



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

ОСЛАБЛЕНИЕ МЕТАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА С ПОМОЩЬЮ ГРАНУЛИРОВАННОГО ОСЛАБИТЕЛЯ

Забабахинские научные чтения / Снежинск, 2023

Балушкин Сергей Владимирович

Научный сотрудник

Соавторы:

Симонов А.Ю.

Куликов Г.В.

Никифоров М.В.

Тараканов А.А.

Технологические процессы, использующие воздействие взрыва

Сварка взрывом

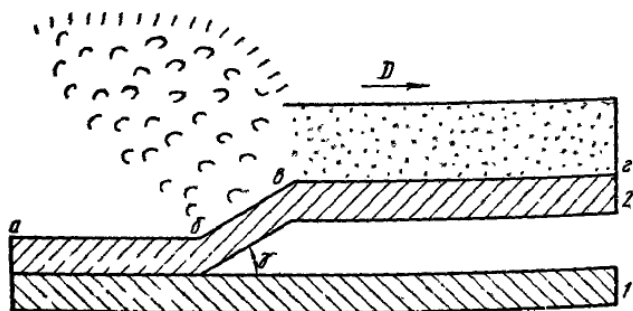


Схема смыкания пластин под действием взрыва
АБ – зона смыкания пластин, БВ – зона разгона пластины 2, ВГ – невозмущённая зона

Деформация взрывом

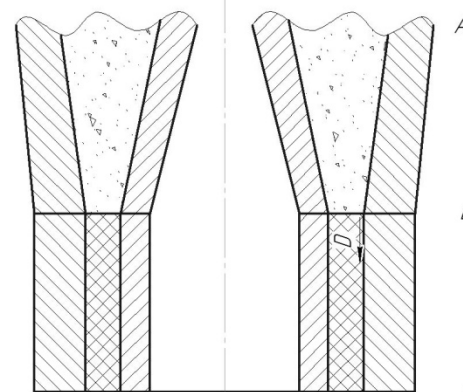


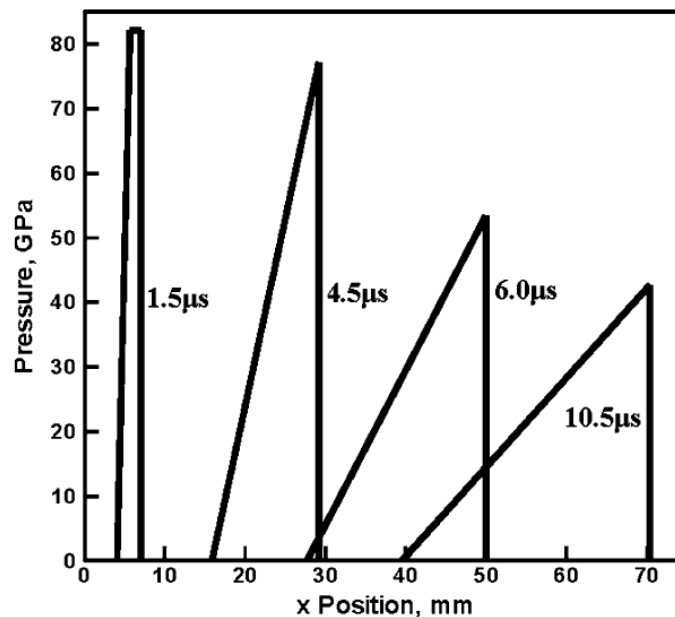
Схема деформации цилиндрической оболочки под действием взрыва
АБ – зона метания оболочки, БВ – невозмущённая зона



Результат деформации

Изменение характеристик УВ

Амплитуда ударной волны снижается, время воздействия увеличивается.

