

Е.Г.ЯНЮТИН, д-р техн.наук, НТУ «ХПИ»;
В.Г.ЯРЕЩЕНКО, канд.техн.наук, ИПМаш НАН Украины;
А.В.ВОРОПАЙ, ХНАДУ

ИДЕНТИФИКАЦИЯ УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ ПЛАСТИНЫ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Викладаються результати ідентифікації невідомого ударного навантаження прямокутної пластини по вихідним даним, які отримані в результаті проведення експерименту. Розрахунки зводяться до аналізу інтегрального рівняння Вольтерра I роду, яке розв'язується чисельно з використанням метода регуляризації А. М. Тихонова.

The results of identification an unknown impact load of rectangular plate is presented. The input data for identification is taken from the experimental researches. The problem is reduced to the first-kind Volterra integral equation, which is solved numerically by Tikhonov's regularization method.

Введение

В настоящее время начали развиваться исследования по идентификации внешних нагрузок, воздействующих на деформируемые элементы конструкций. Укажем некоторые опубликованные работы этого направления: в монографии [1] идентифицируются импульсные нагрузки, воздействующие на стержни, цилиндрические и замкнутые сферические оболочки; в статьях [2,3] идентифицируются поперечные и касательные нестационарные нагрузки прямоугольной пластины. В этих работах неизвестные импульсные нагрузки, воздействующие на механические объекты, находятся на основе решения интегральных уравнений типа Вольтерра. Так как рассматриваемые задачи являются некорректными, решение интегральных уравнений осуществляется с использованием регуляризирующего алгоритма А.Н.Тихонова [4].

Используемая в настоящем исследовании методика идентификации ударного нагружения пластины на основе экспериментальных данных аналогична изложенной в работе [2]; там же приведено и решение соответствующей прямой задачи о нестационарном нагружении прямоугольной пластины.

Описание эксперимента

Экспериментальные исследования производились с использованием измерительного комплекса «Тензодин» (ИПМаш НАН Украины), в состав которого входят многоканальная тензометрическая станции ШТС-8, многоканальный аналого-цифровой преобразователь и компьютер. Подробное описание тензометрической станции ШТС-8 и ее технических характеристик приведено в [5]. Там же описана методика проведения экспериментальных исследований по высокоскоростному деформированию различных элементов конструкций, в том числе по их ударному нагружению.

Для проведения эксперимента была взята стальная пластина, размеры

которой 600x400x24,3 мм, на нижней лицевой плоскости которой были наклеены тензодатчики. Условия ее закрепления, приближенно соответствовали шарнирному опиранию краев. Для измерения деформации во взаимно перпендикулярных направлениях в каждой из исследуемых точек были приклеены «розетки» из двух тензодатчиков. Удар производился по верхней лицевой плоскости свободно падающим телом (ударником).

В результате проведения экспериментальных работ по исследованию напряженно-деформированного состояния прямоугольной пластины средней толщины при ее ударном нагружении был получен ряд осциллограмм, представляющих зависимость деформации $\varepsilon_x(t)$ и $\varepsilon_y(t)$ в точках пластины, в которых были размещены тензодатчики.

Описание идентификации по экспериментальным данным

Сопоставление результатов обратной и прямой задач, с экспериментальными данными состояло из двух этапов. На первом этапе на основе полученных экспериментальных данных – изменения деформации $\varepsilon_x(t)$, была выполнена процедура идентификации внешней нагрузки (давления в пятне контакта) при ударе. На втором этапе было произведено сопоставление экспериментальных результатов с результатами теоретического решения прямой задачи об импульсном деформировании пластины под воздействием уже известной нагрузки, определенной из решения обратной задачи. Укажем, что при решении задачи идентификации предполагалось, что нагрузка в области контакта равномерно распределена по кругу радиуса r .

При расчетах срединная плоскость пластины была связана с плоскостью xOy декартовой системы координат. Принимались следующие параметры: $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; $\nu = 0,3$; $\rho = 7800$ кг/м³; $h = 0,0243$ м; $l = 0,588$ м; $m = 0,388$ м; $x_0 = 0,294$ м, $y_0 = 0,194$ м – координаты точки нагружения; $x_1 = 0,294$ м, $y_1 = 0,194$ м – координаты 1-го датчика (под нагрузкой); $x_2 = 0,3565$ м, $y_2 = 0,194$ м – координаты 2-го датчика; $x_3 = 0,419$ м, $y_3 = 0,194$ м – координаты 3-го датчика; $r = 0,005$ м; число членов в соответствующих двойных рядах Фурье 50x50.

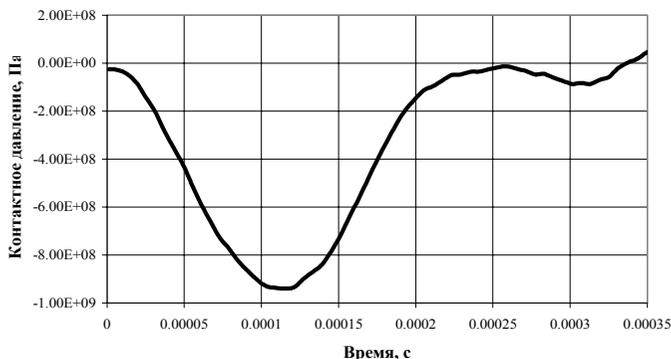


Рисунок 1 – Результат идентификации ударной нагрузки.

