

УДК 539.3

АНИКБЕВ И.И., к. т. н., ст. н. сотр.
 МАКСИМЮК В.А., д.физ.-мат. н., вед. н. сотр.
 МИХАЙЛОВА М.И., д.т.н., вед. н. сотр.
 СУЩЕНКО Е.А., к.т.н., ст. н. сотр.

Институт механики им. С.П.Тимошенко НАНУ

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ КОНСОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ С ПОДКРЕПЛЯЮЩИМ СТЕРЖНЕМ ПРИ ДЕЙСТВИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Введение. Испытание простой системы, представляющей собой составную часть сложной конструкции, может быть полезным для понимания механизма взаимодействия отдельных элементов, а также для разработки теоретических подходов к анализу поведения конструкции в целом. Фундаментальной задачей динамики конструкций, имеющей отношение к изучению поведения её элементов при динамических воздействиях, является задача нестационарной реакции стержней, которые подкрепляют какой-либо её элемент, при воздействии ударной волны.

Постановка задачи. В данной работе представлена методика экспериментального исследования упругой статически неопределимой системы, состоящей из консольной пластины и подкрепляющего её стержня, при падении на консольную пластину плоской ударной волны прямоугольной формы.

Консольная пластина и стержень (рис. 1) изготовлены из стеклотекстолита СФ–1–150 толщиной 2,5 мм. Модуль упругости материала определялся экспериментально при растяжении образца на испытательной машине и равнялся $E = 2,6 \cdot 10^{10}$ Па; плотность материала $\rho = 1,7$ г/см³.

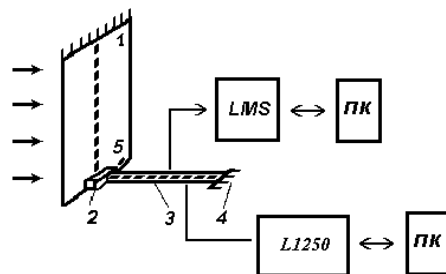


Рис. 1

Для обеспечения жёсткого защемления целая пластина стеклотекстолита размером 246×182 мм крепилась эпоксидным составом холодного отверждения между двумя стальными (марки 65 Г) рамками такого же внешнего размера толщиной 10 мм каждая. Внутренний размер рамок равнялся 210×140 мм и совпадал с размером внутреннего сечения ударной трубы. Тонким лобзиком производили П-образный разрез вклеенной пластины так, что параллельно длинным сторонам рамок была образована консольная пластина 1 (рис. 1) прямоугольной формы с короткой защемлённой стороной $B = 61$ мм и длинными сторонами $L = 105$ мм. К свободной короткой стороне консольной пластины при помощи эпоксидного клея и двух винтов крепили подпятник 2 из дюралюминия весом 8 г длиной 35 мм. Подпятник имел сквозную прорезь, в которой с помощью эпоксидного клея закрепляли конец опорного стержня 3 перпендикулярно к поверхности консоли. Второй конец стержня жёстко защемлялся в неподвижной массивной опоре 4. Длина стержня $l = 122$ мм, ширина $b = 12,1$ мм.

Вдоль длинных сторон консоли и стержня эпоксидным составом холодного отверждения наклеивали фольговые тензорезисторы типа КФ 5П1 – 3 – 120 – Б – 12 базой 3 мм и сопротивлением 120 Ом (на рис. 1 показаны короткими чёрточками). Расстояние между центрами соседних тензорезисторов равнялось 10 мм. Ряды тензорезисторов размещали на равном расстоянии от длинных сторон на обеих поверхностях консольной пластины и стержня, при этом центры датчиков деформаций с обеих сторон располагались друг под другом. На консольной пластине два тензорезистора 5 были расположены вдоль коротких сторон и находились на обеих поверхностях друг под другом.

В качестве нагружающего устройства использовалась диафрагменная ударная труба. Диафрагменная ударная труба [2] (рис. 2) состояла из трёх секций: камеры высокого давления 1 длиной один метр, канала 2 длиной три метра и измерительной секции 3 длиной 0,75 м. Все секции имели одинаковое внутреннее поперечное сечение прямоугольной формы размером 140x210 мм с шероховатостью внутренней поверхности 5-го класса. Камера отделялась от канала непроницаемой тонкой диафрагмой 4. В канале 2 находился воздух при атмосферном давлении. После установки в измерительной секции испытуемой системы (на рисунке измерительная секция закрыта пластиной 12) в камеру из ресивера через штуцер 6 подавался сжатый воздух до давления P_d , превышающего атмосферное. Разница давления на диафрагме в момент её прорыва устройством 5 измерялась манометром 6 класса 0,4.

