

**Петрович В.В.**, канд. техн. наук, **Каськів В.І.**, канд. техн. наук, **Каськів С.В.**,  
**Петрович І.В.**

## МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГАБІОНОВИХ ПІДПІРНИХ СТІН

**Анотація.** Світовий досвід використання габіонових конструкцій, понад століття, переконливо свідчить про ефективність і надійність таких споруд. Запропонований метод розрахунку габіонових підпірних стін.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, габіон, габіонова конструкція, підпірна стіна.

**Аннотация.** Мировой опыт использования габионов конструкций, более века, убедительно свидетельствует об эффективности и надежности таких сооружений. Предложенный метод расчета габионов подпорных стен.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, габион, габионовая конструкция, подпорная стена.

**Annotation.** International experience using structures of gabions over a century, clearly shows the effectiveness and reliability of such structures. The calculation method retaining walls of gabions proposed.

**Keywords:** road, gabion, the construction of gabions, retaining wall.

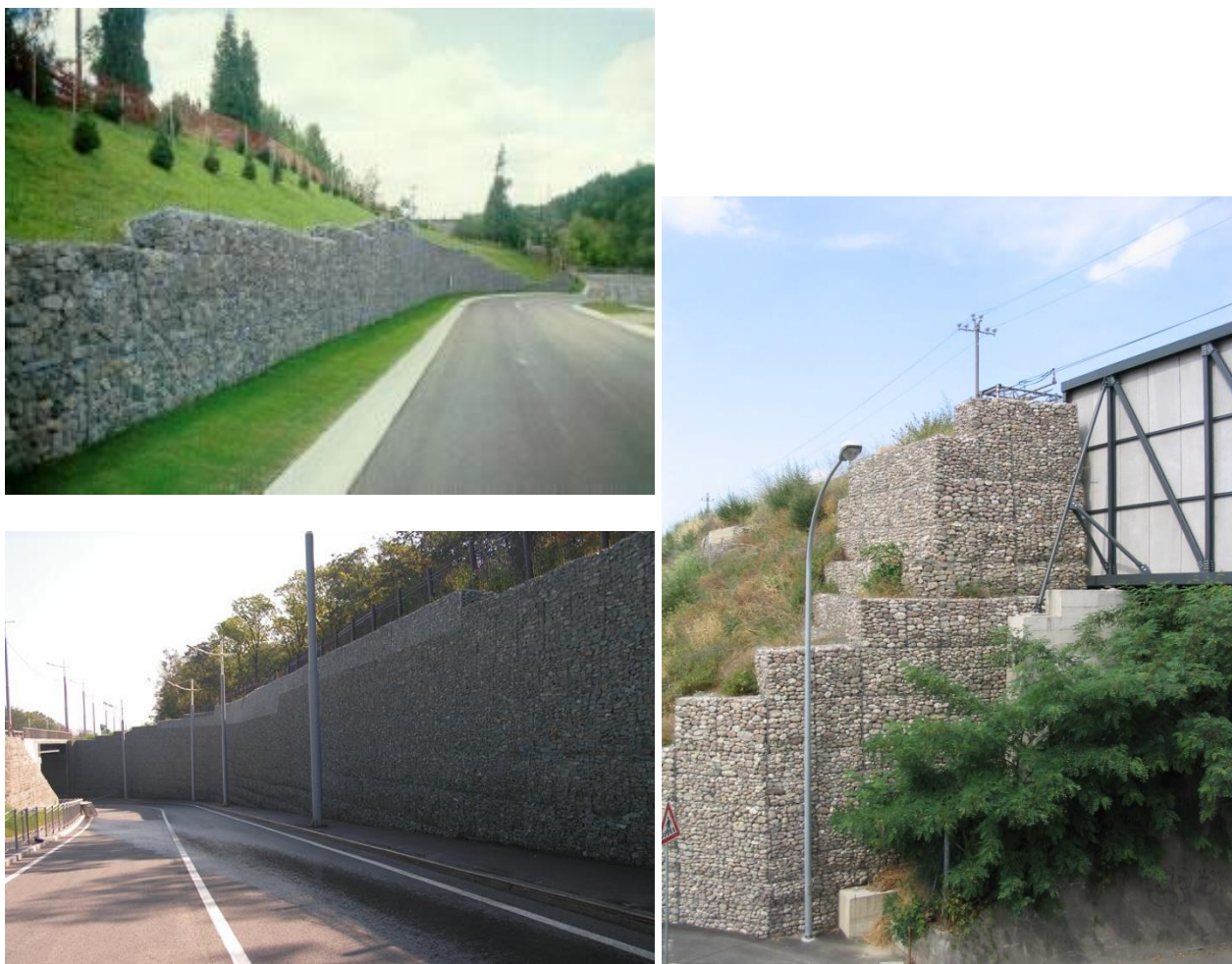
### Вступ

У світовій практиці габіонові конструкції застосовуються понад 100 років. Перша споруда з габіонів була побудована у 1894 році на ріці Рено в містечку Козаляціо де Рено, недалеко від м. Болоньї. Основне їх призначення, на початку використання, було укріплення берегів річок і водотоків. Зараз ці конструкції використовують для влаштування водовідвідних, регуляційних та інших дорожньо-мостових споруд, а також укріплення укосів насипів, виїмок або природних схилів, як у цивільному, так і дорожньому і залізничному будівництві.

Габіон – це об'ємний сітчастий контейнер, наповнений камінням із щільних гірських порід. Іншими словами, габіонова конструкція – це гравітаційна споруда з оцинкованої звичної сітки заповненої природним каменем, яка має просторову коробчату (циліндричну) конструкцію.

Їх застосування і на теперішній час є актуальним, у світлі універсальності конструктивних рішень із використання габіонів та відносної їх доступності і простоти технології збирання як габіонів, так і споруд із них.

Аналіз сучасних нормативних документів і технічних джерел свідчить, що на теперішній час в Україні в дорожній галузі відсутні норми, окрім [1], які б регламентували розрахунок підпірних стін із застосуванням габіонів, хоча ці конструкції дуже часто, з успіхом, застосовують при будівництві чи реконструкції автомобільних доріг (рис. 1).