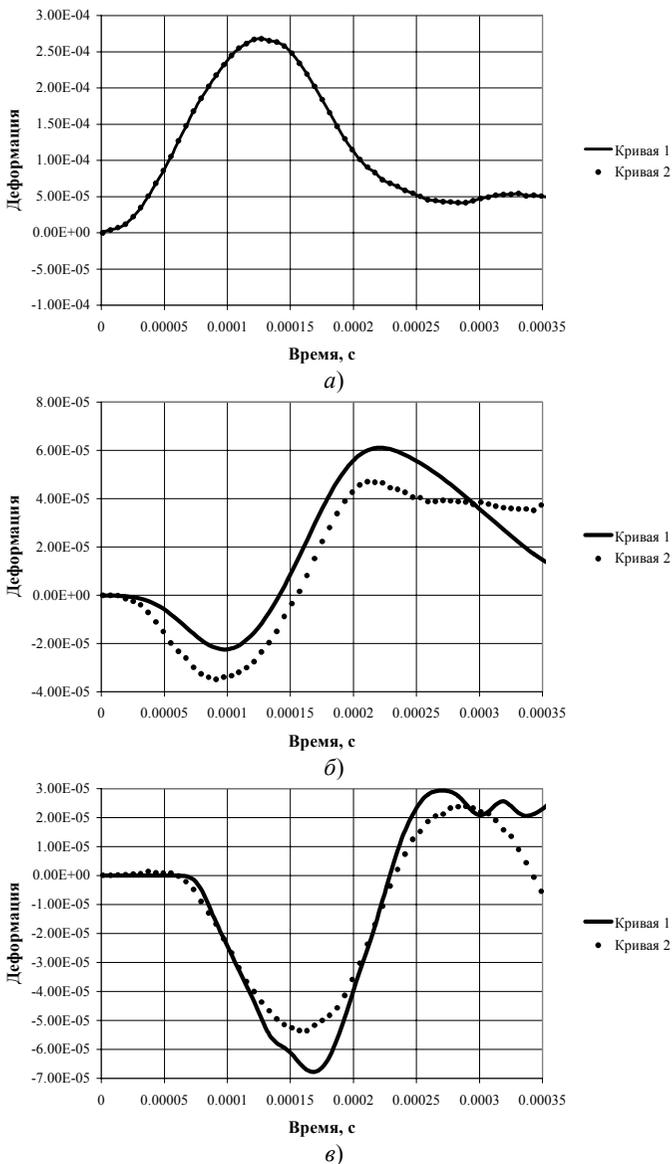


Рисунок 2 – Сопоставление численных и экспериментальных данных.

На рис. 1 показано изменение во времени ударной нагрузки, полученное в результате решения задачи идентификации по деформации $\varepsilon_x(t)$. В качестве исходных данных, для идентификации контактного давления была взята деформация $\varepsilon_x(t)$ с датчика, установленного под местом удара на нижней лицев-

вой плоскости пластины (рис. 2, кривая 1).

На основе решения прямой задачи с уже известным временным законом нагружения рассчитаны изменения деформаций $\varepsilon_x(t)$ для точек, в которых установлены датчики. На рис. 2 представлены расчеты для трех точек: рис. 2, *а* соответствует точке (x_1, y_1) , рис. 2, *б* – точке (x_2, y_2) , рис. 2, *в* – точке (x_3, y_3) . Кривые 1 на этих рисунках изображают деформации, полученные экспериментально, а кривые 2 соответствуют деформациям, рассчитанным по идентифицированной нагрузке (рис. 1).

Резюме

На основе представленных результатов (рис. 2) можно сделать вывод о том, что разработанный метод идентификации импульсных нагрузок, в том числе и ударных [2] на основе экспериментальных данных является эффективным и устойчивым к погрешностям, которые возникают в ходе экспериментального измерения деформаций тензометрическим способом.

Список литературы: 1. Янютин Е.Г., Янчевский И.В. Импульсные воздействия на упругодеформируемые элементы конструкций. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ (ХАДИ), 2001 – 184 с. 2. Янютин Е.Г., Воропай А.В. Идентификация импульсного нагружения упругой прямоугольной пластины. // Межд. Научн. Ж. Прикл. Мех. – Т. 39, №10. – 2003. – С. 151-155. 3. Янютин Е.Г., Воропай А.В. Идентификация нестационарного нагружения, касательного к лицевой поверхности прямоугольной пластины // Пробл. машиностроения. – 7, №1. – 2004. – С 76-81. 4. Тихонов А.Н., Гончаровский А.В. и др. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация. – М.: Наука, 1983. – 200 с. 5. Воробьев Ю.С., Колодяжный А.В., Севрюков В.И., Янютин Е.Г. Скоростное деформирование элементов конструкций. – Киев: Наук. думка, 1989. – 192 с.

Поступила в редколлегию 08.04.04

УДК 625.2.012.3

А.Г.АНДРЕЄВ, канд.техн.наук, НТУ «ХПІ»;
Ю.М.ДОБРОВЕНСЬКИЙ, С.В.РОМАНОВ, канд.техн.наук,
Українська інженерно-педагогічна академія;
О.В.ЩЕПКИН, НТУ «ХПІ»

РАЦІОНАЛЬНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ НАГРІВАННЯ ПРИ ЗБОРЦІ КОЛІСНИХ ПАР ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

На основі доступних експериментальних даних було зроблено систематичне чисельне дослідження колісної пари при тепловій зборці з використанням технологічного нагрівання індукційно-нагрівальними пристроями. Оптимізація нагрівання проводилася з обмеженнями на температури і напруги.

On the basis of the available experimental data the systematic numerical research of one piece rolled railroad car wheel were made using technological heating by induction-heating devices which allowed the establishment of the laws of the stress-strain state of the wheel set elements, during its thermal assembly. The optimization was conducted with restrictions on stresses and temperatures.