Нагружение системы ударной волной акустического диапазона производилось в измерительной секции ударной трубы. Соотношение длин камеры и канала с измерительной секцией было таким, что при подходе к измерительной секции формировалась ударная волна 7 с крутым фронтом и постоянным давлением за фронтом длительностью приблизительно $8 \cdot 10^{-3}$ с. Давление во фронте ударной волны задавалось значением давления в камере ударной трубы, которое визуально фиксировалось на манометре непосредственно перед прорывом диафрагмы.

Для более точного определения нагрузки, действующей на консоль при падении ударной волны, в каждом опыте на осциллографе GDS – 806S проводили регистрацию сигналов двух пьезодатчиков (8 и 9), расположенных на расстоянии (323 ± 1) мм по ходу волны. Время между фронтами сигналов не превышало $1 \cdot 10^{-3}$ с и его отсчитывали с погрешностью $0,5 \cdot 10^{-6}$ с, что давало возможность вычисления скорости c ударной волны. В каждом опыте также фиксировали температуру t^o в канале с погрешностью $0,1^o$ Цельсия, скорость звука a в момент проведения опыта определяли по формуле $a = 20,046 (t^o + 273,15)^{1/2}$. Пьезодатчик 10 служил для запуска осциллографа GDS -806S.

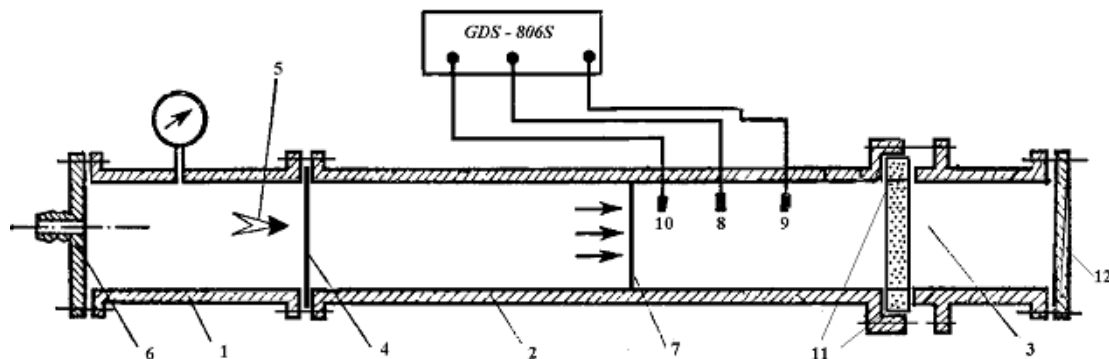


Рис. 2

Рамка из пенопласта 11 выполняла роль акустической развязки между каналом 2 и измерительной секцией 3.

Давление в волне нагрузки P_2 вычисляли [1, 2] через значение числа Маха ($M = c / a$) по формуле

$$P_2/P_1 = [2\gamma M^2/(\gamma+1)] - (\gamma - 1)/(\gamma + 1),$$

где P_1 – начальное давление в канале трубы; $\gamma = 1,4$ - показатель адиабаты воздуха. В момент встречи с плоской преградой во фронте отраженной волны формировалась нагрузка P [1, 2], определяемая формулой:

$$P = P_2 \frac{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} + 2 - \frac{P_1}{P_2}}{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \frac{P_1}{P_2}}.$$

Результаты работы. Регистрация сигналов тензорезисторов происходила на ПК с использованием либо быстродействующего четырёхканального устройства ввода – вывода и обработки аналоговой и цифровой информации L 1250 (Россия) [3], рис. 3, либо с помощью высокоточной портативной восьмиканальной аппаратуры LMS SCADAS Mobile (Бельгия) [4]. Отметим, что оба варианта регистрации нестационарных процессов показали идентичные результаты. Преимуществом бельгийской аппаратуры является её более высокая чувствительность, а также измерение деформаций непосредственно в микрострейнах, минуя пересчёт значения деформаций в милливольтгах с учётом напряжения питания мостовой схемы и чувствительности используемых тензорезисторов. Отметим, что аппаратура LMS SCADAS Mobile позволяет в одном опыте регистрировать сигналы 8 тензорезисторов, т.е. в два раза больше в сравнении с устройством L 1250.

На рис. 3 приведены осциллограммы изменения деформаций элемента упругой стеклопластиковой консольной пластины (1к) и одного из тензорезисторов (3с) подкрепляющего её стержня при падении на консоль волны с давлением во фронте $P_2 = 0,09 \times 10^5$ Па.

