

**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ
ЗАХИСНИХ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД**

**ANALYSIS OF EXISTING ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION
SOLUTIONS OF DEFENSIVE FORTIFICATION BUILDINGS**

Філіпчук С.В. к.т.н., доц., ORCID ID: 0000-0002-4464-4620, **Налепа О.І.** к.т.н., доц., ORCID.ORG/0009-0008-0749-5663, **Голуб А.О.** аспірант, (Національний університет водного господарства та природокористування), **Баран Д. Я.** к.т.н. доц., (Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

Filipchuk S.V. candidate of technical sciences, associate professor, **Nalepa O.I.** candidate of technical sciences, associate professor, **Holub A.O.** postgraduate (National university of water and environmental engineering), **Baran D. Ya.**, candidate of technical sciences, associate professor, (Ternopil Ivan Puluj National Technical University)

Наведений аналіз загальних типів сучасних фортифікаційних споруд вказує на те, що споруди, які забезпечують найвищий захист, обов'язково мають основні несучі елементи, що виконані із залізобетону. Ними є підземні стіни різної форми та конфігурації, балки, ригелі, прогони, оболонки та перекриття. Натомість використання залізобетону у сучасних фортифікаційних спорудах як захисного покриття практично відсутнє, або має дуже обмежений характер. В основному це невеликі блокпости, пропускні пункти, які дають захист аналогічний легкому протиуламковому покриттю. Визначення товщини захисних покриттів виконують на дію одиночних та багатократних влучань. Бойові дії підтвердили, що будівництво опорних пунктів з використанням залізобетонних конструкцій було найбільш доцільним варіантом швидкого, ефективного та якісного будівництва фортифікаційних споруд. Фундаментальних теоретичних і експериментальних досліджень в області фортифікаційних споруд практично немає. Є певні пропозиції з покращення застарілих типів споруд та вдосконалення окремих типів вузлів.

The field fortification building erect immediately in front of battle and keep the value only on of short duration time (as a rule in a time of fight) is certain on the set locality. Accordances with it time during that arrange the field fortification building is measured by hours and rarely exceeds one twenty-four hours. During erection of such building troops that are the participants

of battle actions participate directly, and material of building in swingeing majority is earth with addition of other local materials: wood, stone, on occasion concrete, and also quickly collapsible reinforce-concrete and reserved metallic constructions. On the method of protecting from decimators fortification building is divided into open, half-closed and closed types.

To building of open type belong: trenches and motions of connection; trenches are for shooters, machine guns, grenade launchers and self-propelled guns; trenches are for an artillery, mortars, tanks; shelter is for material facilities; other field building that does not have a ceiling.

The recovered areas of trenches and motions of connection, recovered cracks, belong to building of half-closed type, shelters with ground by collapse, and also the partially recovered (above an engine) trenches for a military and transport equipment. Building of half-closed type is especially effective in the conditions of application of high-fidelity decimators. They, in addition, protect from a defeat the used for setting fire facilities, by drop-liquid poisonous substances that are used

Closed-type buildings usually have a frame equipped with protective and airtight doors, protected air intakes and other openings and slots. They create more reliable protection against modern means of attack than open ones, provide shelter for personnel from the cold and the necessary conditions for rest. The main types of covered structures erected by troops are machine gun emplacements, observation and shelter structures, and dugouts. In the conditions of the use of high-precision weapons, if the combat situation allows, it is advisable to arrange closed and shelters for combat equipment.

Reinforced concrete structures of special purpose (fire structures) are used on the line of contact with the military enemy. These structures are intended for conducting fire, strengthening the engineering equipment of positions in particularly important directions and protecting personnel from means of destruction (debris, bullets). They are built from factory-supplied precast concrete elements, which include formwork blocks, wall panels, slabs and floors. Metal doors and metal shutters are also used.

The given analysis of the general types of modern fortification structures indicates that the structures that provide the highest protection necessarily have the main load-bearing elements made of reinforced concrete. They are underground walls of various shapes and configurations, beams, crossbars, purlins, shells and ceilings. On the other hand, the use of reinforced concrete in modern fortifications as a protective coating is practically absent or has a very limited nature. Basically, these are small checkpoints, checkpoints that provide protection similar to a light anti-destructive coating.

