

**ЗАКРІПЛЕННЯ СТІНОК ЗАХИСНИХ СПОРУД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ  
ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ****Михайловська О.В.**, к.т.н., с.н.с.,*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

emikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID:0000-0001-7451-3210

**Олексієнко О.Б.**, к.т.н.*Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»*

mb-elena@ukr.net, ORCID:0000-0002-5329-2217

**Анотація.** Проведено аналіз методів закріплення стінок споруд для захисту від уражуючих факторів. Наведено класифікацію методів захисту стінок фортифікаційних споруд від обвалів при дії динамічного навантаження. Обґрунтовано переваги та недоліки відомих способів захисту стінок захисної споруди. З запропонованих розрахунків впливає, що при закріпленні стінок фортифікаційних споруд ґрунтоцементними елементами зменшується глибина проникнення боєприпасу в захисну споруду. Розрахунки проведено за емпіричними формулами з достатнім ступенем точності. Запропоновано застосувати ґрунтоцементні елементи в якості закріплення стінок захисних споруд і з метою їх ізоляції від потрапляння ґрунтових вод.

**Ключові слова:** захисні фортифікаційні споруди, динамічне навантаження, ґрунтоцементний елемент, ґрунтоцемент.

**Вступ.** Для захисту військових в екстремальних умовах та в умовах бойових дій використовуються різні способи. Серед них укриття в захисних спорудах. Крім того, захисні споруди використовувалися для захисту військових в зонах збройних конфліктів та «гарячих точках» для розгортання пунктів життєзабезпечення аварійно-рятувальних формувань: харчування, обігріву, надання медичної та іншої невідкладної допомоги, збору потерпілих тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У широких масштабах захисні споруди були використані під час Великої Вітчизняної війни в 1941 – 1945 роках. Вони відіграли важливу роль у порятунку людей. Про ефективність застосування захисних споруд свідчать такі дані: втрати серед населення в першій половині 1942 р. склали 15% від втрат в 1941 р, а в другій половині року – не більше ніж 6%. Таким чином, з ростом забезпечення населення укриттями різко знизився відсоток людських втрат [1]. При влаштуванні захисних споруд важливим є забезпечення кріплення стінок [1 – 3]. Ю. Веремєєв наводить основні види захисту відкосів захисних споруд від обсіпання. Однак, на даний час таке кріплення має достатню кількість недоліків та переважно не забезпечує водонепроникність стінок при піднятті рівня ґрунтових вод.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** В сучасних умовах укриття людей в захисних спорудах, як спосіб захисту від небезпек в поєднанні з евакуацією зі зон ураження (забруднення) та використанням засобів індивідуального захисту, підвищує надійність захисту населення. В умовах, коли можуть бути ускладнені евакуаційні заходи з великих міст в короткі терміни, цей спосіб захисту стає єдино можливим і ефективним. Тому важливим завданням є забезпечити водонепроникність та стійкість таких споруд.

**Метою статті** є розглянути захисні споруди для захисту військових у зоні бойових дій та військових операцій, запропонувати інженерне рішення закріплення стінок захисних споруд за допомогою ґрунтоцементних елементів та обґрунтувати його ефективність.

**Матеріали та методика дослідження.** Захисні споруди в зоні бойових дій – це споруди, призначені для захисту від вражаючих факторів сучасних засобів ураження (боєприпасів зброї масового ураження), а також від вторинних факторів, що виникають при руйнуванні (пошкодженні) потенційно небезпечних об'єктів. Найпростіші укриття – це споруди, які забезпечують частковий захист від повітряної ударної хвилі, світлового випромінювання

ядерного вибуху і уламків зруйнованих будівель, захищають від негоди та інших несприятливих умов. Найпростіші укриття це щілини, землянки [2]. Такі споруди можуть бути збудовані досить швидко і на короткі терміни. Однак, якщо необхідно передбачати захист військових та населення на довгі терміни, то при проектуванні і будівництві захисних споруд необхідно передбачати найбільш економічні об'ємно-планувальні рішення з урахуванням вимог щодо їх ефективного використання.

Наприклад, споруди для спостереження відкритого типу будуються у вигляді щілини глибиною 1,4 м з примкнутим ходом і осередком для спостерігача.

