

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ЛАЙНЕРА НА МЕХАНІЧНУ ДІЮ КУМУЛЯТИВНОГО ЗАРЯДУ

Ю.І. Войтенко¹, С.В.Гошовський², Р.В. Закусило³, В.П. Бугаєць⁴,
Ю.М. Сидоренко⁵, А.М. Артем'єв¹

¹Інститут гідромеханіки НАН України;

²Науковий гідрофізичний центр НАН України;

³Шосткінський інститут Сумського державного університету;

⁴Науково-інженерний центр «Матеріалообробка вибухом» ІЕЗ ім. Є.О Патона
НАН України;

⁵Національний технічний університет України ім. Ігоря Сікорського «Київський
політехнічний інститут»,
voytenkou@gmail.com

Для проникнення у міцні перепони використовуються різні методи. Традиційним є застосування кумулятивних зарядів з конічними лайнерами. Для експериментального дослідження впливу нетрадиційних форм лайнерів була використана модель заряду калібром 30 мм ЗКМ-54-У, яка використовувалась в корпусних кумулятивних перфораторах (рис. 1). Діаметр описаного кола – 54 мм. В експериментальних зарядах досліджувались дві форми лайнерів: конічна та еліптична (рис. 2). Конічні лайнери виготовлялися методом одностороннього холодного пресування із порошку марки ПМС-Н. Еліптичні – із монолітної міді на токарному станку з числовим програмним управлінням. В якості вибухової речовини використовувалась суміш ТГ-30/70 (30 % тротилу і 70 % гексогену). Швидкість детонації - ≈ 7800 м/с. Заряд виготовлявся шляхом наливання гарячої суміші (суспензії) ТГ 30/70, доведеної до температури плавлення тротилу ($>80^\circ\text{C}$) в отвір в корпусі із сторони вершини лайнера. Детонація збуджувалась електродетонатором через подовжений заряд (ПЗ) флегматизованого гексогену в алюмінієвій оболонці діаметром 10 мм (рис. 3). Положення ПЗ на дослідному заряді фіксувалося за допомогою корпусу заряду більшого калібру ЗП2-67. Загальний вид експериментальної установки на мішені показано на рис. 3. Необхідна відстань від заряду до мішені забезпечувалась висотою пластмасового циліндра, на який встановлювався заряд і контактні датчики (під зарядом і під циліндром). Мішень із маловуглецевої сталі Ст. 3 виготовлялась у вигляді набору пластин товщиною 10 мм (рис. 3).

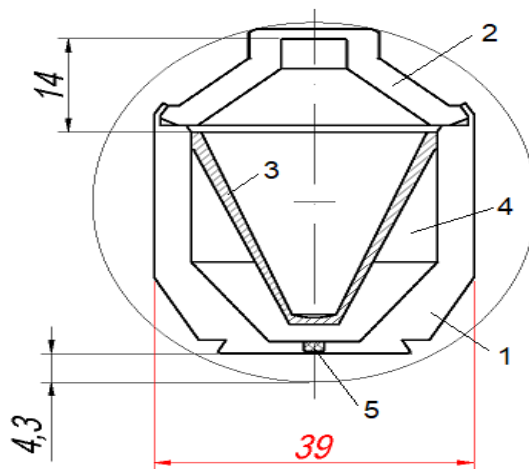


Рисунок 1 Конструкція заряду ЗКМ-54-У; 1 – корпус; 2 - кришка; 3 – лайнер; 4 – шашка ВР; 5 – проміжний детонатор