Ключові слова:

Фортифікаційна споруда, арматура, бетон, розрахунок

Fortification building, armature, concrete, calculation

Польові фортифікаційні споруди зводять безпосередньо перед битвою і зберігають своє значення тільки на певний нетривалий час (як правило на час бою) на заданій місцевості. Відповідності до цього час, упродовж якого влаштовують польові фортифікаційні споруди, вимірюється годинами і рідко перевищує одну добу. Під час зведення таких споруд беруть участь безпосередньо війська, які є учасниками бойових дій, а матеріалом споруд у переважній більшості є земля із додаванням інших місцевих матеріалів: деревина, камінь, в окремих випадках бетон, а також швидко збірні залізобетонні та броньовані металеві конструкції. За способом захисту від засобів ураження фортифікаційні споруди поділяються на відкритого, напівзакритого та закритого типів [1].

До споруд відкритого типу належать: траншеї і ходи сполучення; окопи для стрільців, кулеметів, гранатометів і ПТКР; окопи для артилерії, мінометів, танків; укриття для матеріальних засобів; інші польові споруди, які не мають перекриттів.

Відкриті споруди в 1,5-2 рази зменшують радіуси зон ураження особового складу, зброї, техніки і матеріальних засобів від вражаючих чинників ядерної зброї порівняно з розташуванням на необладнаній місцевості. Вони захищають також від куль і уламків снарядів, мін, авіабомб у звичайному спорядженні і знижують втрати від фугасної дії цих боєприпасів. Влаштування над відкритими спорудами перекриттів і протиуламкових піддашків з ґрунтовим обсипанням тощиною більшою за 10 см забезпечує, крім того, захист від запальних засобів і отруйних капельнорідинних речовин.

До споруд напівзакритого типу належать перекриті ділянки траншей і ходів сполучення, перекриті щілини, піддашки з ґрунтовою обвалуванням, а також частково перекриті (над двигуном) окопи для бойової та транспортної техніки. Споруди напівзакритого типу особливо ефективні в умовах застосування високоточних засобів ураження. Вони, крім того, захищають від ураження запальними засобами, крапельно-рідинними отруйними речовинами, що застосовуються ворогом.

Прикладом споруди напівзакритого типу є проти снарядне для захисту від ураження зброєю (рис. 1). Основну захисну функцію покриття виконують залізобетонні плити або балки, що з'єднані між собою. Покриття має такий склад:

- перше захисне покриття ґрунтом товщиною $t=200-300$ мм;
- залізобетонні плити;
- друге захисне покриття ґрунтом;
- м'ята глина (як гідроізоляція) товщиною $t=100$ мм;
- кілька настилів з дерев'яних колод товщиною $t=250$ мм кожний.

Товщина залізобетонних плит, другого шару ґрунту та настилів приймають так:

- за дії уламково-фугасного гарматного снаряду калібром до 75 мм, загальною масою 5,74 кг, у тому числі масою тротилу 680 г зі сповільненням детонації 0,15-0,25 с необхідна товщина плити $t=200$ мм, другий шар ґрунту $t=400$ мм, один настил з дерев'яних колод товщиною $t=250$ мм; загальна товщина покриття становить 1150 мм;

- за дії уламково-фугасного гарматного снаряду калібром до 105 мм, загальною масою 15,6 кг, у тому числі масою тротилу 1,4 кг зі сповільненням детонації 0,15-0,25 с необхідна товщина плити $t=200$ мм, другий шар ґрунту $t=500$ мм, два настили з дерев'яних колод товщиною $t=250$ мм кожний; загальна товщина покриття становить 1500 мм;

- за дії уламково-фугасного гарматного снаряду калібром до 150 мм, загальною масою 43,5 кг, у тому числі масою тротилу 5,1 кг зі сповільненням детонації 0,15-0,25 с необхідна товщина плити $t=250$ мм, другий шар ґрунту $t=800$ мм, два настили з дерев'яних колод товщиною $t=250$ мм кожний; загальна товщина покриття становить 1850 мм.

