

ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ УДАРНИХ ХВИЛЬ ВІД ВІДСТРІЛУ КУЛЬ У ВОДЯНОМУ КУЛЕУЛОВЛЮВАЧІ

¹Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України

²Інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

Анотація.

Виготовлено макет циліндричного вертикального кулеуловлювача з орієнтацією на низькоенергетичні кулі. Засобами тензометрії за допомогою 8-канального реєстратора LMS SCADAS Mobile досліджено динаміку деформування зовнішньої поверхні циліндра в шести точках вздовж висоти. Зафіксовано поширення первинної та вторинної ударних хвиль. Обчислено швидкість поширення ударної хвилі у воді.

Ключові слова: циліндричний водяний кулеуловлювач, макет, експеримент, реєстратор LMS SCADAS Mobile, деформації, первинна та вторинна ударні хвилі.

Кулеуловлювачі застосовують для експертизи та ідентифікації зброї за слідами на кулях. Кожна зброя залишає унікальний слід кулі, що сприяє розкриттю злочинів. За кулею можна встановити власника зброї. За інтенсивного використання кулеуловлювачі можуть виходити з ладу, особливо у випадках високоенергетичних куль.

Теоретичною основою розрахунків водяних кулеуловлювачів є задача про удар твердих тіл об поверхню рідини, яка досліджувалась понад століття [1]. Вітчизняні конструктори притримуються експериментальних підходів [2]. Більшість публікацій в цій галузі стосується патентознавства, в яких механічні явища в кулеуловлювачах не розглядаються. Тому дослідження динамічних механічних явищ в корпусі кулеуловлювача і в рідині є актуальним.

Для визначення раціональних з погляду запасу міцності параметрів циліндричного гідрокулеуловлювача було виконано експерименти в Центрі колективного користування приладами «Аналізатор динамічних процесів» з використанням реєстратора LMS SCADAS Mobile.

На основі попередньої верхньої оцінки було виготовлено спрощений експериментальний макет вертикального кулеуловлювача. Для вимірювання деформацій ϵ на зовнішню поверхню сталеві труби висотою (l) 2 м, діаметром (d) 0,2 м і товщиною стінок (h) 5 мм було наклеєно вздовж висоти ряд тензорезисторів з базою 3 мм і опором 120 Ом. Маса труби з водою становила понад 100 кг. Відстрілювались кулі масою 7,45 г з початковою швидкістю 360 м/с.

На рис. 1 показана осцилограма колових деформацій одного з каналів (C2) від тензорезистора, наклеєного на висоті 0,55 м від дна циліндра. Вертикальні подвійні курсори відмічають проміжки часу між моментами осцилограм. На цій та інших осцилограмах спостерігались по три локальні сплески максимальних деформацій півшириною біля 0,5 мс (час t відраховується від початку запису приладом), що свідчить про поширення ударної хвилі в трубі. Перші сплески ($t_1 \approx 4,35$ с) відповідають моментам проходження фронту ударної хвилі. Другі сплески ($t_2 \approx 4,4$ с) виникають через порівняно короткий проміжок часу $\Delta t_{12} = 0,047$ с після перших, що було встановлено за допомогою вертикальних курсорів (рис. 1). Треті сплески ($t_3 \approx 4,6$ с) виникають через довший проміжок часу $\Delta t_{13} = 0,257$ с. Вони мають просте пояснення. Річ у тім, що кулеуловлювач, отримавши імпульс від кулі, ніби «підскакує» від підлоги (візуально на кілька сантиметрів). Після цього він вдарається об підлогу, що викликає нову ударну хвилю, яка поширюється вгору. За час $\Delta t_{13} = 0,257$ с конструкція встигає піднятися й опуститися з висоти $\Delta H \approx 8,2$ см, що узгоджується з візуальним спостереженням.

В подібному експерименті [3] вторинна хвиля виникала приблизно через 7 мс після первинної. На підставі оптичних спостережень автори пояснили появу вторинної ударної хвилі явищем суперкавітації.

