

УДК 539.3

**О ПРОБЛЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (АЭС)
ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ПОЛУОТОРВАВШИХСЯ И СВОБОДНЫХ ПРЕДМЕТОВ**

© 2011 г.

В.В. Дубинин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

sovettm@bmstu.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Решается прямая задача об ударе материальной точкой (телом) по цилиндрической оболочке. Используются упругая и упругопластическая модели удара, оболочка упруго деформируется при колебаниях. Получены решения в двойных рядах для перемещений, скоростей, ускорений точек оболочки. Создан экспериментальный метод замеров этих величин, доказана сходимость рядов и достоверность расчетов. Разработан метод и получены зависимости средних ускорений за 1 мс точек оболочки от параметров удара тела (расстояния от точки удара, массы и скорости тела при ударе). Основная задача – определение параметров удара на основе расчетов прямой задачи с помощью сигналов датчиков, установленных на трубах агрегатов АЭС. Место удара на трубе малого радиуса определяется с помощью сигналов двух датчиков по скорости движения фронта радиальных ускорений.

Ключевые слова: проблема безопасности, свободные предметы, удар, средние ускорения, место удара, параметры удара.

Проблема безопасности АЭС выделена в числе трех основных проблем безопасности.

Необходимо создать расчетные и экспериментальные методы, которые позволили бы определить по записям датчиков сигналов о колебаниях оболочки, возникших после удара телом (материальной точкой) по цилиндрической трубе (оболочке), насколько опасно движение этого тела.

Сначала решалась прямая задача об ударе точки (тела) по цилиндрической оболочке и ее колебаниях. При ударе использованы упругая и упругопластическая модели и подход Тимошенко, колебания оболочки упругие. Для упругой модели удара использовалась зависимость Герца. Решение получено в двойных рядах по радиальной и окружной координатам в функции времени для перемещений, скоростей и ускорений точек тонкой оболочки.

Доказана сходимость рядов. Получены расчетные зависимости указанных величин от времени в любой точке оболочки конечной длины.

Анализ расчетов показал, что необходимо исследовать зависимости средних ускорений примерно до 1 мс (амплитудный метод). Для проверки записей колебаний и интегральных зависимостей была создана экспериментальная установка, программы записи и графического представления данных экспериментов, использовались пьезоэлектрические датчики.

Получены многочисленные интегральные зависимости средних ускорений в сигнале от расстояний до точки удара, массы и скорости удара точки (тела). Кроме того, получено распределение значений средних ускорений по окружности трубы. Записи колебаний в точке оболочки и интегральные зависимости были подтверждены экспериментально на созданной установке [1–3].

Решение прямой задачи и полученные расчетно-экспериментальные материалы позволили поставить и решить основную задачу – по записанным сигналам датчиков, установленных на реальной установке, определить расстояние до места удара, массу и скорость ударяющего тела (точки). Из записей сигналов датчиком определяются средние значения ускорений и место удара. По скорости движения фронта радиальных ускорений определяется расстояние до места удара. Далее используются рассчитанные интегральные зависимости средних ускорений в точке удара от расстояния до места удара, от скорости удара и от массы ударяющей точки (тела). В силу того, что задача многокритериальная, необходимо использовать от одного до трех приближений при решении для уточнения определяемых параметров.

При решении основной задачи для труб малого диаметра необходимо использовать два датчика, для большого диаметра – три.

В связи с тем, что решается целый комплекс задач, не удалось изложить подробнее промежуточные задачи: например, получение зависимостей силы удара от параметров удара, характер распределения средних ускорений по окружности трубы и ряд других. Заметим также, что при малом диаметре трубы среднее ускорение почти не зависит от того, в каком месте окружности стоит датчик.

Итак, в рамках предложенных допущений аналитически исследована задача об ударе точки по цилиндрической оболочке и колебаниях точек оболочки, получено решение задачи об определении основных параметров удара по сигналам датчиков установки. Создана экспериментальная установка и экспериментально подтверждены расчеты.

Список литературы

1. Дубинин В.В., Банников С.Н., Лапшин В.В. Препринт №77. М., Ин-т приклад. матем. им. М.В. Келдыша РАН, 2001. 29 с.
2. Банников С.Н., Дубинин В.В., Жигулевцев Ю.Н. Развитие технологий обучения: обработка физического эксперимента и дистанционное образование // Восьмой Всерос. съезд по теоретич. и прикл. механике: Аннотация докладов. Пермь, 23–29 августа 2001 г. Екатеринбург, Уро РАН. 2001. С. 72.
3. Дубинин В.В., Банников С.Н. Разработка экспериментального метода определения параметров колебаний оболочки после удара материальной точкой // Научно-методич. конф., посвященная 35-летию факультета «Фундаментальные науки» МГТУ им. Н.Э. Баумана: Тез. докл. М., 20 декабря 1999 г. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. С. 66–68.

ON THE PROBLEM OF SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS (NPP) REGARDING THE DETECTION OF SEMI-DETACHED AND DETACHED ITEMS

V.V. Dubinin

The direct problem is the impact of a material point (body) on a cylindrical shell. The elastic and elastic-plastic models of impact are used; the shell is elastically deformed by the vibrations. Solutions are obtained in terms of double series for the displacements, velocities and accelerations of the points of the shell. The experimental method of measurement of these quantities is developed; the convergence of series and the reliability of the calculations are proved. A method is developed and relations between the medium acceleration of the points of the shell during 1 ms the impact parameters of the body (the distance from the point of impact, mass and velocity of the body at impact) are obtained. The main task consists in defining the parameters of the impact on the basis of calculations of the direct problem with the signals of sensors installed on the pipes of the aggregates of the NPP. The point of impact on a small-radius pipe is determined from the signals of two sensors, based on the velocity of the movement of the radial acceleration front.

Keywords: problem of safety, free items, impact, average acceleration, impact point, impact parameters.