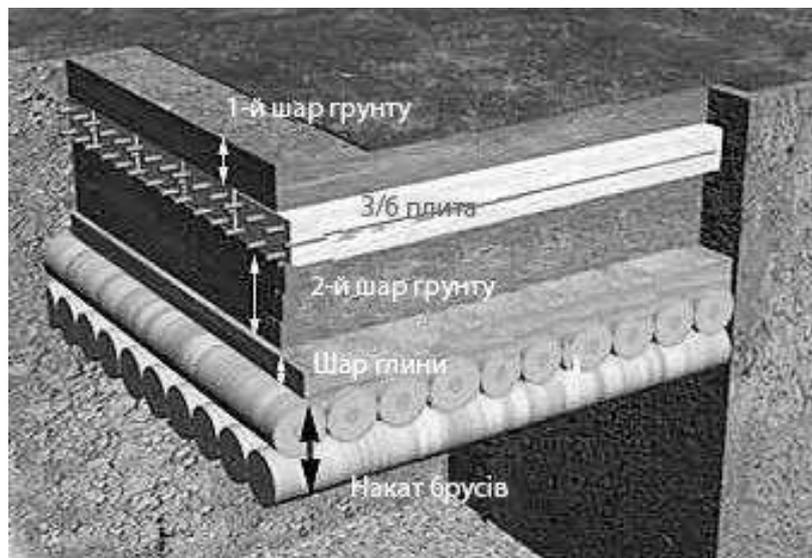


Рис. 1 Покриття споруди для захисту від ураження зброєю

Споруди закритого типу зазвичай мають каркас, обладнаний захисними і герметичними дверима, захищені повітрязабірні та інші отвори і прорізи. Вони створюють більш надійний захист від сучасних засобів ураження, ніж відкриті, забезпечують укриття особового складу від холоду і необхідні умови для відпочинку. Основними типами закритих споруд, що зводяться військами, є кулеметні споруди, споруди для спостереження та притулку, а також бліндажі. В умовах застосування високоточної зброї, якщо дозволяє бойова ситуація, доцільно влаштовувати закритими і укриття для бойової техніки.

За умовами зведення і експлуатації закриті споруди поділяються на споруди польового і тривалого типів (польові і тривалі споруди) [2, 3]. Польові споруди зводяться військами з місцевих матеріалів і збірно-розбірних конструкцій промислового виготовлення, призначених для

багаторазового використання, і експлуатуються головним чином у воєнний час. Тривалі споруди зводяться військами у мирний час переважно з елементів і конструкцій промислового виготовлення (головним чином залізобетонних) і експлуатуються як в мирний, так і у воєнний час.

Щодо розташування відносно поверхні землі і способу зведення закриті фортифікаційні споруди поділяються на споруди наземні (обсипні), котлованні і підземні. Найбільшого поширення мають котлованні споруди.

Наземні фортифікаційні споруди характеризуються наявністю невеликого котловану, в якому влаштовується несуча конструкція [4]. Несуча конструкція може бути полегшеного типу з деревини або металу, посиленою стаціонарною з монолітного залізобетону чи залізобетонних блоків. Як захисне покриття використовують мішки з ґрунтом або піском, які можна замінити камінням. Мішки з піском або декілька шарів каміння вкладають на горизонтальні несучі конструкції. Ними можуть бути дерев'яні, металеві балки, ферми і навіть міцні акрилові тенти. Такі захисні споруди зображені на рис. 2.



a)

б)



в)

Рис. 2 Надземні бойові фортифікаційні споруди:
a) бункер із бетонних балок; *б)* бункер із бетонних панелей; *в)* бетонний напівкруглий бункер

Бункер із бетонних балок (рис. 2, а) захищає від дії прямих влучань мінометних мін калібром до 120 мм та гаубичних снарядів калібром до 152 мм, а також забезпечує захист від стрілецької зброї калібром до 7,62 мм. Покриття бункера засипається землею. По периметру покриття розміщують мішки з ґрунтом. Основною несучою конструкцією є залізобетонні балки

перерізом 200×130 мм різної довжини. Балки мають отвори діаметром 40 мм, які необхідні для з'єднання їх між собою металевими скобами та штирями. Дана конструкція є збірно-розбірною. Бункер має зовнішні розміри 2,6×2,6 м (2,3×2,3 м - внутрішні) та висоту 1,63 м. Він наполовину заглиблений у землю. Загальна висота від поверхні землі до верхньої точки становить 1,8 м.