Укриття для особового складу призначаються для збереження боєздатності і забезпечення захисту військ від засобів ураження на позиціях і в районах розташування.

Важливою частиною будівництва є влаштування захисту від обсіпання стінок споруд. Для влаштування покриття та «одягу крутості» щілин можуть застосовуватися лісоматеріали (колоди, накатник, жердини, дошки), хмиз, фашини з очерету, а також різні залізобетонні вироби, металопрокат та інші підручні матеріали (рис. 1).

Щілина з перекриттям з жердин або колод має місце в міцних ґрунтах.

Однак влаштування закріплення відкосів споруд з «підручних» матеріалів мають низку недоліків, серед них висока водопроникність та змочуваність в умовах розташування ґрунтових вод вище лінії днища споруди. В такому випадку виникає необхідність спорудження дренажів, будівництво яких збільшує трудомісткість робіт. При неналежному захисті від обсіпання можна звести нанівець зусилля з будівництва захисних споруд.

На даний час відомі технології ефективного захисту стінок захисних споруд від обсіпання. Наприклад, відомий спосіб закріплення стінок дерниною (родючим ґрунтом, пронизаним кореневою системою трави), в результаті чого вирізані шматки дернини мають досить значну міцність (рис. 2).

Дернина найбільш доступний, дешевий і легко використовуваний матеріал. В місцевостях, де росте трава, дернина може використовуватися і влітку і взимку. Хоча, взимку внаслідок промерзання ґрунту її використати з метою закріплення стінок фортифікаційних споруд вкрай важко.



Рис. 1. Види закріплення стінок захисних споруд

Недоліком влаштування «одягу крутості» дерниною є значне збільшення обсягу земляних робіт. Крім того, як правило, дернини знятої при викопуванні споруди для влаштування «одягу» недостатньо, і його доводиться нарізати і підвозити. Також суттєвим недоліком є те, що необхідно періодично зволожувати дернину (залежно від сухості ґрунту і погоди). Якщо відновилося зростання трави в дернину, то через нетривалий час одяг набуває міцність цільного ґрунту [3].

Відомий спосіб влаштування «одягу крутості» хмизом. Цей вид одягу крутості доцільно застосовувати в насипах, оскільки порядок робіт вимагає, щоб позаду стінки, що створюють був вільний простір. При створенні одягу крутості із хмизу спочатку встановлюється каркасна рама з жердин, після цього впритул до каркасу укладаються пучки

хмизу. Після цього починається відсипання ґрунту для утворення насипу. У міру відсипання ґрунту додаються пучки хмизу. Цей спосіб закріплення стінок споруди є трудомістким, однак не завжди ефективним.

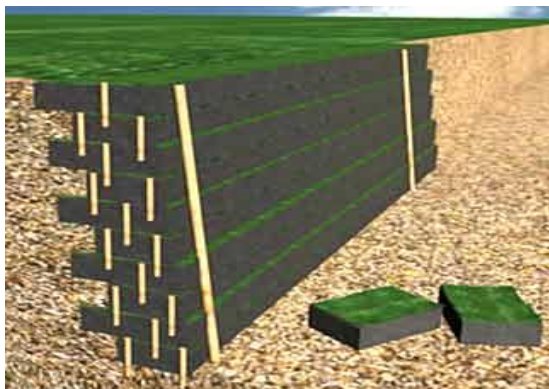


Рис. 2. Влаштування «одягу крутості» дерниною [3]

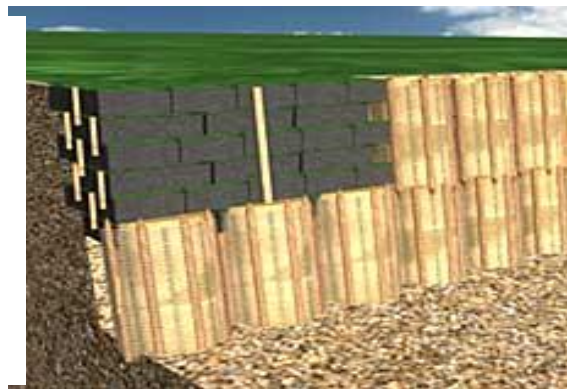


Рис. 3. Влаштування «одягу крутості» напівтурами [3]

Частіше за все закріплення стінок фортифікаційних споруд виконують із місцевих та переносних матеріалів. Цей вид «одягу крутості» для насипів і виїмок створюється аналогічно закріплення стінок споруд хмизом. Для виїмок різниця в тому, що до відтягненні кріпиться тільки верхній кінець жердин тину (відтягнення для нижньої частини тину в виїмці зробити просто неможливо). Якщо тин переносний, то його низ прив'язується до вбитих в ґрунт коротких кілків [3].