**Рисунок 1** – Приклад використання габіонових підпірних стін

Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах наведені у відповідному альбомі 89–2000.РУС [2], укріплення берегів річок і

водоєм регламентовані у ВБН В.2.4-33-2.3-03 [3] і [4], для залізниць розроблені тимчасові технічні вказівки [5].

### **Основна частина**

Габіонові конструкції для укріплення укосів, посилення, стабілізації і захисту земляного полотна від небезпечних природно-техногенних процесів є габіоновими підпірними стінками з армуючою панеллю із металевої сітки між габіонами або без неї і їх можна віднести до масивних підпірних стін гравітаційного типу.

Габіонові підпірні стінки – призначені для підтримання земляного укосу або схилу при крутизні значно більшій за кут природного укосу.

Габіонові підпірні стінки можна влаштовувати:

- при необхідності зменшення смуги відведення при будівництві;
- при реконструкції та капітальному ремонті з розширенням земляного полотна автомобільних доріг;
- при ремонті зсувів укосів та схилів рельєфу смуги відведення;
- при спорудженні насипів у гірській місцевості з метою забезпечення їх стійкості.

Проектування габіонових підпірних стінок включає конструювання (призначення геометричних розмірів стінки та габіонів, кількості габіонів тощо) і розрахунки їх за двома групами граничних станів. Геометричні розміри, що призначені на етапі конструювання, уточнюються подальшими розрахунками.

Розрахунок за першою групою граничних станів (за втратою несучої здатності, включає повну втрату стійкості або значні пошкодження) передбачає виконання розрахунків на:

а) загальну стійкість (зовнішня стійкість)

- загальну стійкість укосу насипу із підпірною стіною за круглоциліндричною поверхнею ковзання;
- стійкість положення стіни проти зсуву по основі;
- стійкість положення стіни проти перекидання;
- міцність ґрунтової основи;

б) внутрішню стійкість:

- зсув одних габіонів відносно інших;
- розрив каркаса габіона (міцність габіона, як конструктивного елемента).

Розрахунок за другою групою граничних станів (непридатність до нормальної експлуатації) включає перевірку на допустимі деформації при експлуатації споруди.

Усі розрахунки повинні виконуватись із використанням розрахункових значень характеристик ґрунтів, матеріалів і навантажень, які отримують шляхом множення або ділення нормативного або номінального значення величини на відповідний коефіцієнт надійності.

Розрахункові значення характеристик ґрунтів  $X_d$  визначають за формулою:

$$X_d = X_n / \gamma_g, \quad (1)$$

де  $X_n$  – нормативне значення характеристики;

$\gamma_g$  – коефіцієнт надійності по ґрунту.