Бункер із бетонних панелей (рис. 2, б) збирається з трьох типів плит товщиною 152,4 мм. Розміри плит, які утворюють стіни, становлять 2,14×2,43 м. Несуча плита покрівлі має розміри 3,04×2,74 м. Бункер обкладається з усіх боків і на покрівлі мішками з ґрунтом, мінімальна товщина шарів яких повинна бути не меншою за 460 мм. У випадку встановлення детонатора на уламкову дію такий бункер забезпечує захист від прямого влучання мінометних мін калібром до 82 мм та від гаубичних снарядів калібром до 105 мм включно, а також від стрілецької зброї калібром до 7,62 мм.

Бетонний напівкруглий бункер (рис. 2, в) виготовляється з залізобетонної арки товщиною 152,4 мм. Як покриття використовують залізобетонну плиту товщиною 152,4 мм. Приміщення є напівкруглим радіусом 1,82 м і внутрішньою висотою приміщення також 1,82 м. Споруда є напівзаглибленою і її висота від поверхні землі до покрівлі становить 82 см. На покриття також вкладають мішки з ґрунтом товщиною до 80 см. Таким чином повна висота споруди над поверхнею ґрунту становить близько 1,8 м. Захисні можливості даного бункеру повністю аналогічні попередньо розглянутому.

Захисна товща у всіх без винятку спорудах має таке призначення: послабити дію ударної хвилі вибуху; не допустити проникнення снаряду, міни або авіабомби до внутрішнього простору споруди і послабити дію їх вибуху; знизити до безпечних величин дозу проникаючої радіації від вибуху ядерного боєприпасу; забезпечити захист від світлового випромінювання і горючих сумішей, а також від хімічних, бактеріальних та інших засобів ураження.

Для зменшення глибини проникнення снаряду (міни, авіабомби) в ґрунтову товщу закритих споруд може вводиться твердий прошарок – матрац з каміння, збірного залізобетону, сталевого прокату, колод та інших матеріалів.

Тривалі фортифікаційні споруди призначені для оборони особливо важливих у військовому відношенні об'єктів. В умовах сьогодення це в основному підземні або навіть підводні заглиблені споруди укриття. Загалом вони поділяються на сховища та сховища підземного типу. Сховища, як правило, мають захисну товщину ґрунту 1,2-1,3 м, а у сховищах підземного типу така товщина повинна сягати більше ніж 2,5 м і вони здатні захищати від влучання снарядів значних калібрів.

Найбільш ефективними з точки зору роботи конструкцій є такі споруди, які виконані у вигляді аротних укриттів. (рис. 3) [5]. Внутрішня висота у найвищій точці приймається до 2,5 м, ширина до 4 м, довжина не обмежена. Товщина стін 150-200 мм.



Рис. 3 Бетонне арокне укриття

В таких спорудах практично всі динамічні впливи на основну несучу конструкцію поглинаються захисним шаром ґрунту. Товщини основних елементів приймають за розрахунком, виконаним в основному на статичну дію від ваги ґрунту і надлишкового тиску від ударних хвиль на поверхні ґрунту і в них доцільно використовувати високоміцний бетон і арматуру.

За дії доволі важкого озброєння на споруду інколи виникає необхідність влаштування протифугасних та протикумулятивних сіток у товщі споруди.

Розглянуті споруди використовують у випадках застосування доволі важкого озброєння і його точне влучання у невелику фортифікаційну споруду є малоімовірним та й навряд чи таке озброєння буде застосовувати воююча сторона для знищення невеликої кількості людей. Тому у переважній більшості випадків фортифікаційні споруди будуть сприймати уламки снарядів, бомб чи ракет.

Центральним проектним інститутом Міністерства оборони України розроблені бойові фортифікаційні споруди (рис. 4) у вигляді куба з однаковою товщиною стін, що дає змогу використовувати і однакову опалубку [6]. З'єднання стін відбувається в чверть, що значно підвищує міцність всієї конструкції. Товщина стін становить 300 мм. Плити виготовляють із високоміцного бетону С35/40. Армвання прийняте тришаровим зі зміщенням кожного наступного шару відносно попереднього. Як робочу використано арматуру серпоподібного профілю $\varnothing 16$ мм класу А400 та А500, яка розміщена з кроком 150 мм в усіх напрямках. Передбачено також протикумулятивні сітки, що розміщені на відстані 400 мм від зовнішньої поверхні стіни, а також використано гнучкий протівідкол. Ці споруди швидко зводяться і можуть бути заглибленими, напівзаглибленими та відкритими. Такі споруди під час випробування на полігоні у Житомирі показали свою високу ефективність проти усіх типів стрілецької зброї. Аналогічні випробування схожих за конструкцією фортифікаційних споруд проводились і у багатьох інших містах України (Запоріжжя, Маріуполь, Дніпро).