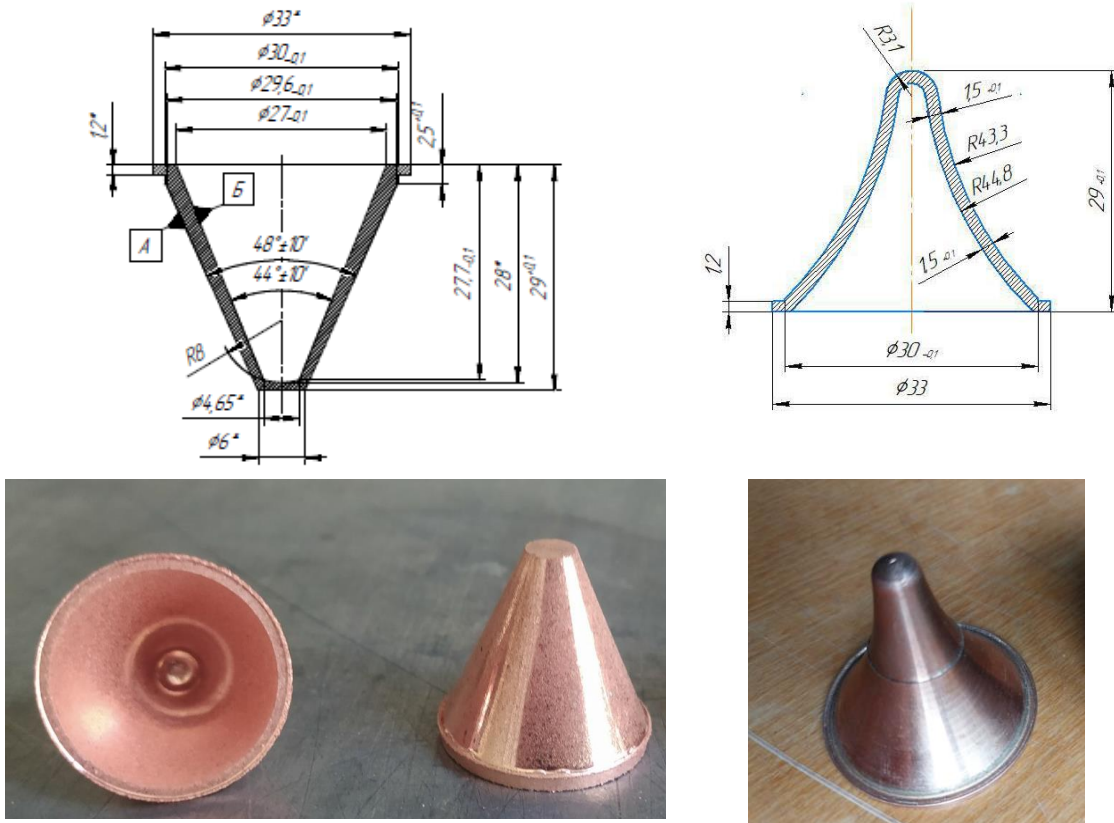


Рисунок 2 Конструкції конічного і еліптичного лайнерів



Рисунок 3 Загальний вигляд експериментальної установки до детонації заряду (зліва) та мішень після пострілу (справа); 1- мішень; 2 – кумулятивний заряд; 3 – подовжений заряд в алюмінієвій оболонці; 4 – електродетонатор; 5 - картонний циліндр

Швидкість струменя в експериментах вимірювали методом контактних датчиків [1]. Порівняння результатів розрахунку для еліптичного лайнера (рис. 4) з результатами експериментальних вимірювань (табл.), показали їх відносну близькість. Відмінності швидкостей вздовж КС для еліптичного і конічних лайнерів прогресивної товщини з кутами при вершині $42^\circ/43^\circ$ і $55^\circ/60^\circ$ (рис. 4) [2] свідчать на користь еліптичного лайнера.

Таблиця 1 Результати випробувань зарядів ЗКМ-54-У з конічними та еліптичними лайнерами

№ п/п	Матеріал лайнера	$L, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$V_z, \text{м/с}$	$F, \text{мм}$	Форма лайнера
1	Пресовка із мідного порошку	60-65	10,7	6170*	21	Конус $2\alpha=44^\circ/48^\circ$
2	-"-	60-68	10,6		21	-"-
3	-"-	50-60	11,0		20	-"-
4	-"-	60-65	10,8		20	-"-
5	-"-	75-80	10,5		40	-"-
6	-"-	75-80	10,0		40	-"-
7	Монолітна мідь	80**	9,0	6029	40	Еліптична
8	-"-	60-61**	8,0	6250	40	-"-
9	-"-	65-70**	8,5	6349	40	-"-
10	-"-	100+	6,5x8		40	-"-
11	-"-	100+	7,5		40	-"-
12	-"-	65-70**	8,0		40	-"-