Згідно з ДБН В.2.1-10 [6] розрахункові значення характеристик ґрунтів у цьому випадку слід приймати при значеннях коефіцієнтів надійності по ґрунту:

- у розрахунках основ за деформаціями  $\gamma_g = 1,00$ ;
- у розрахунках основ за несучою здатністю:
  - для питомого зчеплення  $\gamma_{g(c)} = 1,5$ ;
  - для кута внутрішнього тертя:
    - пісків  $\gamma_{g(\phi)} = 1,10$ ;
    - глинистих ґрунтів  $\gamma_{g(\phi)} = 1,15$ .

Розрахункові значення параметрів матеріалів визначають за формулою:

$$R_{ds} = \frac{R_{ns}}{\gamma_m}, \quad (2)$$

де  $R_{ds}$  і  $R_{ns}$  – розрахункове і номінальне значення міцності сітки на тимчасовий опір на розрив;

$\gamma_m$  – коефіцієнт надійності по матеріалу, для розрахунків приймають  $\gamma_m = 1,25$ .

Розрахункові значення сил:

$$F_d = \gamma_f \cdot F_n, \quad (3)$$

де  $F_d$  і  $F_n$  – розрахункове і номінальне значення сили;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Згідно з ДБН В.1.2-2 [7] коефіцієнт надійності за навантаженням для ваги конструкцій і ґрунтів:

- конструкції із каменю й армокаменю  $\gamma_f = 1,10 (0,90)$ ;
- ґрунти в природному заляганні  $\gamma_f = 1,10 (0,90)$ ;
- ґрунти насипні  $\gamma_f = 1,15 (0,90)$ .

Значення у дужках слід використовувати для перевірки стійкості конструкції на перекидання, а також в інших випадках, коли зменшення ваги конструкцій і ґрунтів може погіршити умови роботи конструкції

Згідно з ВСН 167 [8] коефіцієнт надійності за навантаженням:

- для колон автомобілів  $\gamma_f = 1,40$ ;
- від транспортних одиниць  $\gamma_f = 1,10$ .

#### *Стійкість укосу насипу разом із спорудою*

Оцінюють стійкість укосів насипів в окремих її перетинах як для повної висоти укосу (загальна стійкість), так і для окремих частин укосів (місцева стійкість).

Згідно з ДБН В.1.1-24 [9] критерієм стійкості схилів (укосів) для найнебезпечнішої призми обвалення є умова:

$$\gamma_{fc} \cdot T \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \quad (4)$$

де  $\gamma_{fc}$  – коефіцієнт сполучення навантажень;

$T$  – розрахункове значення узагальненої зсувної дії на призму обвалення, що визначається з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням  $\gamma_f$ , кН;

$\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_n$  – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) споруди;

$R$  – розрахункове значення узагальненого опору ґрунтового масиву зсувній дії на призму обвалення, визначене з урахуванням коефіцієнта надійності по ґрунту, кН.

При пошуку небезпечної поверхні сповзання призми обвалення визначається коефіцієнт запасу стійкості, який повинен бути більшим або дорівнювати нормативному коефіцієнту запасу стійкості  $K_{st}$  що відповідає настанню граничного стану рівноваги:

$$K_{st} = \frac{R}{T} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c} = [K_{st}] \quad (5)$$

де  $\gamma_n = 1,25$  згідно з ДБН В.1.1-24 [9], ДБН В 1.2-14 [10], ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [11], для доріг державного значення ( I – III категорії);  $\gamma_n = 1,10$  для доріг IV – V категорії;

$\gamma_{fc} = 1,00$  (поєднання навантажень – основне) згідно з [9];

$\gamma_c = 0,95$  (наближені методи розрахунку) згідно з [9];

$[K_{st}]$  – допустима величина, коефіцієнта стійкості.

#### *Стійкість габіонової стіни проти зсуву по основі*

Стійкість стіни проти зсуву по поверхні основи, з врахуванням положень ДБН В.1.1-3 [12], ДБН В 1.1-24 [9] і СНиП 2.09.03 [13], буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st\_зсув} \geq [K_{st}] , \quad (6)$$

$$K_{st\_зсув} = \frac{R_{зсув}}{T_{зсув}} \quad (7)$$

де  $R_{зсув}$  – узагальнені утримуючі сили при зсуві, кН/м;

