эпюры показывают, что разрез, длина которого составляет менее 10% ширины пластины  $a$ , приводит к локальным изменениям деформирования пластины. По мере возрастания величины  $L$  до половины ширины пластины  $a$  изгибные деформации вдоль разреза охватывает всю пластину. Наибольшие изгибные деформации наблюдаются в середине разреза, а также вблизи его концов.

Изменение изгибных деформаций  $\varepsilon_x^u$  и  $\varepsilon_y^u$  вдоль оси  $x$  показаны на рис.3. По оси абсцисс отложено расстояние от центра пластины до точки измерения  $x = x/b$ . Слева от оси ординат представлены эпюры  $\varepsilon_x^u$  сплошной пластины ( $L = 0$ ) и пластин с разрезами, длина которых составляла 0.07; 0.27; 0.39 и 0.5 характерного размера пластины  $a$ . Справа от оси ординат – кривые изменения деформаций  $\varepsilon_y^u$  от центра пластины до защемленной стороны.

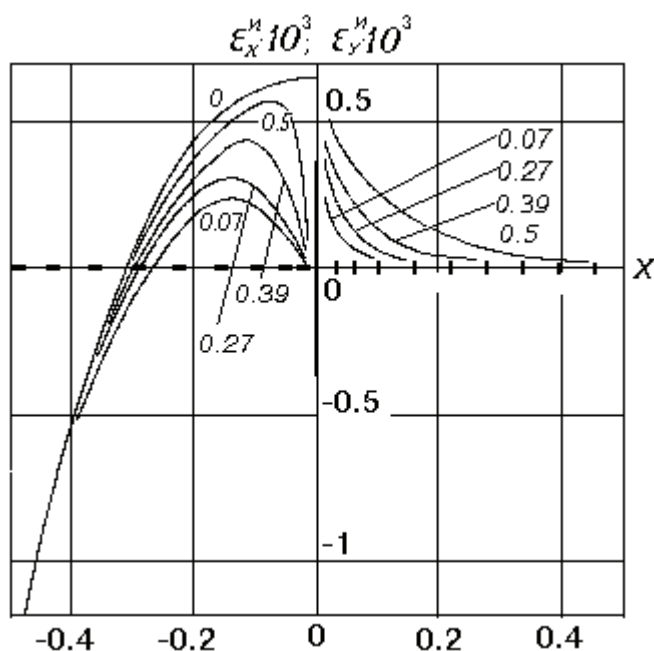


Рис.3

Данные измерений показывают, что появление разреза длиной, составляющей всего 7% ширины пластины  $a$ , приводит к качественному изменению эпюры изгибных деформаций. Если сплошная пластина, изгибаясь как балка, испытывала в середине ( $x=0$ ) максимальные деформации, то появление разреза приводит к резкому падению  $\varepsilon_x^u$  в области малых значений  $x$ . Максимумы эпюр изгибных деформаций смещаются вправо и влево от разреза, и падают с ростом его длины.

Не приводя графиков, отметим, что с ростом  $L$  наблюдалось линейное падение величин максимальных изгибных деформаций  $\varepsilon_x^u$ . Отмечается также небольшое смещение точки перегиба (точки изменения знака изгибных деформаций) к середине пластины. В зонах от точек перегиба до заземленных краёв влияние разреза и его длины можно считать несущественным.

**Выводы.** Тонкие сплошные пластины и пластины с прямолинейным разрезом при падении на них ударной волны ступенчатой формы совершают затухающие колебания около нового положения равновесия, зависящего от значения скачка давления в падающей ударной волне. В области упругих деформаций пластины ведут себя как линейные колебательные системы с периодом колебаний, слабо растущим с увеличением длины разреза. Разрез вносит качественные изменения в деформированное состояние

пластины: в процессе колебаний пластина с разрезом изгибается не только в продольном, но и в поперечном направлении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дышель М.Ш. Устойчивость и разрушение пластин с краевой трещиной при растяжении// Прикл. механика. – 2006. – 42, №11. – С. 121 - -125.
2. Луговой П.З., Мейш В.Ф., Штанцель Э.А. Нестационарная динамика неоднородных оболочечных конструкций. Киев.: Изд. – полиграф. центр “Киевский университет”, 2005. -.536 с.
3. Malezhik M.P., Malezhik O.P., Zirka A.I., Chernyshenko I.S. Dynamic Photoelastic Study of Wave Fields in Elastic Plates with Stress Concentrators//Int. Appl. Mech. – 2005. – 41. - №12. – P. 1399 – 1406.
4. Экспериментальные исследования тонкостенных конструкций/ Гузь А.Н., Заруцкий В.А., Амиро И.Я. и др. – К.: Наук. думка, 1984. – 240 с.
5. Аникьев И.И., Михайлова М.И., Списовский А.С., Тимофеев А.Л. Экспериментальное исследование деформирования тонких пластин при статическом нагружении и при взаимодействии их с ударной волной// Прикл. механика. – 1983. – 19, №10.– С. 89 – 94.

Получено 15.06.2007 г.