

УДК 69.699.88

## ЩОДО РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ НАПІВЗАГЛИБЛЕНИХ ТА ЗАГЛИБЛЕНИХ БУНКЕРІВ ТА БОМБОСХОВИЩ

Зезюков Д. М.<sup>1</sup>, к. т. н., доц., Махінько М. М.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,  
<sup>1</sup> denis.zezjukov@pgasa.dp.ua;  
<sup>2</sup> Kolia2785@gmail.com

**Постановка задачі.** На даний час спостерігається гостра необхідність науково-практичних розробок щодо проектування напівзаглиблених або заглиблених бункерів та бомбосховищ вважачи на бойові дії в країні. Діючи норативні документи містять в собі тільки загальні положення щодо необхідності врахування окремих факторів при проектуванні бункерів та бомбосховищ, тому задача розробки раціональних конструктивних рішень заглиблених та напівзаглиблених бункерів та бомбосховищ є актуальною проблемою для віх територій країни.

**Ціль дослідження.** Аналіз деяких аспектів закордонної практики проектування напівзаглиблених або заглиблених бункерів та бомбосховищ, а також виявлення раціональних конструкцій та елементів на основі розрахунків методом кінцевих елементів та аналітичних методів.

**Головні результати.** Ґрунтуючись на матеріалах практичних досліджень «Центру підземного простору, США» [1], а також на матеріалах досліджень методом цінцевих елементів та аналітичних методів виконаних авторами отримані наступні дані: В якості конструктивних матеріалів напівзаглиблених (обвалованих) споруд можна використовувати армовану і неармовану цегляну кладку, причому з практичного боку не є доцільним використання порожнистої цегли, щоб уникнути попадання ґрунтових вод в порожнечі; Кладку в поєднанні із залізобетоном (багат шарова кладка) і з залізобетонним каркасом. При використанні в заглиблених сховищах збірних блоків або неармованої кам'яної кладки в стінах заввишки  $H = 2\ 500$  мм, стійкість буде забезпечена лише з важким покриттям у разі відсутності або мінімального насипу зверху. Максимальний момент при повному заглибленні стіни зростає у кубічній залежності від висоти стіни, тому висота стін, що засипається ґрунтом, повинна бути мінімальною з метою зменшення вартості конструкцій. Якщо плита підлоги та покриття запроектовані, як розкріплювальні та підсилювальні елементи для стін, засипку стін слід проводити лише після монтажу покриття та плити підлоги. Максимальна висота при звичайному покритті може становити 1 800...2 000 мм.

При виборі конструктивних елементів заглиблених одноповерхових бункерів та бомбосховищ раціональна заміна плоских елементів (стіл, покриттів, фундаментів) на криволінійні. Оптимальною конструкцією покриття є система, що забезпечує сприйняття збільшеного тиску в порівнянні з тиском на покриття наземних будівель, а також дозволяє влаштувати гідроізоляцію водовідведення поверхневих ґрунтових вод. Більшою мірою цим вимогам задовольняють покриття у вигляді оболонки (шатрових, гіперболічних параболоїдів та інших), а також із збірних плит у формі подвійного Т та коробчатого настилу. Просторові конструкції ускладнюють влаштування покрівлі, обвалування має значну товщину. Планування внутрішніх приміщень має враховувати кривизну покрівлі. Разом з тим, просторові конструкції сприймають великі розподілені навантаження на покриття при меншій витраті матеріалів, тому можливо збільшити розмір прольотів без внутрішніх опор, який у стандартних рішеннях становить 3 000...3 500 мм.

Для напівзаглиблених конструкцій раціонально застосування збірно-монолітного залізобетону з незнімною опалубкою із тонкостінних фібробетонних елементів. Найбільше зниження матеріаломісткості незнімної опалубки можна досягти з використанням тонкостінних елементів із фібробетону (20...30 мм).

При влаштуванні покриттів та стін із просторових конструкцій ускладнюється виконання гідро- та теплоізоляції на криволінійній поверхні, проте конструкції вузлів залишаються без змін. Полегшується видалення поверхневих ґрунтових вод із покриття, тому дренаж можна влаштовувати лише по периметру фундаменту.

Товщина стін та покриття визначається виходячи з розрахунку на забезпечення міцності, тріщиностійкості при дії горизонтальних навантажень та попадання уламків гранат та прямого кульового попадання [3].