Влаштування захисту стінок споруди від обсіпання турами вважається найміцнішим. Може використовуватися як у виїмках, так і в насипах. Якщо тури ставляться в один ярус, то, як правило, анкерні палі не потрібні. Після установа турів в них засипається і утрамбується ґрунт.

Також широко застосовувалося закріплення стінок споруд напівтурами під час Великої Вітчизняної Війни. Влаштовується цей вид закріплення аналогічно закріпленню стінок відкритих споруд турами в один ярус, однак цей спосіб забезпечує економію матеріалів.

У польовий фортифікації ХІХ століття тури і напівтури застосовувалися при зведенні польових укріплень (батареї, люнети, редути) оскільки забезпечували максимальну міцність стінок насипів того часу. Вони були чи не єдиним способом укріплень стінок. Тому, що для військових того часу тин був звичним в селянському побуті виробом.

Влаштування «одягу крутості» фашинами є швидким способом особливо, якщо фашини заготовлені заздалегідь (рис. 4). За міцністю, таке закріплення майже не відрізняється від одягу турами. Нижній ряд закопується на глибину в половину свого діаметра і прибивається до основи через кожні дві перев'язки дерев'яними кілками довжиною 60 – 70 см.



Рис. 4. Влаштування «одягу крутості» фашинами [3]

Відомий метод захисту стінок земляних споруд для захисту військових в зоні бойових дій стандартними земляними мішками.

Тобто мішками, виготовленими з підкладкового полотна, що мають довжину 46 см та діаметр 23 см. Заповнений мішок важить близько 16 кг. При цьому ґрунт засипається приблизно на 3/4 його висоти. Тому, при укладанні земляного мішка він набуває плоско-овальної форми.

«Одяг крутості» з мішків із землею створюється аналогічно одягу із дернини, однак, мішки кілками не прибиваються до землі. Недоліком є те, що зазвичай військові роти не мають запасу мішків або полотна. Крім того, полотно є достатньо дорогим та швидко починає гнити

під впливом ґрунтової та атмосферної вологи [3].

При створенні вище зазначених «одягів крутостей» в першу чергу слід використовувати наявні в достатній кількості місцеві матеріали. Так хмиз замінюють соломою, очеретом сплетеними в джути. Дернину, там, де досить глини і мало трави, замінюють сирцем. Однак, пиломатеріали не розглядаються як рекомендований матеріал для спорудження захисту стінок споруд від обсіпання.

В армії США для влаштування «одягу крутості» застосовують комплект з мішковини і металевої сітки (сітка «рабиця») чим забезпечується найбільш швидке облаштування стінок бойових траншей. У комплект входять рулони мішковини, рулони металевої сітки, анкерні металеві кілки і тросові відтягнення. На місці заготовлюються тільки дерев'яні стійки. Такий спосіб влаштування «одягу крутості» є досить швидким, однак він досить не надійний при влаштування захисних споруд нижче рівня ґрунтових вод. В державах НАТО на даний час стінки траншей влаштовують вертикальними, при цьому широко застосовують в якості «одягу крутостей» з жердин, хмизу, фашин, сітки з дроту, елементів хвилястої сталі з розпірними рамами.

**Результати досліджень.** Авторами пропонується для закріплення стінок щілин, траншей застосувати ряд ґрунтоцементних паль, за відомою технологією. Її сутність полягає в тому, що під час буріння свердловин одночасно подається під тиском рідкий розчин цементу, внаслідок чого ґрунт перемішується з цементом і після його затвердіння утворюється паля, основою якої є ґрунтобетон (рис. 5) [4].

