

УДК 539.3

Д.А.Соболев (6 курс, каф. МПУ), Д.В.Шевченко, асс., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

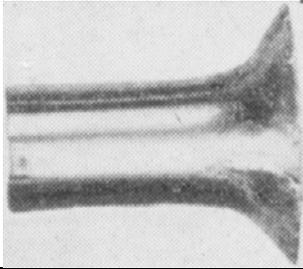
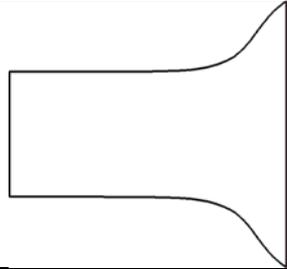
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРА ЦИЛИНДРА ПО ЖЁСТКОЙ ПРЕГРАДЕ. 1. ИДЕАЛЬНО-ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

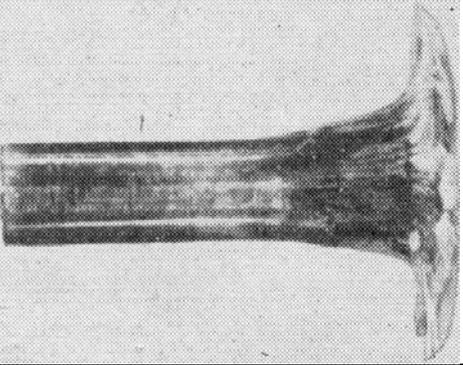
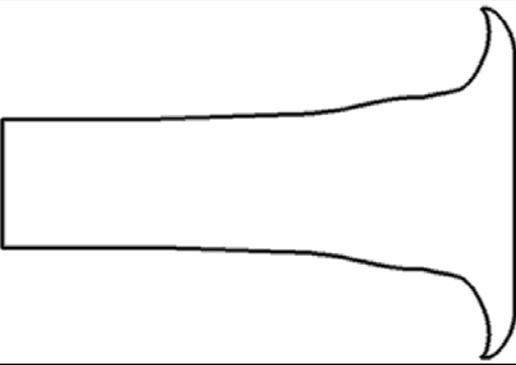
Для оценки прочностных характеристик материалов при динамическом нагружении традиционно рассматривается задача о взаимодействии цилиндрических тел с жёсткой стенкой – задача о торможении [1]. Сведения о реакции материалов на динамическую нагрузку могут быть получены различными экспериментальными методами, однако среди них простотой постановки эксперимента и интерпретации результатов выделяется расчётно-экспериментальный метод Тейлора [1]. В методе Тейлора цилиндрическое ударяющее тело наносит удар по перпендикулярно расположенной жёсткой преграде. Из экспериментов может быть получена информация о геометрических параметрах образцов после испытания. Процедура получения из опытных данных конкретных значений величин, характеризующих прочностные свойства испытанного материала, связана с применением расчётных методов – аналитических и численных.

Современный подход к анализу и интерпретации опытных результатов, полученных методом Тейлора, состоит в численном моделировании по двумерным и трёхмерным моделям при заданном определяющем уравнении материала образца.

В данной работе выполнено моделирование процесса удара с применением современных вычислительных методов, реализованных в программной системе **LS-DYNA** [2]. В ходе вычислительных экспериментов были использованы цилиндры из алюминия, стали и тантала. Эти материалы были выбраны потому, что для них в работе [1] приведены экспериментальные данные, необходимые для выполнения сравнительного анализа, и они, как правило, при пластической деформации почти не проявляют признаков упрочнения. Кроме того, эти материалы существенно различаются по степени влияния скорости деформации на предел текучести.

Таблица 1.

Результат опыта	<i>LS-DYNA-расчёт</i>
Удар алюминиевым цилиндром по жёсткой преграде $L_0 = 2.347 \cdot 10^{-2} \text{ м}, U_0 = 373 \text{ м/с}, Y_0 = 0.42 \text{ ГПа}$	
	
$L_f = 1.65 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	$L_f = 1.65 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
Результат опыта	<i>LS-DYNA-расчёт</i>
Удар танталовым цилиндром по жёсткой преграде $L_0 = 4.694 \cdot 10^{-2} \text{ м}, U_0 = 250 \text{ м/с}, Y_0 = 0.42 \text{ ГПа}$	

	
$L_f = 2.951 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	$L_f = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

L_0 – начальная длина; L_f – конечная длина; U_0 – скорость удара; Y_0 – предел текучести.

Таблица 2.

Удар алюминиевым цилиндром по жёсткой преграде $L_0 = 4.694 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $U_0 = 275 \text{ м/с}$, $Y_0 = 0.42 \text{ ГПа}$	
Результат опыта	
$L_f = 3.863 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	
LS-DYNA-расчёт	
$L_f = 3.842 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	

В экспериментах использовались цилиндры с первоначальной длиной $2.347 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $4.694 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ и диаметром $0.762 \cdot 10^{-2} \text{ м}$. В экспериментах цилиндры выстреливались из гладкоствольного ружья. Жёсткая преграда создавалась плитой, состоящей из глиноземной керамики, и следом расположенной плитой из упрочненной стали. Цилиндрам в начальный момент времени сообщалась скорость. В численных экспериментах жёсткая преграда моделировалась в одном случае с помощью запрещения перемещений вдоль линии основания в направлении движения цилиндра, в другом – с использованием предназначенной для таких целей модели материала *RIGID*. Данные экспериментов приведены в табл. 1,2.

Выполненные **LS-DYNA**-расчёты, моделирующие ударные эксперименты, показали, что конечная длина цилиндра очень чувствительна к пределу текучести Y_0 , используемому в расчёте. На основании этих данных можно определить предел текучести заданного материала, выбрав некоторую скорость удара и подобрав предел текучести таким образом, чтобы получающиеся после удара конечно-элементная длина и экспериментальная длина цилиндра совпадали. Используя предел текучести, определённый из одного эксперимента можно предсказать конечную длину для удара с другими скоростями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Уилкинс М.Л., Гуинан М.У. Удар цилиндра по жёсткой преграде // Механика. 1973. №3. 112 – 128.
2. Hallquist J.O. LS-DYNA. Theoretical Manual // Livermore Software Technology Corporation, 1998.

УДК 539.3