

## ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ У ШВИДКОСПОРУДЖУВАЛЬНИХ ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ МОДУЛЬНОГО ТИПУ

Гетун Г. В.<sup>1</sup>, Безклубенко І.С.<sup>2</sup>, Ботвіновська С. І.<sup>3</sup>, Кузьміч О. І.<sup>4</sup>, Соломін А. В.<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
<sup>5</sup>НТУ України «Київський політехнічний інститут» ім. І.Сікорського  
E-mail: <sup>1</sup>galinagetun@ukr.net, <sup>2</sup>i.bezklubenko@gmail.com, <sup>3</sup>botvinovska@ua.fm,  
<sup>4</sup>kuzok@ukr.net, <sup>5</sup>a.solomin@kpi.ua

Аналіз результатів бойових дій російсько-української війни свідчить, що найнебезпечнішим засобом вогневих уражень є крилаті та балістичні ракети (КР і БР), які мають великий радіуси та ударно-вибухові впливи [1, 2, 5]. Найбільш ефективним способом захисту населення є проектування і зведення споруд цивільного захисту, а українських військових – фортифікаційні споруди [7, 13, 14]. Досвідом підтверджено, що укриття людей в захисних спорудах забезпечує ефективне зниження ступеню ураження та зберігає життя і здоров'я людей від надзвичайних ситуацій [6, 8, 11, 12].

Захисні споруди цивільного захисту населення найраціональніше розміщувати в підвальних і цокольних поверхах будівель і споруд. У випадках існуючої забудови населених пунктів, розташовується об'єктів у складних гідрогеологічних умовах тощо доцільно проектувати і зводити швидкосторуджувальні захисні споруди модульного типу (ШЗСМТ). Такі споруди повинні забезпечувати захист від: дії надмірного тиску у фронті повітряної ударної хвилі, не менше ніж 100 кПа; місцевої та загальної дії звичайних засобів ураження (стрілецької зброї, уламків ручних гранат, артилерійських боєприпасів та авіаційних бомб); дії отруйних речовин, радіоактивних речовин і бактеріальних засобів; дії проникаючої радіації, зі ступенем послаблення 1000 ( $K_3 = 1000$ ); теплового впливу під час виникнення пожеж.

Несучі та огорожувальні конструкції ШЗСМТ модульного типу, їх окремі конструкції (блок-модулі) потрібно проектувати й виготовляти з матеріалів, які забезпечують дотримання нормативних вимог щодо міцності, надійності та безпечної експлуатації змонтованої споруди. Найкраще використовувати бетон, залізобетон і сталеві фібробетон, які є негорючими матеріалами і відповідають вимогам протипожежних норм і правил [9, 10]. Для зведення ШЗСМТ модульного типу використовуються такі спеціальні конструкції: технічний блок-модуль (для розміщення спеціального обладнання та

інженерно-технічних систем); блок-модуль (для розміщення осіб, що підлягають укриттю); комбінований блок-модуль (для розміщення осіб, що підлягають укриттю, та для розміщення спеціального обладнання й інженерно-технічних систем).

Монтування (складання) окремих блок-модулів ШЗСМТ у готову до використання ЗСМТ потрібно здійснювати з використанням з'єднань, що забезпечують їх надійність, швидкість та простоту монтування, конструктивну стійкість, жорсткість та міцність усієї споруди, а також її герметизацію. Перевагу треба надавати болтовим з'єднанням та негорючим засобам герметизації.

Конструктивні системи і схеми ШЗСМТ модульного типу повної заводської готовності, окремих конструкцій (блок-модулів) та зведених з них споруд повинні забезпечувати їх міцність, стійкість, просторову жорсткість, а також герметичність. Рекомендовано застосовувати об'ємно-блокову конструктивну систему із залізобетонних об'ємних конструкцій заводського виготовлення, або складену з окремих конструкцій у вигляді коробки з жорсткими вузлами.



**Рис. 1. Швидкоспоруджувальна захисна споруда модульного типу (ШЗСМТ)**

Горизонтальне динамічне навантаження від дії повітряної ударної хвилі на елементи зовнішніх стін змонтованої ШЗСМТ, розміщеної на поверхні землі, повинно сприйматися вертикальними контрфорсами, закріпленими до зовнішніх несучих елементів стін

(рис. 1). Контрфорси встановлюють по всьому периметру споруди. Кріплення контрфорсів, для забезпечення можливості їх демонування, перевезення та подальшого монтування на новому місці, треба виконувати з використанням болтових з'єднань [11, 12].