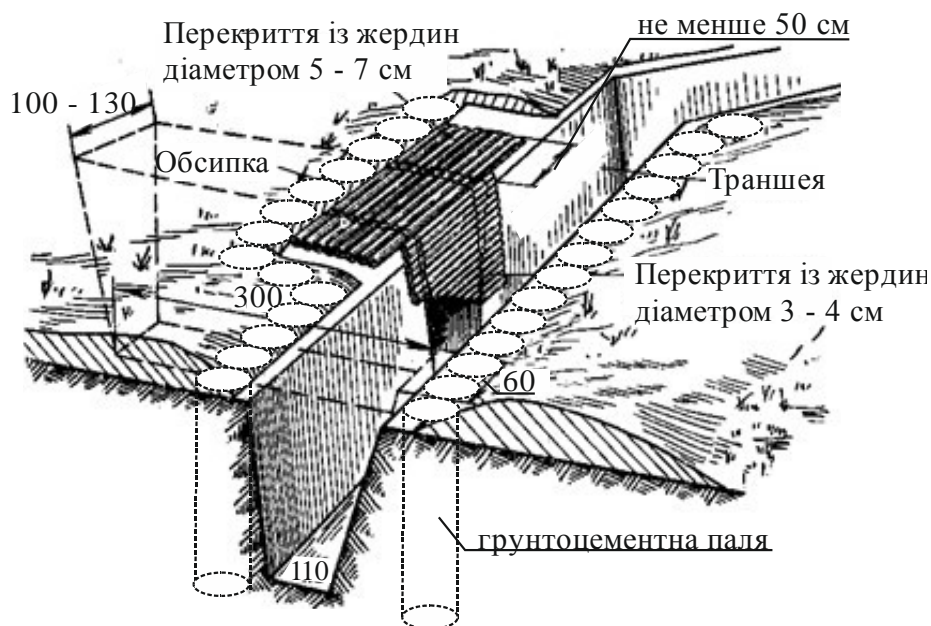


Рис. 5. Споруда відкритого типу – щілина із влаштуванням закріплення стінок за допомогою ґрунтоцементних елементів

Водонепроникність ґрунтоцементну доведено результатами наукових та лабораторних досліджень. Наприклад, для зразків ґрунтоцементну, виготовленого в лабораторних та польових умовах з лесового легкого суглинку з додаванням 20% портландцементу М400 від ваги сухого ґрунту, В/Ц = 1, без додаткового ущільнення і гідрофобних добавок, методом «микрої плями» й експрес-методом, який полягає у визначенні повітропроникності, визначено марку ґрунтоцементу, що відповідає W12 – W16 класифікації бетонів за водонепроникністю [4 – 7]. Що стосується процесу тужавіння ґрунтоцементу у часі, то він проходив у водному середовищі і простежений протягом двох років. Коли порівняти параметри міцності отримані у віці 28 діб з тими, що отримані через два роки, маємо збільшення міцності R у три рази, а модуля деформації E – близько двох разів [8].

У результаті експериментальних досліджень проникності ґрунтоцементу на приладі ГК-5 за методикою стандарту визначено, що газопроникність ґрунтоцементу становить 0,13 мД,

тобто ґрунтоцемент належить до практично непроникних матеріалів.

Однією з особливостей ґрунтоцементу є те, що він не розмокає у водному середовищі [11 – 15], тобто такі елементи можливо утворювати у водонасиченому ґрунті (нижче від рівня ґрунтових вод). Надійність, технологічність, економічність, невеликі енергоємність і матеріаломісткість – це основні показники, які обґрунтовують актуальність досліджень використання ґрунтоцементу для закріплення ґрунтів [5].

Важливим аспектом є стійкість захисної споруди. В статті досліджували стійкість бокових стінок споруд обсіпаних ґрунтом на дію фугасних снарядів МТ-12 «Рапіра» (рис. 6) з близьких відстаней на удар.



