

С.А. Виноградов, к.т.н. доцент, НУЦЗУ,
М.О. Консуров, викладач, НУЦЗУ,
С.С. Пономаренко, викладач, НУЦЗУ

РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІМПУЛЬСНИМ ВОДНИМ СТРУМЕНЕМ ВИСОКОЇ ШВИДКОСТІ

(представлено д-ром техн. наук Туркінім І.Б.)

У статті наведено результати експериментальних досліджень з перевірки адекватності запропонованої залежності для визначення швидкості руху імпульсного водного струменя високої швидкості, при якій відбувається руйнування будівельної конструкції, що включає щільність рідини і межу міцності матеріалу на стиск.

Ключові слова: аварійно-рятувальні роботи, руйнування, система гідроімпульсного руйнування, імпульсний струмінь рідини високої швидкості, будівельні конструкції, межа міцності.

Постановка проблеми. Використання високошвидкісних струменів рідини для руйнування будівельних конструкцій є перспективним напрямком вдосконалення аварійно-рятувального інструменту (АРІ) [1, 2].

З публікації [3] відомо, що для руйнування матеріалу динамічний тиск p струменя на нього повинен у 10 разів перевищувати межу міцності σ_m цього матеріалу на стиск. У роботі [4] наведено, що в найпростішому випадку, який може бути використаний у більшості випадків, зв'язок швидкості руху струменя u рідини зі щільністю ρ та динамічного тиску p можна записати за допомогою рівняння Бернуллі

$$p = \frac{\rho u^2}{2}. \quad (1)$$

Ураховуючи наведене, для визначення швидкості $u_{стр}$ водного струменя, при якій відбувається руйнування будівельної конструкції, можна використовувати рівність

$$u_{стр} = \sqrt{\frac{10\sigma_m}{\rho}}. \quad (2)$$

Однак рівність (2) потребує експериментального підтвердження, яке до сьогодні не було проведено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спосіб руйнування елементів будівельних конструкцій, запропонований авторами, захищений охоронним документом [2].

Руйнування різних матеріалів за допомогою імпульсних водних струменів високої швидкості розглядалося в роботах [3, 5]. Дослідження руйнування конкретних будівельних конструкцій, що використовуються під час будівництва житлового фонду в Україні, у ній не проводилось.

У роботі [4] запропонована схема системи гідроімпульсного руйнування будівельних конструкцій (СГІР) та визначена швидкість струменя на виході з сопла. Дослідження швидкості руху імпульсного водного струменя для цієї СГІР проведено в [6].

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є перевірка експериментальним шляхом адекватності залежності (2) для визначення швидкості, при якій відбувається руйнування будівельної конструкції під час впливу на неї імпульсним водним струменем.

Експериментальні дослідження проводилися за схемою, що наведена на рис. 1.

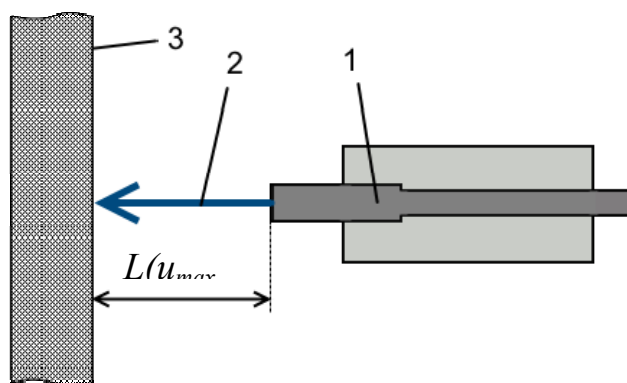


Рис. 1. Схема проведення експериментального дослідження: 1 – СГІР; 2 – імпульсний водний струмінь; 3 – будівельна конструкція

З метою забезпечення адекватності проведення дослідження з руйнування будівельних конструкцій імпульсним водним струменем високої швидкості проаналізований житловий фонд України на предмет визначення конструкційних матеріалів, з яких здійснювалася забудова.

На рис. 2 наведений приблизний розподіл житлового фонду України у залежності від технології огорожуючих конструкцій [7].

Аналіз аварій з руйнуванням будівель за часів незалежності України [8] показав, що переважна більшість аварій сталася в панельних будівлях. З урахуванням цього та у результаті аналізу конструкцій житлового фонду України нами обрано перелік конструкцій, що повинні бути використані для проведення експериментальних досліджень з їх руйнування імпульсним водним струменем високої швидкості (табл. 1).