**Висновок.** Щодо загальних рекомендацій з раціонального проектування напівзаглиблених та заглиблених бункерів та бомбосховищ з використанням різних матеріалів можна віднести наступне:

**Стіни бомбосховищ з неармованої кладки:**

- напруги, що виникають у розчині – це найбільш критичний параметр, тому навантаження на стіни від засипаної покрівлі або будь-яких наземних споруд дуже впливає на проектні рішення;

- кладка стіни зі змінним перетином найбільш ефективна;

- найбільша допустима глибина за відсутності додаткових вертикальних навантажень, близько 1,5 м;

- при використанні 300 мм бетонних або кам'яних блоків неармовані стіни одноповерхового заглибленого бункера або бомбосховища заввишки 2,5 м стійкі лише за дуже важкого покриття. Для неармованих стін граничною має бути глибина до підшви фундаменту близько 1,8 м;

- максимальне відношення висоти або довжини стіни до її товщини становить 18. Тому при кладці з 300 мм блоків несучі перегородки або пілястри слід влаштовувати через кожні 5,4 м.

**Стіни бомбосховищ з армованої кладки:**

- армування кладки здійснюється для підвищення стійкості на розтягнення. Арматурні стрижні встановлюють у порожнинах, що зашпаровуються розчином М200;

- армовану кладку з 300 мм блоків можна застосовувати для будівництва як одноповерхових, так і двоповерхових бомбосховищ, оскільки стіни можуть сприймати навантаження від перекриття першого поверху, в той же час перекриття є розпіром для стін, що знаходяться під тиском ґрунту;

- максимальне відношення висоти або довжини посиленої стіни до її товщини становить 25:1.

- мінімальна площа армування, за вертикальним та горизонтальним напрямками (загальна площа арматури), має бути не менше 0,2% площі найбільшого перерізу стіни, за іншими напрямками площа мінімального армування має бути не менше 0,07 % перетину стіни;

- додаткове армування прорізів потрібне, якщо їх розмір більше 60 см.

**Стіни бомбосховищ з монолітного бетону:**

- для забезпечення водостійкості бетону заглиблених стін максимальне водоцементне відношення має бути 0,48. Більш щільний і водостійкий бетон можна отримати за низького значення водоцементного відношення і вібрації під час укладання;

- мінімальна рекомендована товщина цокольних стінок 200 мм;

- за високої концентрації сульфатів у ґрунті слід застосовувати сульфатостійкий цемент;

- якщо в бетон замоноличуються труби (наприклад, для системи опалення), то температура середовища в них не повинна перевищувати 65 °С, а тиск 1,4 МПа. Не рекомендується замоноличувати дюралеві труби. Площа перерізу труб без спеціального розрахунку не повинна перевищувати 4 % площі розрахункового перерізу конструкції. Труби в бетоні слід перевірити перед замоноличуванням на тиск протягом 4 годин. Ця вимога не відноситься до дренажних труб та труб, що працюють при тиску < 0,007 МПа.

#### **Стіни бомбосховищ із монолітного залізобетону:**

- монолітний залізобетон можна використовувати для заглиблених укриттів будь-якої поверховості;

- дозволяється застосовувати різні типи армування;

- для більшості заглиблених укриттів товщина стінок може бути 200 мм;

- мінімальна товщина стіни при діаметрі арматурних стрижнів 16 мм і більше має бути 50 мм, а при діаметрі стрижня менше 14 мм – 40 мм;

- мінімальна товщина стіни при замоноличуванні арматури безпосередньо в ґрунті приймається 100 мм;

- вартість монолітного залізобетону зі збільшенням глибини зростає ненабагато, значно підвищується лише вартість арматури.

#### **Стіни бомбосховищ зі збірного залізобетону:**

- збірні залізобетонні конструкції можна використовувати як для одноповерхових, так і для двоповерхових сховищ;

- зі збільшенням висоти бункера вартість зростає незначно, оскільки трудовитрати на 1м<sup>2</sup> стіни зменшуються.

### **Список використаних джерел**

1. Sterling R., Carmody J., Ellison T. and oth. Underground Space Center at the University of Minnesota. Earth sheltered housing design. Minneapolis, USA, 1985. 125 p.

2. ДБН В.2.2-5-97. Будинки споруди. Захисні споруди цивільної оборони. Київ : Держкоммістобудування України, 1998. 104 с.

3. Матеріали лекції автора. URL: <https://teams.microsoft.com/#/school/conversations/thread.tacv2&ctx=channel>