Рис. 6. МТ-12 «Рапіра» (загальний вигляд)

МТ-12 «Рапіра» перебуває на озброєнні Міністерства оборони України. Конструктивно зброя є гладкоствольною протитанковою гарматою. Боекомплект зброя включає в себе кілька типів підкаліберних, кумулятивних і осколково-фугасних снарядів, а також керовані протитанкові ракети «Кастет». Зброя МТ-12 можна використовувати як для ураження танків, бронетранспортерів та інших засобів бронетехніки, так і для стрільби по амбразурах довготривалих і дерево-земляних вогневих точках. Вагомою перевагою МТ-12 є швидкострільність. Середній темп прицільної стрільби з 100-мм МТ-12 становить приблизно 6 пострілів в хвилину [9-10].

Розрахунки провели за відомими емпіричними формулами (1 – 3).

Глибина воронки вибуху:

$$H_e = H_{np} + R_{роз} - Ц, \text{ м} \quad (1)$$

де:  $H_{np}$  – глибина проникнення боеприпасу у захисну споруду, м;

$R_{роз}$  – радіус розриву боеприпасу, м;

$Ц$  – відстань від центру вибуху до поверхні, м. Приймаємо 0,05 м.

Радіус розриву боеприпасу:

$$R_{роз} = K_{роз} K_{заб} C^{1/3}, \text{ м} \quad (2)$$

де:  $K_{роз}$  – коефіцієнт піддатливості вибуху; прийняли 0,5 для суглинку, для ґрунтоцементу прийняли 0,3 (0,18 – для бетону);

$K_{заб}$  – коефіцієнт забивання, чим краще забивання, тим сильніше вплив вибуху на перешкоду:

1 – вибух на поверхні споруди або землі, погане забивання;

$C$  – маса вибухової речовини в заряді, 4 кг.

Глибина проникнення боеприпасу у захисну споруду розраховується за уточненою формулою:

$$H_{np} = \frac{K_{np} K_{\phi} K_{\kappa} M V \cos((\beta n + \beta) \cdot 0,5)}{D^2}, \text{ м} \quad (3)$$

де  $K_{np}$  – коефіцієнт податливості проникненню матеріалу. Для суглинку приймаємо 0,000006. Коефіцієнт визначений емпіричним шляхом. Пропонується для попередніх

розрахунків прийняти  $K_{пр}$  для ґрунтоцементу на рівні 0,0000020.

$K_{\phi}$  – коефіцієнт форми головної частини снаряда;

1,3 – для бетонобійного у випадку проникнення в бетон, залізобетон, скелю;

1,0 – для усіх інших випадків. Приймаємо в розрахунках 1,0;

$K_k$  – коефіцієнт калібру (діаметру) снаряда;

$M$  – маса снаряду, кг; маса снаряду МТ-12 21 кг;

$V$  – швидкість снаряда, м/с (швидкість снаряда приймаємо 300 м/с);

$n$  – коефіцієнт можливості зміни траєкторії снаряда в процесі проникнення;

1,5 – бетонобійний снаряд в бетон;

1 – в інших випадках. Приймаємо не змінну траєкторію руху снаряду, тобто  $n=1$ ;

$\beta$  – кут між траєкторією падіння та перпендикуляром до перепони;

Діаметр снаряда приймаємо 0,1 м.

Результати розрахунку зведено до таблиці 1.

Таблиця 1 – Фортифікаційні розрахунки споруд

№ з/п	Опис	Глибина проникнення боєприпасу у захисну споруду, $H_{np}$ , м	Коефіцієнт податливості проникненню матеріалу $K_{np}$ , м	Радіус розриву боєприпасу, $R_{роз}$ , м	Глибина воронки вибуху, $H_v$ , м
1	Споруда з незакріпленими стінками у суглинках, або закріплена підручними матеріалами.	3,78	0,000006	0,79	4,52
2	Споруда з закріпленими стінками у суглинках з улаштуванням закріплення ґрунтоцементними елементами.	1,26	0,000002	0,48	1,68

**Висновки.** Виконано огляд відомих способів закріплення стінок споруд, оцінено їх переваги та недоліки. Значним недоліком наведених «одягів крутостей» є водонепроникність та неможливість спорудження в складних інженерно-геологічних умовах. Ці недоліки можливо усунути застосуванням закріплення стінок споруд ґрунтоцементними елементами. З приведених розрахунків випливає, що при закріпленні стінок фортифікаційних споруд ґрунтоцементними елементами зменшується глибина проникнення боєприпасу у захисну споруду на 2,52 м. Розрахунки проведені за емпіричними формулами з достатнім ступенем точності.

