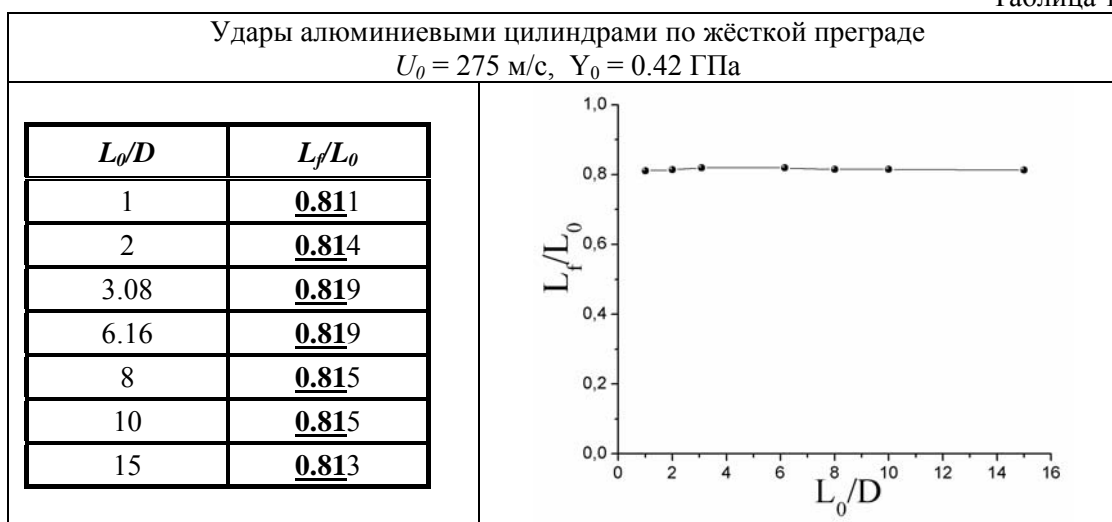


Д.А.Соболев (6 курс, каф. МПУ), Д.В.Шевченко, асс., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРА ЦИЛИНДРА ПО ЖЁСТКОЙ ПРЕГРАДЕ. 2. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С УПРОЧНЕНИЕМ

Выполненные конечно-элементные исследования в задаче об ударе цилиндром по жёсткой преграде показывают, что для скоростей удара, которые вызывают напряжения, превышающие предел текучести материала, пластический фронт, замедляющий упругую часть ударяющего тела, останавливается вблизи границы жёсткой преграды. Профиль ударяющего тела создаёт ошибочное впечатление, что пластический фронт далёк от ударяемой границы, однако этот профиль возникает вследствие поперечного движения материала, который ранее подверглся пластическому течению.

Таблица 1.



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

Выполненные *LS-DYNA*-расчёты [1], моделирующие удар цилиндров по жёсткой преграде, в которых отношение длины цилиндра к диаметру L_0/D изменялось от 1 до 15, подтвердили экспериментальное предположение [2], что отношение длины цилиндра L_f к первоначальной длине L_0 при заданной скорости удара является постоянным (табл. 1).

В описанных выше вычислительных экспериментах предел текучести принимался постоянным, в то время как в общем случае предел текучести зависит от упрочнения материала, скорости деформирования и температуры.

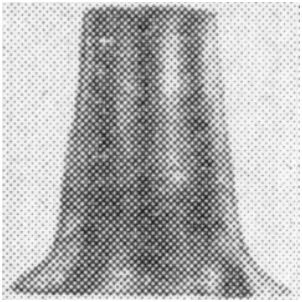
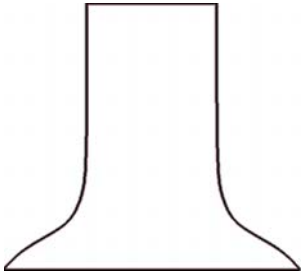
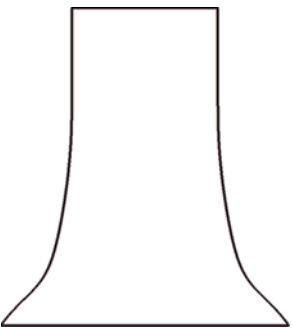
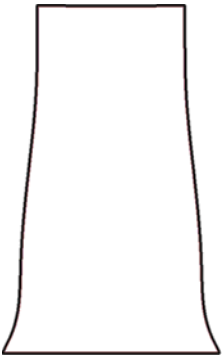
Радиальное расширение ударяемого конца при ударе цилиндра о жёсткую преграду вызывает большие пластические деформации. Величина пластических деформаций, естественно, возрастает с увеличением скорости удара. Для упрочняющихся материалов их сопротивление увеличивается с ростом пластической деформации.

Наличие упрочнения проявляется в форме, которую принимают цилиндры после удара. Компьютерное моделирование экспериментов, использующее постоянный предел текучести и упрочнение, дают приблизительно одинаковые длины цилиндра, но формы после удара различаются. Влияние упрочнения на форму цилиндра после удара демонстрируется для

образцов из меди, т.е. для материала, упрочняющемся в широком диапазоне пластических деформаций.

Конечная форма цилиндра из меди для эксперимента [2], в котором $U_0 = 210 \text{ м/с}$, показана в табл. 2. Представлены также результаты расчётов с применением программной системы **LS-DYNA**, в одном из которых использовался постоянный предел текучести, а в других учитывалось упрочнение.

Таблица 2.

Удар медным цилиндром по жёсткой преграде $L_0 = 2.347 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $U_0 = 210 \text{ м/с}$, $Y_0 = 0.38 \text{ ГПа}$	
Результат опыта	LS-DYNA
	
$L_f = 1.509 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ LS-DYNA	$L_f = 1.573 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $E_t = 0$; LS-DYNA
	
$L_f = 1.648 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $E_t = 0.156 \text{ ГПа}$;	$L_f = 1.786 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $E_t = 1.056 \text{ ГПа}$;

L_0 – начальная длина; L_f – конечная длина; U_0 – скорость удара; E_t – тангенциальный модуль упрочнения.

ЛИТЕРАТУРА:

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