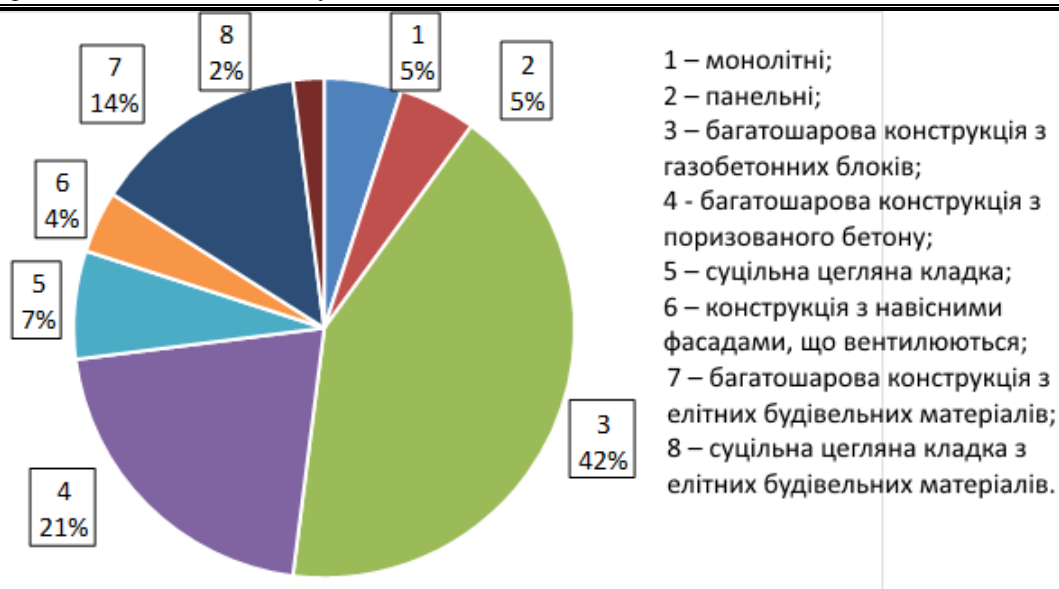


Рис. 2. Розподіл житлового фонду України

Оскільки під час впливу імпульсним водним струменем високої швидкості переважають сили стискання, то у якості основного параметру конструкція обрана межа міцності на стиск.

Критерії руйнування кам'яної конструкції - умови незворотної зміни початкового стану кам'яної конструкції під дією зовнішніх навантажень або силових впливів [9]. Незворотною зміною вважається утворення тріщин у кладок елементах і/або розчинних швах, роздроблення матеріалу, взаємне ковзання частин кладки [10].

Тому під час проведення дослідження з руйнування будівельних конструкцій водним струменем високої швидкості під терміном «руйнування» будемо розуміти:

- для залізобетонних конструкцій – утворення продольних тріщин або наскрізного отвору в конструкції;
- для цегляних конструкцій – утворення тріщин у розчинних швах або цеглі, дроблення цегли;
- для газобетону – утворення поперечних тріщин, дроблення блоку.

Дослідний зразок системи гідроімпульсного руйнування зображений на рис. 3. Він складається зі ствола 3 діаметром 20 мм, що закріплений на опорному пристрої 7 та має відкатний пристрій 2. Довжину ствола можна змінювати за допомогою набору подовжувачів 5 за допомогою з'єднувачів 4. Для надання струменю рідини прискорення наприкінці ствола встановлюються змінні сопла 6 різного діаметру. Водяний заряд заливається через сопло 6 та отримує енергію від порохового заряду, що розташований в патроні в казенній частині 8 СГР. За допомогою ударно-спускового механізму 1 з дистанційним керуванням СГР приводиться в дію. Відстань, з якої проводилось руйнування

$L(u_{\max}) = 0,85$ м. Швидкість руху струменя визначалась за емпіричною формулою, отриманою авторами для цієї СГІР в роботі [6].

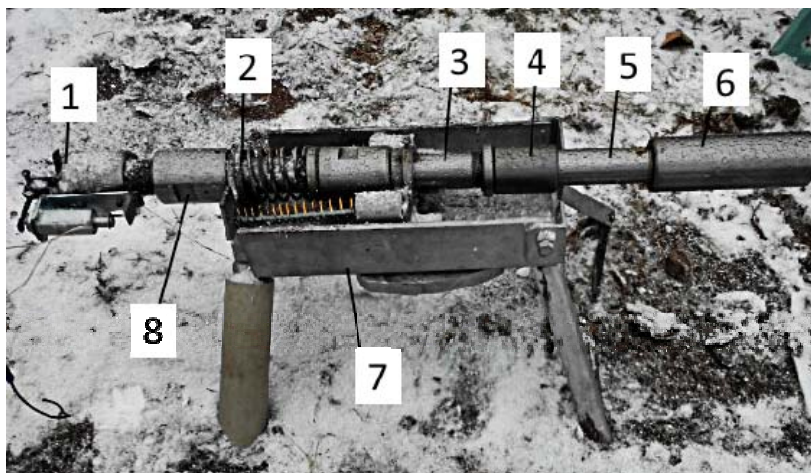


Рис. 3. Дослідний зразок системи гідроімпульсного руйнування: 1 – ударно-спусковий механізм; 2 – відкатний пристрій; 3 – ствол; 4 – з’єднувач; 5 – подовжувач ствола; 6 – сопло; 7 – опорний пристрій; 8 – казенна частина

Результати дослідження наведено в табл. 1.