Коефіцієнт податливості матеріалу для ґрунтоцементу прийнято як для піщовикової скелі без тріщин 0,000002, він також потребує уточнення.

### Література

1. Обеспечение населения защитными сооружениями гражданской обороны / Под общ. ред. П.В. Плата; МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2007. – 272 с.
2. Отрывка и оборудование окопов (укрытий) для личного состава и штатной техники [Електронний ресурс]. – Военсервис. – 2016-2019. – URL. – Режим доступу: [http://voenservice.ru/boevaya\\_podgotovka/ingenernaya\\_podgotovka/otryivka-i-oborudovanie-okopov-ukryitiy-dlya-lichnogo-sostava-i-shtatnoy-tehnik/](http://voenservice.ru/boevaya_podgotovka/ingenernaya_podgotovka/otryivka-i-oborudovanie-okopov-ukryitiy-dlya-lichnogo-sostava-i-shtatnoy-tehnik/) (дата звернення 22.04.2019 р).
3. Веремеев Ю. Полевые фортсооружения Русской Армии в конце XIX века. Часть 3 Одежда для крутостей. [Електронний ресурс] / Ю. Веремеев. – Режим доступу: <http://army.armor.kiev.ua/fort/rus-okop-1897-c.php> (дата звернення 22.04.2019 р).
4. Зоценко М.Л. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко. – Харків: Друкарня

Мадрид, 2016. – 94 с.

5. Грунтоцементные сваи – технология устройства и погружения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opalubok.ru/gruntocementnye-svai.html> (дата звернення 22.04.2019 р).

6. Петруняк М.В. Бурунабивна паля у оболонці з грунтоцементу : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Петруняк Марина Валентинівна. Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2011. – 21 с.

7. Ларцева І.І. До визначення водонепроникності грунтоцементу / І.І. Ларцева, М.В. Петруняк, К.А. Тимофєєва // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2013. – Вип. 3(2). – С. 193-199.

8. Ларцева І.І. Закріплення зсувонебезпечних територій за допомогою цементації ґрунтів за бурозмішувальною технологією: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Ірина Ігорівна Ларцева. Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2010. – 20 с.

9. 100-мм противотанковая пушка МТ-12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/100-мм\\_противотанковая\\_пушка\\_МТ-12](https://ru.wikipedia.org/wiki/100-мм_противотанковая_пушка_МТ-12) (дата звернення 22.04.2019 р).

10. Наземна артилерія [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mil.gov.ua/ministry/ozbroennya-ta-texnika/suxoputnix-vijsk/nazemna-artileriya.html> (дата звернення 22.04.2019 р.).

11. Marchenko V. Influence of vibration time during preparation soil-cement piles on their bearing capacity / V. Marchenko, T. Nesterenko // Conference reports materials «Problems of energy saving and nature use 2013». – Budapest, 2014. – pp. 78-83.

12. Rios S. Poposity/cement index to evaluate geomechanical properties of an artificial cemented soil / S. Rios, A. Viana da Fonseca // Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris. – 2013. – Vol. 3. – pp. 2562-2589.

13. Strength properties of densely compacted cement-mixed gravelly soil / A. Ezaoui, F. Tatsuoka, S. Furusawa, K. Yirao, T. Kataoka // Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris. – 2013. – Vol. 1. – pp. 329-332.

14. Topolnicki M. Soil mixing – challenges of applications ranging from ground improvement to structural elements / M. Topolnicki // Proc. of the XIII Danube-European Conf. on Geotechnical Engineering. – Ljubljana, 2006. – S.2. – pp. 177-182.

15. Characteristics of manmade stiff grounds improved by drill-mixing method / [M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, I. Lartseva et al.] // Proc. of the 15th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Athens, 2011). – Amsterdam: IOS Press, 2011. – pp. 1097-1102.