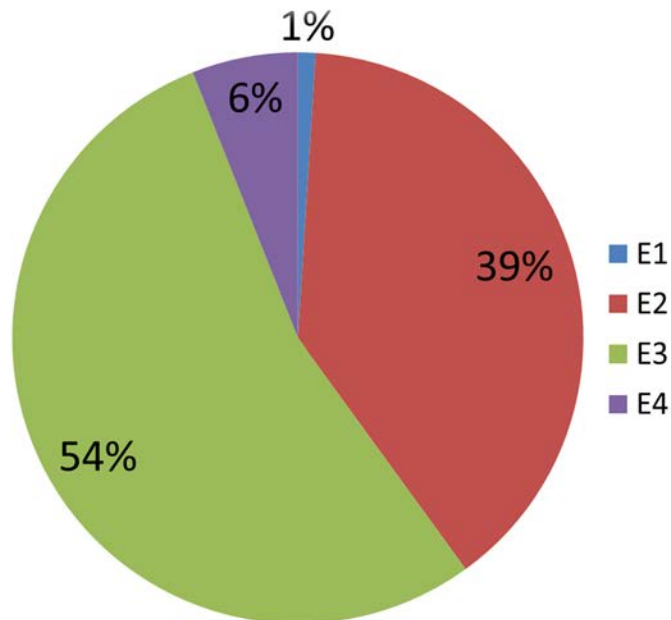


Эпюра давления в гранулированной меди

Диссипация энергии демпфером

Для сухих пористых сред основным является механизм диссипации энергии, связанный с ударным сжатием, т.е. с необратимым нагревом среды во фронте ударной волны. Запасённая же кинетическая энергия является на порядок меньше, чем в сплошном веществе.

Диссипация энергии



Рассеянная энергия:

$$E_{\text{дис}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

Кинетическая энергия среды:

$$E_1 = 4\pi \int \rho \frac{u^2}{2} r^2 dr$$

Энергия пластического течения:

$$E_2 = 4\pi \int dt \int \frac{2}{3} \tau \left(\frac{du}{dr} - \frac{u}{r} \right) r^2 dr$$

Энергия ударного сжатия:

$$E_3 = \pi \int p_H (\vartheta - \vartheta_H) r^2 dr$$

Энергия упругих деформаций:

$$E_4 = 4\pi \int \left(\frac{\tau^2}{2G} - \frac{p^2}{2K} \right) r^2 dr$$

Экспериментальные работы с цилиндрами

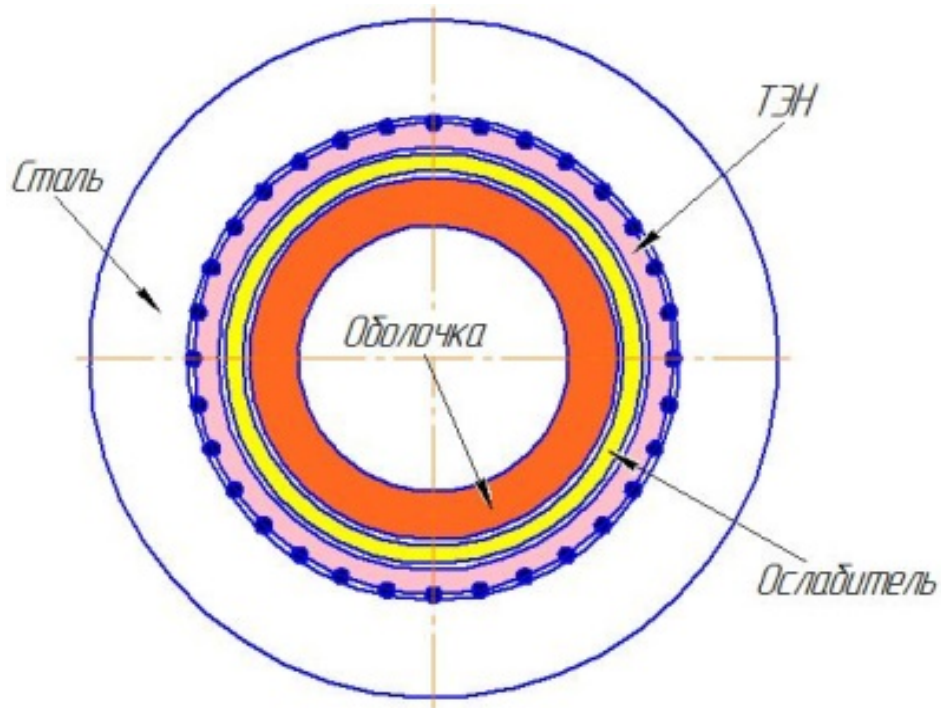
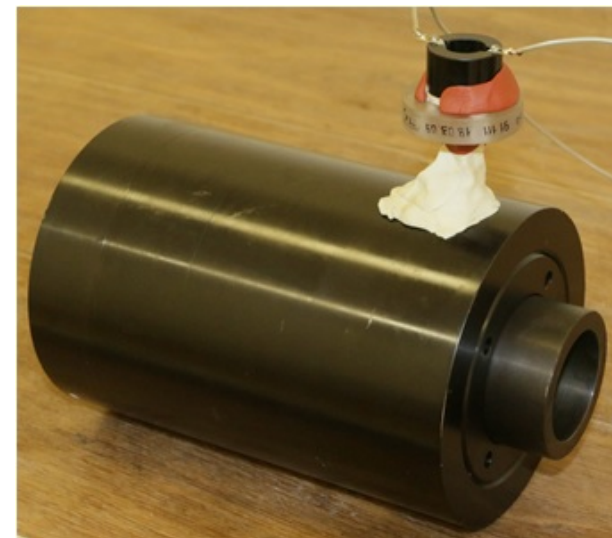