Рис. 4 Фортифікаційні споруди в зоні ведення бойових дій

Також було розроблено залізобетонні споруди спеціального призначення (вогневі споруди) що використовуються на лінії зіткнення з військовим противником. Ці споруди призначені для ведення вогню, посилення інженерного обладнання позицій на особливо важливих напрямках та захисту особового складу від засобів ураження (уламків, куль). Вони зводяться зі збірних залізобетонних елементів заводської поставки, які включають блоки потерн, стінові панелі, плити покриття та підлог. Використовуються також металеві двері та металеві заслінки. Вогневі споруди можуть бути захищені мобільними габіоновими конструкціями (рис. 5). Випробування таких споруд зброєю різних калібрів підтвердили, що вони забезпечують надійний захист від ураження [6].

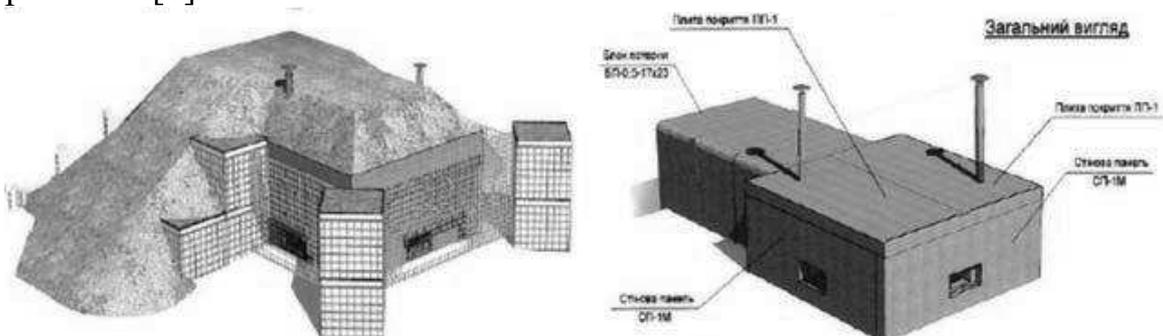


Рис. 5 Фортифікаційні вогневі споруди в зоні ведення бойових дій

Для зручності та безперервності спостереження за полем бою, керування підрозділом в бою, захисту особового складу і матеріальної частини зводяться командно-спостережні пункти, комплект яких складається з залізобетонних блоків потерн, стінових панелей, захисних дверей та дерев'яних елементів та обладнання посилення перекриття. Всі елементи споруд витримали випробування від дії вражаючих факторів.

Бойові дії підтвердили, що будівництво опорних пунктів з використанням залізобетонних конструкцій було найбільш доцільним варіантом швидкого, ефективного та якісного будівництва фортифікаційних споруд.

Ще одним важливим напрямком фортифікації є проектування та будівництво сховищ для зберігання боєприпасів (рис. 6). Дані споруди зводяться з монолітного залізобетону. Основними несучими конструкціями є поперечні рами, що складаються з колон та ригелів. Головною вимогою для проектування та будівництва даних захисних споруд, є здатність витримувати динамічне навантаження, що може здійснюватися як зовні, так і із середини.