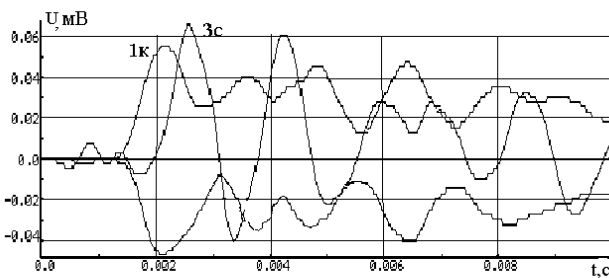


Рис.3

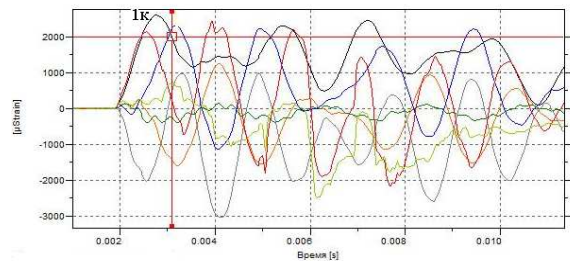


Рис. 4

На рис. 4 приведен результат одного из опытов, в котором регистрация деформаций проводилась с помощью аппаратуры LMS при действии на консольную пластину ударной волны со скачком давления во фронте $P_2 = 0,435 \times 10^5$ Па. Кривая 1к – изменение во времени консольного тензосигнала; остальные кривые – деформации различных тензорезисторов стержня. Маленький квадрат, который находится на пересечении сплошных вертикальной и горизонтальной линий указывает точку пересечения курсоров, с помощью которых можно узнать значение деформаций в любой момент времени на всех осциллограммах.

Выводы. Таким образом, разработана методика экспериментального исследования поведения во времени упругой связанной системы, которая состоит из консольной пластины и подкрепляющего её стержня, при падении на пластину ударной волны. Осциллограммы изменения деформаций регистрировались на ПК с использованием быстро действующей четырёхканальной приставки ввода – вывода и обработки аналоговой и цифровой информации L 1250 (Россия), или с помощью

высокоточной портативной восьмиканальной аппаратуры LMS SCADAS Mobile (Бельгия). Разработанная методика может быть использована для исследования различных процессов: статическое и квазистатическое, а также динамическое тензометрирование, регистрация сигналов с частотой дискретизации до 204,8 кГц по каждому каналу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. - М.: Наука, 1966. - 687 с.
2. Ударные трубы / Под ред. Х.А. Рахматулина и С.С. Семёнова. - М.: ИЛ, 1962. - 699 с.
3. Anik'ev I.I., Mikhailova M.I., Sushchenko E.A. Nonstationary deformation of an elastic Plate with a Notch under Action of a Shock Wave // Int. Appl. Mech. - 2007. - 43, № 11. - P. 1264 -1269.
4. И.И. Аникьев, М.И. Михайлова, Е.А. Суценко. Реакция упругой системы «консольная пластина – стержень» на действие ударной волны // Прикл. мех. - 48, № 6. - 2012. - С.135-141.

Поступила в редколлегию 22.02.2013

УДК 681.3

ДЕГТЯРЬ С.В.¹, к. фіз.-мат. н.
ДЕГТЯРЬ В.Г.², к. фіз.-мат. н.

¹Національний економічний університет, Київ

²Національний транспортний університет, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СІМ'Ї РОЗВ'ЯЗКІВ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ З ВИПАДКОВОЮ ПРАВОЮ ЧАСТИНОЮ

Вступ. Прикладні задачі математики, зокрема проблеми стабілізації систем управління, побудови оптимального управління спонукають до вивчення систем диференціальних рівнянь, що залежать від випадкових процесів. Проста стохастична модель односекторної економіки розглядалась в роботі [2]. Мета роботи дослідити асимптотичну поведінку розв'язку системи лінійних диференціальних рівнянь із коефіцієнтами, що залежать від напівмарковського процесу зі зчисленною множиною станів [1].

Постановка задачі. Розглянемо систему диференціальних рівнянь

$$\frac{dY(t)}{dt} = F(Y(t), X(t)), \quad \dim Y(t) = m, \quad (1)$$

де $X(t)$ – напівмарковський випадковий процес зі зчисленною множиною станів $\theta_1, \theta_2, \dots$. Припустимо, що частинні системи диференціальних рівнянь

$$\frac{dY_k(t)}{dt} = F_k(Y_k(t)), \quad F_k(Y) \equiv F(Y, \theta_k), \quad (k = 1, 2, \dots), \quad (2)$$

мають розв'язки, які можна продовжити при $t > 0$. Розв'язок системи (2) у формі Коші позначимо через

$$Y_k(t) \equiv R_k(t, Y(u)), \quad R_k(u, Y(u)) \equiv Y(u), \quad (k = 1, 2, \dots). \quad (3)$$