Схема нагружения оболочки



Внешний вид
экспериментальной сборки



Скоростная видеорегистрация

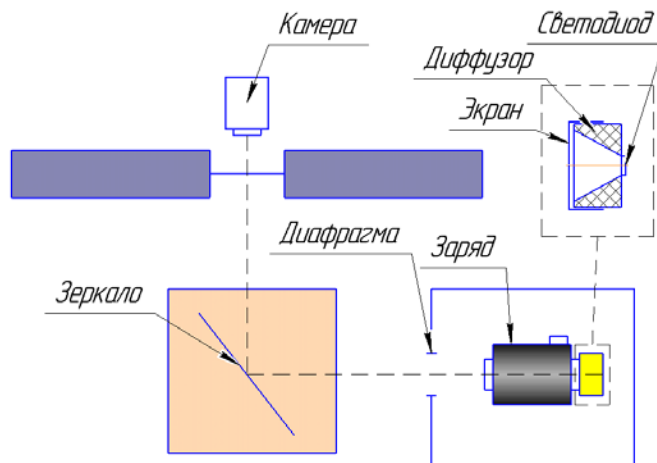
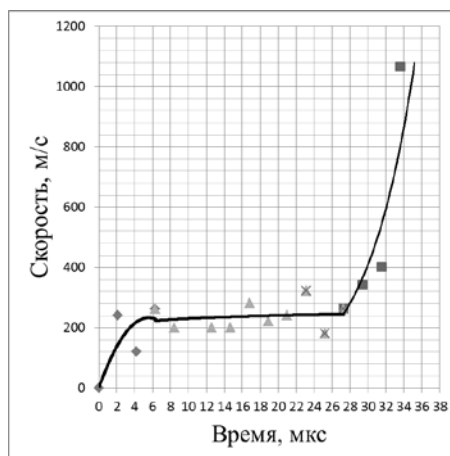


Схема регистрации



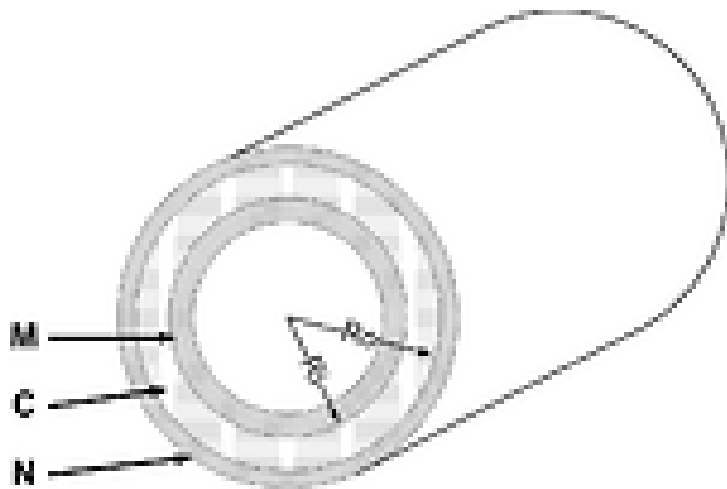
Скорость перемещения
внутреннего контура