Рекомендовано заглиблювати у котлован ШЗСМТ модульного типу з насипанням захисного шару ґрунту, для досягнення нормативних і підвищення їх захисних властивостей. Визначення необхідної товщини шару ґрунту здійснюють з дотриманням вимог ДБН В.2.2-5 [11]. У разі розміщення ШЗСМТ на поверхні землі досягнення необхідних захисних властивостей здійснюють: насипанням брустверів; встановленням габіонів; обкладанням залізобетонними або бетонними блоками чи панелями; облаштуванням багатшарових захисних екранів; комбінованим способом з використанням зазначених вище матеріалів і технологій.

Основні несучі конструкції ШЗСМТ повинні витримувати всі види статичних і динамічних навантажень і впливів від можливих вибухів і детонації, які можуть викликати зміну зусиль розтягування в процесі експлуатації таких споруд. Вплив ударних і знакозмінних навантажень призводить до утворення тріщин в бетонних конструкціях та їх подальше руйнування. Сучасні наукові досягнення в теорії міцності свідчать, що висока конструктивна ефективність будівельних матеріалів досягається створенням композицій з декількох матеріалів, які покращують властивості таких композиційних матеріалів на сприйняття особливих навантажень, наприклад залізобетон і сталеві фібробетон [3, 15, 16].

Сталеві фібробетон – це композитний матеріал, утворений матрицею з дрібнорозмірного бетону, який підсилений сталевими волокнами довільної орієнтації.

Сталеві фібробетон має ряд переваг у порівнянні з бетоном і залізобетоном: кращий опір утворенню і розвитку мікро- і макротріщин, більшу витривалість на вібраційні та ударні впливи і впливи високих температур, більш високі в'язкість і пружність тощо. Крім того використання сталеві фібробетону спрощує технологію виготовлення конструкцій через суміщення в єдиний процес армування і виготовлення бетону, його укладання та ущільнення [4, 15, 16].

Для збільшення міцності нормальних і нахилених перерізів, а також зменшення деформативності сталеві фібробетонних конструкцій доцільно використовувати комбіноване армування. В таких випадках наряду з фібрами використовується дротяна, стрижньова ненапружена або попередньо напружена арматура.

Дослідження підтверджують [16], що міцність сталевібробетону на стискання несуттєво перевищує відповідну міцність бетонної матриці. Тому з метою економії сталі в ряді конструкцій захисних споруд, з чітко вираженими стиснутими і розтягнутими зонами які працюють на згинання, позацентрове стискання і позацентрове розтягнення, пропонується вводити сталевібробетон тільки в розтягнуті зони конструкцій. При цьому висоту шару сталевібробетону можна змінювати в залежності від вимог міцності, тріщиностійкості та деформативності конструкцій.

Висновки. Таким чином, для захисту населення від впливу небезпечних чинників та дії засобів ураження, які виникають внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів необхідно проектувати швидкосторуджувальні захисні споруди модульного типу із збірного або монолітного залізобетону, підсиленого шарами сталевібробетону в розтягнутих зонах. Такі багат шарові конструкції здатні чинити опір вибуховим впливам без прогресуючого колапсу та появи каскадної послідовності пошкоджень суміжних конструкцій. Залізобетонні конструкції, підсилені шарами сталевібробетону мають велику масу, що покращує їх інерційний опір. Для таких багат шарових конструкцій характерна пропорційна пластичність, яку можна регулювати змінами об'ємного відсотку армування сталевими фібрами.

### **Література**

1. Волощенко О. І., Косенко В. С., Ковбаса О. Ю., Черних І. В., Капля І. О. Методичний підхід щодо визначення стійкості конструкцій покриття польових фортифікаційних споруд до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2023. – вип. 111, 178-187.
2. Гетун Г. В., Куліков П. М., Плоский В. О., Чернишев Д. О. Конструкції будівель і споруд. Книга 2. Нежитлові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів. / Гетун Г. В., Куліков П. М., Плоский В. О., Чернишев Д. О. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2023 р. – 900 с.
3. Гетун Г.В. Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель / Гетун Г. В., Буценко Ю. П., Баліна О. І., Безклубенко І. С., Соломін А. В. // Опір матеріалів і теорія споруд: Наук.-техн збірник. – К.: КНУБА, 2019. №102. – с. 243-252.