Табл. 1. Результати експериментальних досліджень з руйнування будівельних конструкцій імпульсним водним струменем високої швидкості

№ з/п	Будівельна конструкція	Межа міцності на стиск $\sigma_m \cdot 10^6$ Па	Швидкість струменя $u_{сгр}$, м/с	Кількість пострілів до руйнування
1	Стіна з газобетону $\delta=400$ мм	2,9 [11]	170	1
2	Стіна з залізобетону $\delta=350$ мм	16,4 [12]	405	2
3	Стіна з залізобетону $\delta=180$ мм	29,7 [12]	545	1
4	Перегородка з гіпсобетону $\delta=80$ мм	6,5 [12]	255	1
5	Цегляна стіна $\delta=510$ мм	2 [9]	141	1
6	Цегляна стіна $\delta=250$ мм	2 [9]	141	1
7	Плита перекриття залізобетонна багатопустотна $\delta=220$ мм	32,7 [13]	572	2
8	Плита перекриття залізобетонна суцільна $\delta=160$ мм	29,7 [14]	545	1

На рис. 4 наведено фото руйнування деяких будівельних конструкцій імпульсним водним струменем високої швидкості.



Рис. 4. Будівельні конструкції після руйнування імпульсним водним струменем високої швидкості

Висновки. Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що для більшості будівельних конструкцій, що обрано для дослідження, формула (2) є адекватною для визначення швидкості, за якої необхідно проводити руйнування будівельних конструкцій в залежності від їх міцності.

Необхідність повторних пострілів для стіни з залізобетону $\delta=350$ мм та залізобетонної багатопустотної плити перекриття $\delta=220$ мм пояснюється значною їх товщиною. Вочевидь, для таких будівельних конструкцій формула (2) потребує уточнення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грицына И.Н. Высокоскоростные струи жидкости как средство гидроразрушения элементов строительных конструкций при проведении аварийно-спасательных работ / Грицына И.Н., Виноградов С.А., Консуров Н.О. // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. – Київ, 2013. – №2 (28). – С. 173-178.

2. Пат. 93939 Україна, МПК (2014.01) А62В 5/00, Е21F 11/00. Спосіб руйнування елементів будівельних конструкцій / Виноградов С.А., Консуров М.О., Калиновський А.Я., Ларін О.М.; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № u201404035, заяв. 15.04.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. № 20.

3. Атанов Г.А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород / Атанов Г.А. – К.: Вища школа, 1987. – 155 с.

4. Разработка схемы аварийно-спасательного инструмента для разрушения элементов строительных конструкций и определение его геометрических параметров [Электронный ресурс] / [Виноградов С.А., Грицына И.Н., Консуров Н.О., Семко А.Н.] // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – Вып. 34. – С. 45-51. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol34/vinogradov.pdf>.

5. Семко А.Н. Импульсные струи жидкости высокого давления / Семко Александр Николаевич. – Донецк: Вебер, 2007. – 149 с.

6. Виноградов С.А. Експериментальні дослідження системи гідроімпульсного руйнування елементів будівельних конструкцій / Вино-

градов С.А., Консуров М.О., Сокол Я.С. // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2015. – Вип. 21. – С. 11-17. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Vinogradov.pdf>.

7. Маляренко В.А. Состояние и пути санации жилого фонда прошлых лет / Маляренко В.А., Орлова Н.А. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. - № 9 (91). – С. 9-14.

8. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні / ДСНС України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html.

9. Онищик Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. Часть 1. Работа элементов каменных конструкций / Онищик Л.И. – М.: ОНТИ, 1937. – 291 с.

10. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей / Зайцев Ю.В. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.

11. ДСТУ Б В.2.7-137:2008. Блоки з ніздрюватого бетону. Стінові дрібні. Технічні умови. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. – 10 с.

12. ДСТУ Б В.2.6-64:2008. Панелі стінові зовнішні бетонні і залізобетонні для житлових і громадських будинків. Технічні умови. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 64 с.

13. ДСТУ Б В.2.6-53:2008. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 23 с.

14. ДСТУ Б В.2.6-58:2008. Плити залізобетонні суцільні для перекриттів будівель і споруд. Технічні умови. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 30 с.

С.А. Виноградов, Н.О. Консуров, С.С. Пономаренко

Разрушение строительных конструкций импульсной водной струей высокой скорости

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по проверке адекватности предложенной зависимости для определения скорости движения импульсного водной струи высокой скорости, при которой происходит разрушение строительной конструкции, включающая плотность жидкости и предел прочности материала на сжатие.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы, разрушение, система гидроимпульсного разрушения, импульсная струя жидкости высокой скорости, строительные конструкции, предел прочности.

S.A. Vinogradov, N.O. Konsurov, S.S. Ponomarenko

The destruction of building construction by impulsed high-speed water jet

The results of experimental studies to verify the adequacy of the proposed dependence to determine the velocity of the **impulsed high-speed water jet** at which the destruction of the building **construction**, which includes the fluid density and the compressive strength of the material.

Keywords: rescue works, destruction, device of hydroimpulsive destruction, **high-speed water jet**, building construction.