Цилиндрическая имплозия

Расширенное уравнение Гарни для
цилиндрической оболочки с подпором

$$\frac{V_m}{\sqrt{2E}} = \left[A \left\{ \frac{\left(\frac{M}{C} + \frac{\beta+3}{6(\beta+1)} \right)}{A} + A \left(\frac{N}{C} + \frac{3\beta+1}{6(\beta+1)} \right) - 1/3 \right\} \right]^{-1/2}$$

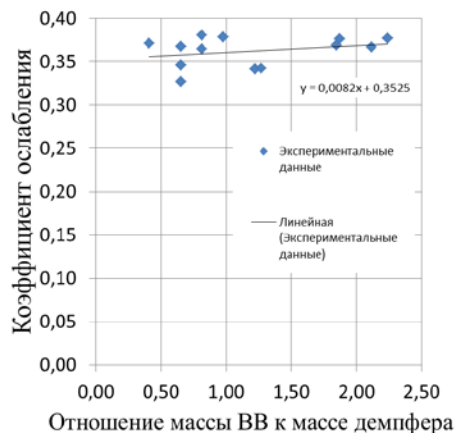


Бесконечный полый
цилиндр

где $A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\left(\frac{M}{C} + a \left(\frac{M}{C} \right) (\beta - 1) + \frac{\beta+2}{3(\beta+1)} \right)}{\left(\frac{N}{C} + \frac{2\beta+1}{3(\beta+1)} \right)}$

$$\beta = \frac{R_o}{R_i}$$

Модификация модели цилиндрической ИМПЛОЗИИ



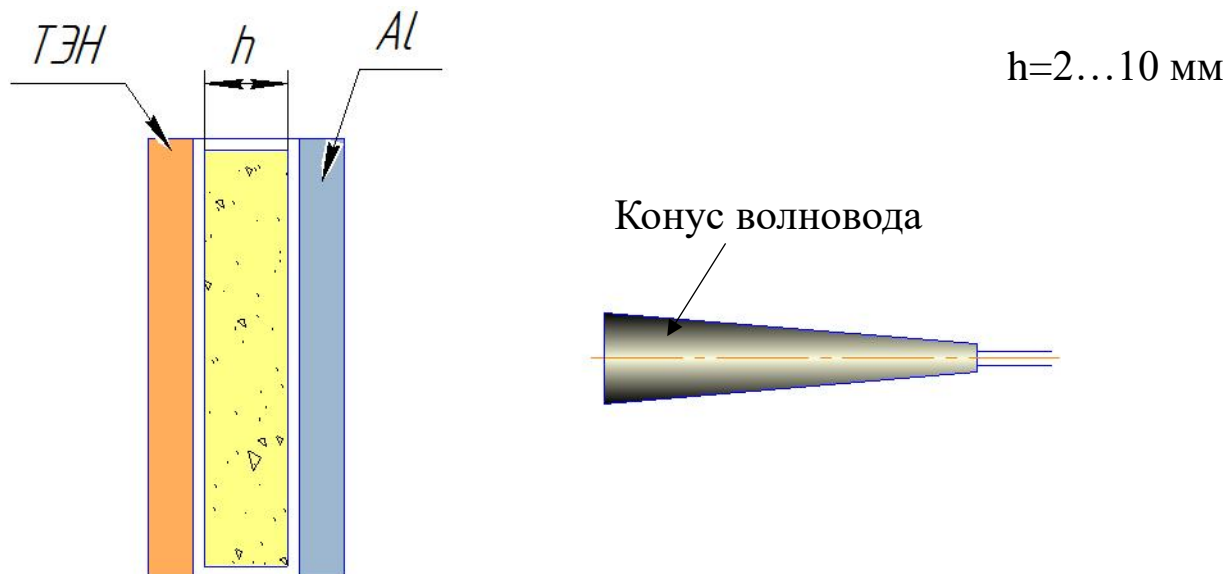
Модифицированное уравнение Гарни для цилиндрической оболочки с подпором и демферным слоем

$$\frac{V_m}{\sqrt{2E}} = K_{\text{Осл}} \left[A \left\{ \frac{\left(\frac{M}{C} + \frac{\beta+3}{6(\beta+1)} \right)}{A} + A \left(\frac{N}{C} + \frac{3\beta+1}{6(\beta+1)} \right) - 1/3 \right\} \right]^{-1/2}$$