4. Getun G. V., Balina O. I., Butsenko Y. P., Labzhynsky V. A., Bezklubenko I. S., Solomin A. V. Situation forecasting and decision-making optimization based on using markov finite chains for areas with industrial polutions // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук.-техн. збірник. - К.: КНУБА, 2020. – Вип. 104. 164 -175

5. Гетун Г. В., Безклубенко І. С., Соломін А. В., Баліна О. І. Особливості об'ємно-планувальних рішень захисних споруд цивільного захисту // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2023. – Вип. 67, с. 216-225.

6. Гетун Г. В., Колякова В. М., Соломін А. В., Безклубенко І. С. (2022). Особливості проектування сталевих сейсмостійких конструкцій висотних будівель // Будівельні конструкції. Теорія і практика: Наук.–техн. збірник. К.: КНУБА, 11, 18-32.

7. Гетун Г. В., Колякова В. М., Соломін А. В., Безклубенко І. С. Конструктивні рішення вибухостійких будівель з приміщеннями цивільного захисту населенняч // Будівельні конструкції. Теорія і практика: Наук.–техн. збірник. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 13. 27-35.

8. Гетун Г. В., Баліна О. І., Безклубенко І. С., Ботвіновська С. І., Соломін А. В. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення захисних споруд цивільного захисту населення // Наука та освіта: Наук.-техн. озбірник. – XVIII Міжнародної наукової конференції в м. Хайдусобосло, Угорщина, 2024 р. – с. 55-62

9. ДБН В.1.1-7-2016. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 41 с.

10. ДБН В.1.2-7-2021 Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – К.: Мінрегіонбуд України, 2022. – 13 с.

11. ДБН В.2.2.5:2023 Технічні норми, правила і стандарти. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони. – К.: Мінрегіонбуд України, 2022. – 133 с.

12. ДСТУ 9195:2022 Швидкоспоруджувальні захисні споруди цивільного захисту модульного типу. Основні положення. – К.: ДП «Укр НДНЦ», 2023. – 12 с.

13. Іванченко Г. М., Гетун Г. В., Безклубенко І. С., Соломін А. В. Вплив вибухових навантажень на будівлі та споруди цивільного захисту населення // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2023. – вип. 111, с. 108-117.

14. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга 5. Промислові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2020 р. – 820 с.

15. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Конструкції будівель і споруд. Книга 1: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – К.: Видавництво «Ліра-К». 2021 р. – 820 с.

16. Лисенко Є. Ф., Гетун Г. В. Проектування сталевіробетонних конструкцій: Навчальний посібник / Лисенко Є. Ф., Гетун Г. В. – К.: УМК ВО. 1989 р. – 184 с.

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УСТАЛЕНОГО ПОТОКОРОЗПОДІЛУ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕРЕЖІ**

*Безклубенко І.С.<sup>1</sup>, Гетун Г.В.<sup>2</sup>, Баліна О.І.<sup>3</sup>, Буценко Ю.П.<sup>4</sup>, Сновида В.Є.<sup>5</sup>*

*<sup>1,2,3</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,*

*<sup>4</sup>НТУ України «КПІ» ім. І. Сікорського,*

*<sup>5</sup>Військовий інститут телекомунікації та інформатизації,*

*<sup>1</sup>i.bezklubenko@gmail.com, <sup>2</sup>galinagetun@ukr.net, <sup>3</sup>elena.i.balina@gmail.com,*

*<sup>4</sup>armchairdoc@ukr.net, <sup>5</sup>Eviktoria@bigmir.net*

Інженерні мережі можуть бути класифіковані за природою транспортованої рідини, природою спожитого цільового продукту, інженерному обладнанню мережі, її конструкції і структурі графа мережі:

- за природою транспортованої рідини мережі можна розділити на практично нестисливі в мережі рідини (теплопостачання водою, водопостачання, каналізація, вентиляція і паропроводи низького тиску) і стисливі рідини (вентиляція і паропроводи високого тиску);

- за природою спожитого цільового продукту можна розділити на споживаючі газ (газопостачання), рідину (водопостачання, каналізація), теплову енергію (опалення), рідину і теплову енергію (гаряче водопостачання сумісно з опаленням);