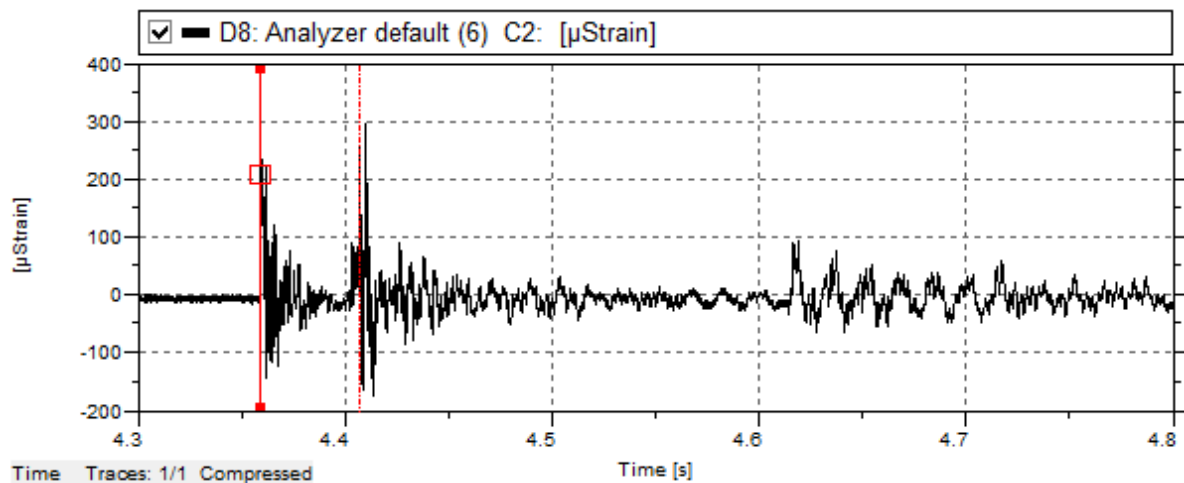


Рисунок 1 – Колові деформації на зовнішній поверхні циліндра

Таким чином, попереду кулі біжить ударна хвиля, яка викликає деформування, де ще кулі нема. Тобто вода на удар реагує як тверде тіло, практично миттєво передаючи деформацію на всю трубу. Для зменшення деформацій доцільно збільшувати всі геометричні розміри кулеуловлювача, включаючи його довжину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Truscott, T. T., Epps, B. P., & Belden, J. (2014). Water entry of projectiles. *Annual review of fluid mechanics*, 46(1), 355-378.
2. Ганзюк, А. Л., Кравчук, О. В., & Гордєєв, А. І. (2023). Особливості будови, розрахунку та експлуатації гідрокулеуловлювачів. *Криміналістичний вісник*, 40 (2), 7–15.
3. Shi, H. H., & Kume, M. (2001). An experimental research on the flow field of water entry by pressure measurements. *Physics of Fluids*, 13(1), 347-349.

Максимюк Володимир Ананійович, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник., Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, Київ, volmak@ukr.net

Ушакова Віра Сергіївна, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, вчений секретар відділу, Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, Київ, creep@inmech.kyiv.ua

Ушаков Олексій Вікторович, заступник начальника центру, Інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, Київ, nddkr_ict@ssu.gov.ua

ON THE RESEARCH OF SHOCK WAVES FROM SHOOTING BULLETS IN A WATER BULLET TRAP

Abstract.

A model of the cylindrical vertical bullet trap with an orientation towards low-energy bullets was manufactured. The dynamics of deformation of the outer surface of the cylinder at six points along the height was investigated by means of strain gauges using an 8-channel LMS SCADAS Mobile recorder. The propagation of the primary and secondary shock waves was recorded. The speed of shock wave propagation in water was calculated.

Keywords: cylindrical water bullet trap, model, experiment, LMS SCADAS Mobile recorder, deformations, primary and secondary shock waves.

Volodymyr Maksymyuk, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher, S.P. Tymoshenko Institute of Mechanics of NAS of Ukraine, Kyiv, volmak@ukr.net

Vira Ushakova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Scientific Secretary of the Department, S.P. Tymoshenko Institute of Mechanics of NAS of Ukraine, Kyiv, creep@inmech.kyiv.ua

Oleksiy Ushakov, Deputy Head of the Center, Institute of Special Equipment and Expertise of the Security Service of Ukraine, Kyiv, nddkr_ict@ssu.gov.ua