* Значення швидкості КС отримано раніше для флегматизованого гексогену

**Кінчик отвору заповнений матеріалом КС

Позначення Z і R на рис. 4 означають схему детонації заряду: із точки на осі симетрії (Z) і по кільцевому контуру (лінзова схема збудження детонації - R). Для еліптичного лайнера розрахунок також проводився для лінзової схеми збудження детонації. Значний розкид значень по глибині пробиття КС від еліптичних лайнерів ми пов'язуємо з не щільним контактом ініціюючого заряду і шашки ВР кумулятивного заряду в окремих експериментах (рис. 3). З іншої сторони розкид по глибині розкриття для еліптичного лайнера спостерігали також автори роботи [3] з іншою схемою ініціювання детонації, що може бути зв'язано із технологічними похибками при виготовленні еліптичних лайнерів в наших експериментах. Перспективність такої форми лайнера пояснюється більшою швидкістю руху головної частини КС, ніж КС при схлопуванні конічних лайнерів з кутами при вершині $43^\circ-44^\circ$ (рис. 4, табл.).

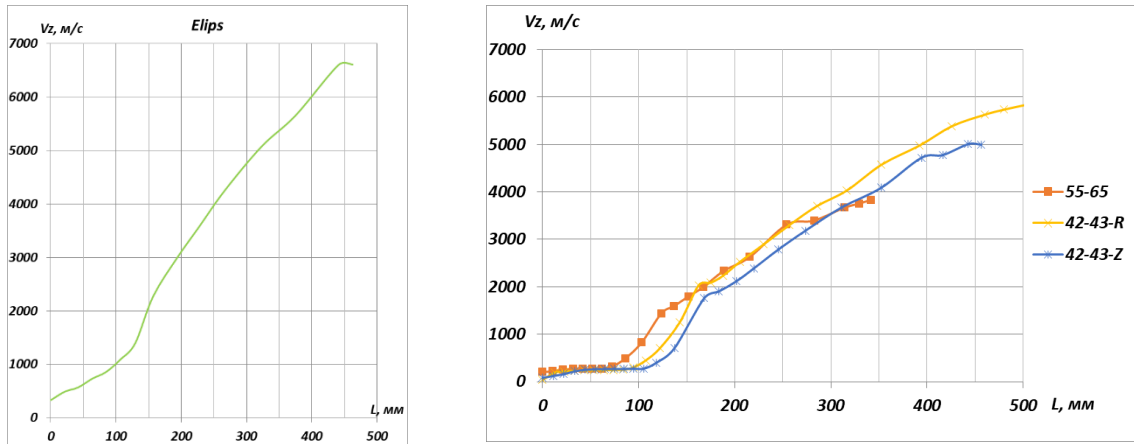


Рисунок 4 Розподіл швидкості матеріалу КС по маркерам для кумулятивних облицювань 55-60 Z, 42-43 Z, 42-43 R, для моментів часу відповідно 98 мкс, 91 мкс, 91 мкс (справа) і еліптичного лайнера товщиною 2 мм для моменту часу 81 мкс (зліва)

Висновок. Еліптична форма лайнера кумулятивного заряду є перспективною для підвищення пробивної здатності кумулятивних струменів і після оптимізації геометричних параметрів може бути використана у виробах різного призначення.

Список літературних джерел

- 1 Войтенко Ю.И., Гошовский С.В., Драчук А.Г., Бугаец В.П. Механическое действие кумулятивных зарядов с пористыми облицовками // Физика горения и взрыва. – 2013. - № 1. - С. 125 – 131
- 2 Voitenko Y.I., Sydorenko Y. M., Goshovskii S.V., Zakusylo, R.V., Zaytchenko S. V., **Войко В. В.** On the influence of the liner shape and charge detonation scheme on the kinetic characteristics of shaped charge jets and explosively formed penetrator // Cent. Eur. J. Energ. Mater. – 2023. - 20(3). – P. 00-00.
- 3 Drachuk A.G., Goshovskii S.V., Voitenko Y.I. The Calculation Parameters of Shaped Charges with Porous Liners. (in Ukrainian) Ukrainian State Geological Exploration Institute, Kiev, 2007, p. 42
- 4 Habera Ł., Hebda K., Koślik P., Sałaciński T. The Shooting Tests of Target Perforating Ability Performed on Cast Concrete Cylinders // Cent. Eur. J. Energ. Mater. – 2020. - 17(4). – P. 584- 599.