$T_{зсув}$  – узагальнені сили зсуву, кН/м;

$$R_{зсув} = N \cdot f + c \cdot B, \quad (8)$$

$$T_{зсув} = E_{зсув} + F_{q_{зсув}}, \quad (9)$$

де  $E_{зсув}$  – максимальна величина горизонтальної складової активного тиску  $E_{ah}$  або зсувного тиску  $E_n$ , кН/м;

$F_{q_{зсув}}$  – сила зсуву від транспортного навантаження, що розташоване на поверхні призми зсуву, кН/м

#### *Стійкість габіонової стіни проти перекидання*

Стійкість стіни проти перекидання забезпечується при виконанні умови:

$$K_{st\_п} \geq [K_{st}]. \quad (10)$$

$$K_{st\_п} = \frac{M_{утр}}{M_{п}}, \quad (11)$$

де  $M_{утр}$  – момент утримуючих сил, кН·м/м;

$M_{п}$  – момент сил, що діють на перекидання стінки, кН·м/м.

#### *Міцність ґрунтової основи*

Розрахунок фундаментів за несучою здатністю основи згідно з ДБН В.2.1-10 [6] виконують виходячи з умови:

$$\sigma \leq \sigma_u, \quad (12)$$

де  $\sigma = F / (b l)$ ;

$F$  – розрахункове навантаження на основу;

$b, l$  – розміри в плані (ширина і довжина) сторін фундаменту;

$\sigma_u$  – напруження, що відповідає межі несучої здатності основи.

Міцність ґрунтової основи габіонової стіни буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st\_o} \geq [K_{st}], \quad (13)$$

$$K_{st-o} = \frac{[\sigma]}{\sigma_v}, \quad (14)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_o}, \quad (15)$$

де  $[\sigma]$  – допустимий тиск, під подошвою габіонової стіни, кПа;

$\sigma_v$  – максимальне вертикальне напруження, що діє в основі габіонової стіни, кПа;

$\gamma_o$  – коефіцієнт надійності по основі,  $\gamma_o = 3,0$ ;

#### *Перевірка на зсув конструктивних елементів стінки*

До розрахунку приймають всі можливі горизонтальні поверхні зсуву на межі габіон-габіон по висоті підпірної стінки. Розрахунок виконують аналогічно до розрахунку стійкості підпірної стінки проти проковзування по ґрунту основи.

При розгляді круглоциліндричної поверхні ковзання, що проходить через габіони підпірної стінки, розрахунки виконують за (4).

В'язальний дріт, яким з'єднують габіони між собою у розрахунках не враховують, його міцність на розрив іде у запас міцності конструкції.

#### *Перевірка на міцність конструктивних елементів стінки*

Міцність сітки габіона на розрив забезпечується при виконанні умови:

$$T_{dg} < R_d, \quad (16)$$

де  $T_{dg}$  – розрахункове максимальне розтягуюче зусилля в сітці габіона від дії ваги конструкції, кН/м;

$R_d$  – розрахункова міцність сітки габіона на тимчасовий опір на розрив, кН/м.

### **Висновок**

Світовий досвід використання габіонових конструкцій, понад століття, переконливо свідчить про ефективність і надійність таких споруд. Запропонований метод розрахунку габіонових підпірних стін дозволить більш обґрунтовано приймати проектні рішення із застосування цих конструкцій.



## Література

1. Р В.2.3–218–02070915–697:2007. Рекомендації із застосування габіонових конструкцій у дорожньому будівництві. – К.: Укравтодор, 2007. – 39 с.
2. Альбом. Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах. 89–2000.РУС. – І-Ф.: Державна служба автомобільних доріг України, 2002. – 149 с.
3. ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Регулювання русел річок. Норми проектування. – К.: Державний комітет України по водному господарству, 2000. – 150 с.
4. Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габійонні конструкції протиерозійних споруд. Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. “Регулювання русел річок. Норми проектування”. – К.: ВАТ «Укрводпроект», 2006. – 29 с.
5. Тимчасові технічні вказівки із застосування габійонів для підсилення земляного полотна залізниць. – К.: [Б.В.], 2007. – 45 с.
6. ДБН В.2.1-10-2009. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 77 с.
8. ВСН 167-70. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. – М.: Минтрансстрой СССР, 1970. – 56 с.
9. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 73 с.
10. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009 – 48 с.
11. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 (СНиП 3.02.01-87, MOD). Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів. – К.: Мінрегіон України, 2013 – 40 с.
12. ДБН В.1.1-3-97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів і обвалів. Основні положення. – К.: Держбуд України, 1998 – 47 с.
13. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 101 с.