## References

- [1] Obespecheniye naseleniya zashchitnymi sooruzheniyami grazhdanskoy oborony, Pod obshch. red. P.V. Plata; MCHS Rossii, Moscow, Delovoy ekspress, 2007.
- [2] Otryvka i oborudovaniye okopov (ukrytiy) dlya lichnogo sostava i shtatnoy tekhniki. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: [http://voenservice.ru/boevaya\\_podgotovka/ingenernaya\\_podgotovka/otryivka-i-oborudovanie-okopov-ukryitiy-dlya-lichnogo-sostava-i-shtatnoy-tehniki](http://voenservice.ru/boevaya_podgotovka/ingenernaya_podgotovka/otryivka-i-oborudovanie-okopov-ukryitiy-dlya-lichnogo-sostava-i-shtatnoy-tehniki). Accessed on: April 22, 2019.
- [3] Yu.Veremeyev, “Polevyye fortsooruzheniya Russkoy Armii v kontse KHÍKH veka. Chast' 3 Odezhdya dlya krutostey”. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://army.armor.kiev.ua/fort/rus-okop-1897-c.php>. Accessed on: April 22, 2019.
- [4] M.L. Zotsenko, Yu.L. Vinnikov, V.M. Zotsenko, *Buroví ðruntotsementní palí, yaki vigotovlyayut'sya za burozmišhival'nim metodom* : Monografíya, Kharkív, Drukarnya Madrid, 2016.
- [5] Hruntotsementnye svay – tekhnolohyya ustroystva y pohruzhennyya. [Elektronnyy resurs] Rezhym dostupu: <http://opalubok.ru/gruntocementnye-svai.html>. Accessed on: April 22, 2019.
- [6] M.V. Petrunyak, “Buronabyvna palya u obolontsi z hruntotsementu”, dis. Cand. Tech. Sciences: 05.23.02, Poltava, 2011.

- [7] I.I. Lartseva, M.V. Petrunyak, K.A. Tymofyeyeva, “Do vyznachennya vodonepronyknosti gruntotsementu”, *Zbirnyk naukovykh prats' Poltav's'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. YU. Kondratyuka: Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo*, vol 3(2), pp. 193-199, 2013.
- [8] I.I. Lartseva, “Zakriplennya zsvonebezpechnykh terytoriy za dopomohoyu tsementatsiyi gruntiv za burozmishuval'noyu tekhnolohiyeyu”: dis. Cand. Tech. Sciences: 05.23.02, Poltava, 2010.
- [9] 100-mm protyvotankovaya pushka MT-12. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: [https://ru.wikipedia.org/wiki/100-mm\\_protivotankovaya\\_pushka\\_MT-12](https://ru.wikipedia.org/wiki/100-mm_protivotankovaya_pushka_MT-12). Accessed on: April 22, 2019.
- [10] Nazemna artyleriya. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.mil.gov.ua/ministry/ozbroennya-ta-texnika/suxoputnix-vijsk/nazemna-artilyeriya.html>. Accessed on: April 22, 2019.
- [11] V. Marchenko, T. Nesterenko, “Influence of vibration time during preparation soil-cement piles on their bearing capacity”, *Conference reports materials «Problems of energy saving and nature use 2013»*, Budapest, pp. 78-83, 2014.
- [12] S. Rios, A. Viana da Fonseca, “Posity/cement index to evaluate geomechanical properties of an artificial cemented soil”, *Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris, vol. 3, pp. 2562-2589, 2013.
- [13] A. Ezaoui, F. Tatsuoka, S. Furusawa, K. Yirao, T. Kataoka, “Strength properties of densely compacted cement-mixed gravelly soil”, *Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris, vol. 1, pp. 329-332, 2013.
- [14] M. Topolnicki, “Soil mixing – challenges of applications ranging from ground improvement to structural elements”, *Proc. of the XIII Danube-European Conf. on Geotechnical Engineering*, Ljubljana, pp. 177-182, 2006.
- [15] M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, I. Lartseva, “Characteristics of manmade stiff grounds improved by drill-mixing method”, *Proc. of the 15th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Athens, 2011)*, Amsterdam, IOS Press, pp. 1097-1102, 2011.