$$K_{\text{Осл}} = [0.33 \dots 0.38], \frac{C}{M_d} \in [0.5 \dots 2.5]$$

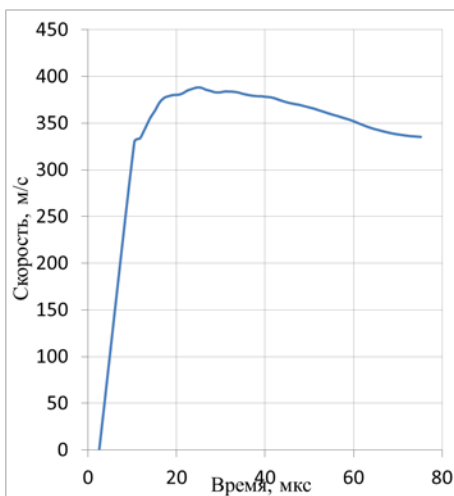
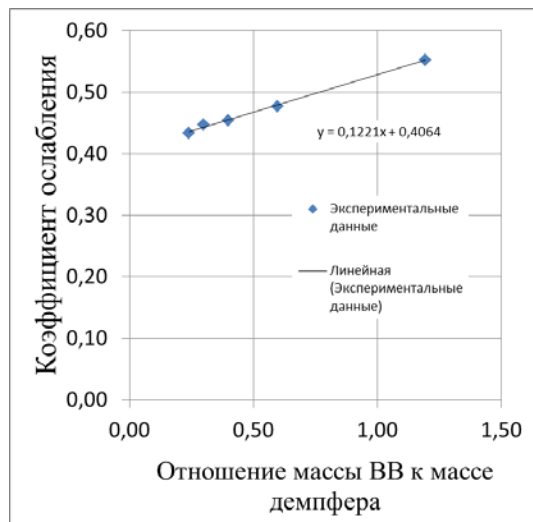
Опыт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Материал	М1			АМц	Ст20	Ст20		12Х18Н10Т			Ст20		
$\frac{M}{C}$	0,17	0,11	0,11	0,23	0,13	0,16	0,24	0,16	0,24	0,20	0,32	0,22	0,37
$\frac{C}{M_d}$	0,98	0,65	0,65	0,41	0,65	0,82	1,22	0,82	2,24	1,87	1,85	1,27	2,12
$V_{\text{расч}},$ м/с	864	743	743	1139	801	885	1055	885	1055	976	1260	1069	1335
$V_{\text{эксп}},$ м/с	327	273	257	423	262	323	360	337	398	367	465	366	490
$K_{\text{Осл}}$	0,38	0,37	0,35	0,37	0,33	0,36	0,34	0,38	0,38	0,38	0,37	0,34	0,37

Экспериментальные работы с дисками



Устройство для метания

Метание несжимаемых пластин



Уравнение Забабахина для метания пластин

$$\frac{U_{\text{пл}}}{D} = \frac{27}{16\mu} \left(1 + \frac{16}{27}\mu - \sqrt{1 + \frac{32}{27}\mu} \right)$$

$$K_{\text{осл}} = [0.43 \dots 0.55], \frac{C}{M_d} \in [0.2 \dots 1.2]$$

Опыт	1	2	3	4	5
$\frac{C}{M}$	0,186				
$\frac{C}{M_d}$	1,19	0,6	0,4	0,3	0,24
$V_{\text{расч}},$ м/с	702				
$V_{\text{эксп}},$ м/с	388	335	319	314	304
$K_{\text{осл}}$	0,55	0,48	0,45	0,45	0,43

Выводы

- Демпферный слой из песка уменьшает метательную способность ВВ за счёт диссипации энергии ударной волны.
- Цилиндрический демпферный слой уменьшает метательную способность в 2,6-3 раза при соотношении масс ВВ и демпфера от 0,5 до 2,5 и слабо изменяется в этой области.
- Плоский демпферный слой уменьшает метательную способность в 1,8-2,3 раза при соотношении масс ВВ и демпфера от 0,2 до 1,2 . В этом случае влияние количества песка более выражено.

**Спасибо
за внимание**