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ СТЕНОК ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Михайловская Е.В.**, к.т.н., с.н.с.,

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*  
emikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID:0000-0001-7451-3210

**Алексеенко Е.Б.**, к.т.н.

*Государственное предприятие «Научно-исследовательский институт строительных конструкций»*

mb-elena@ukr.net, ORCID:0000-0002-5329-2217

**Аннотация.** Проведен анализ методов закрепления стенок сооружений для защиты от поражающих факторов. Приведена классификация методов защиты стенок фортификационных сооружений от осыпаний при действии динамической нагрузки. В современных условиях укрытия людей в защитных сооружениях, как способ защиты от опасностей в сочетании с эвакуацией из зон поражения (загрязнения) и использованием средств индивидуальной защиты, повышает надежность защиты населения. В условиях, когда могут быть осложнены эвакуационные мероприятия из крупных городов в короткие сроки, этот способ защиты становится единственно возможным и эффективным. Поэтому важной задачей является обеспечить водонепроницаемость и устойчивость таких сооружений. Важной частью строительства является устройство защиты от осыпания стенок сооружений. Для устройства покрытия и «одежды крутостей» щелей могут применяться лесоматериалы (бревна, накатник, жерди, доски), хворост, фашинами из тростника, а также различные железобетонные изделия, металлопрокат и другие подручные материалы.



Однако устройства закрепления откосов сооружений из «подручных» материалов имеют ряд недостатков, среди них высокая водопроницаемость и смачиваемость в условиях расположения грунтовых вод выше линии дна сооружения. В таком случае возникает необходимость сооружения дренажей, строительство которых увеличивает трудоемкость работ. В статье обоснованы преимущества и недостатки известных способов защиты стенок сооружений. Предложено применить грунтоцементные элементы в качестве «одежды крутостей».

Из приведенных расчетов следует, что при закреплении стенок фортификационных сооружений грунтоцементными элементами уменьшается глубина проникновения боеприпаса в защитное сооружение на 2,52 м. Расчеты проведены по эмпирическим формулам и требуют экспериментальных исследований.

Коэффициент податливости материала для грунтоцемента принято как для песчаников скалы без трещин 0,000002, он также нуждается в уточнении.

**Ключевые слова:** защитные фортификационные сооружения, динамическая нагрузка, грунтоцементный элемент, грунтоцемент.

### FIXING THE WALLS OF PROTECTIVE STRUCTURES WITH THE USE OF GROUND CEMENT ELEMENTS

**Mykhailovska O.V.**, Ph.D., Senior Scientist,  
*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*  
emikhaylovskaya27@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7451-3210  
**Oleksiienko O.B.**, Ph.D.,  
*State enterprise «Research institute of building constructions»*  
mb-elena@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5329-2217

**Abstract.** In the article the analysis of the methods of fixing structures' walls for protection against damaging factors is carried out. A classification of methods for protecting walls of fortifications from destruction under the action of dynamic loading is made. In modern conditions, the shelter of people in protective structures is reliable to protect the population. Protective structures are effective in combination with evacuation from contaminated areas (pollution) and the use of personal protective equipment.

This method of protection becomes the only possible and effective, in a situation where emergency evacuation measures from large cities can be difficult in a short time. Therefore, an important task is to provide water resistance and stability of such structures. An important part of the construction is a device for protecting against the destruction of the walls of structures. To ensure the stability of the walls construction can be used timber (logs, sticks, blackboard), sawdust, and various concrete products, metal and other craft materials.

However, fixing the slopes of structures made of «improvised» materials has drawbacks. The main disadvantages of such anchoring are high permeability and wettability when groundwater is located above the bottom line of the structure. In this case, there is a need for the construction of drainage. This design drainage increases the complexity of the work. The article substantiates the advantages and disadvantages of known methods of protecting the walls of structures. It is suggested to apply the cement elements as «improvised». From the calculations, it is possible to determine the best way of fixing the walls of protective constructions. If the walls of the fortifications are fixed with cement elements, then the depth of penetration of ammunition into the protective structure is reduced by 2.52 m. The calculations are carried out according to empirical formulas and require experimental research. The coefficient of conformity of the material for ground cement is adopted as for mountain sandstones without cracks 0.000002. This coefficient should also be improved.

**Key words:** protective fortifications, dynamic loading, soil-cement element, soil cement.

Стаття надійшла 8.05.2019