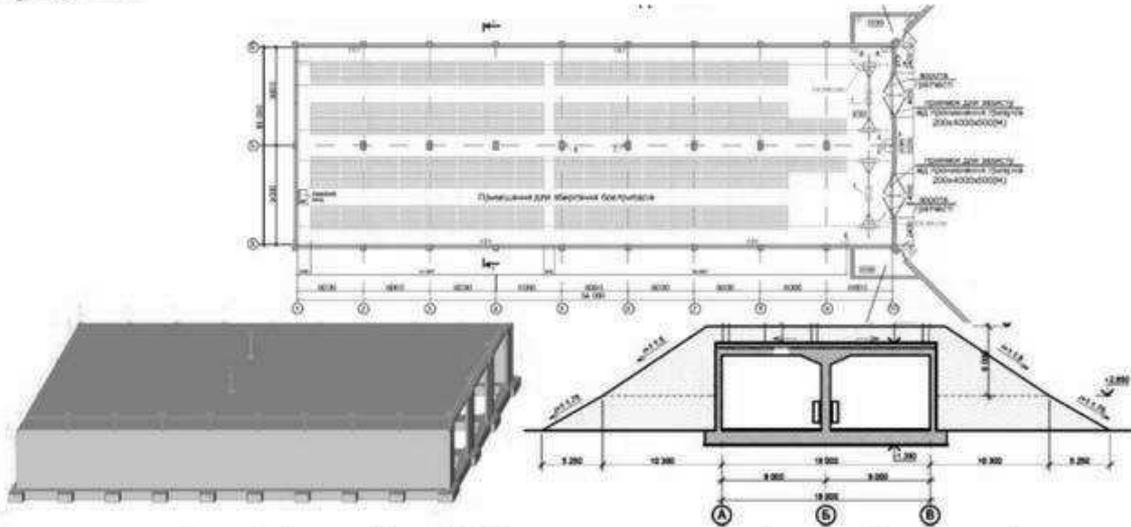


Рис. 6 Фортифікаційні споруди для зберігання боєприпасів

Варто зазначити, що фундаментальних теоретичних і експериментальних досліджень в області фортифікаційних споруд практично немає. Є певні пропозиції з покращення застарілих типів споруд та вдосконалення окремих типів вузлів [6].

Наведений аналіз загальних типів сучасних фортифікаційних споруд вказує на те, що споруди, які забезпечують найвищий захист, обов'язково мають основні несучі елементи, що виконані із залізобетону. Ними є підземні стіни різної форми та конфігурації, балки, ригелі, прогони, оболонки та перекриття. Натомість використання залізобетону у сучасних фортифікаційних спорудах як захисного покриття практично відсутнє, або має дуже обмежений характер. В основному це невеликі блокпости, пропускні пункти, які дають захист аналогічний легкому протиуламковому покриттю. Товщина бетону в таких спорудах є не більшою за 300 мм. Вони мають потужне потрійне армування, що виконується зі зміщенням арматурних сіток, та високий процент армування. Бокові стіни посилюють кам'яною або земляною обсіпкою. Проти проникнення фугасних снарядів під фундаментом споруди розміщують горизонтальні бетонні плити.

Для запобігання дії кумулятивних снарядів перед бетонною стіною розміщують протикумулятивні сітки, які виконують з листової сталі. Ці сітки влаштовують на відстані не менше ніж 400 мм від захисної поверхні споруди. Покриття обов'язково повинно мати противідкол. Він може бути гнучким або жорстким. Гнучкий противідкол влаштовують з внутрішньої сторони товщі

бетону. Він представляє собою в'язану (плетену) сітку, яка має запобігти відколюванню бетону під час влучання снарядів. Жорсткий противідкол виконують шляхом влаштування балочної клітки. Балки, як правило, виконують з прокатних профілів (таврів), які розміщені стінкою вгору, а до полиці знизу кріплять листову сталь товщиною $t=5-6$ мм. Крок балок приймають в межах 300-500 мм.

Визначення товщини захисних покриттів виконують на дію одиночних та багатократних влучань. На дію багатократних влучань розраховують бойові споруди, а на дію одиночних – укриття та споруди, що добре маскуються на місцевості та влучання в які може бути лише випадковим.

Висновок. 1. Наведений аналіз загальних типів сучасних фортифікаційних споруд вказує на те, що споруди, які забезпечують найвищий захист, обов'язково мають основні несучі елементи, що виконані із залізобетону.

2. Фундаментальних теоретичних і експериментальних досліджень в області фортифікаційних споруд практично немає. Є певні пропозиції з покращення застарілих типів споруд та вдосконалення окремих типів вузлів.

1. Калибернов Е.С. Справочник офицера инженерных войск. Военное издательство. – Москва, 1989 г.

Kalibernov E.S. Spravochnik ofitsera inzhenernyih voysk. Voennoe izdatelstvo. – Moskva, 1989 g.

2. ДБН В.2.2.5-97.2. Захисні споруди цивільного захисту. – К.:Мінрегіонбуд України, 2018. – 80 с.

DBN V.2.2.5-97.2. Zaxy'sni sporudy` sy`vil`nogo zaxy`stu. – K.:Minregionbud Ukrainy`, 2018. – 80 s.

3. Калибернов Е.С., Корнев В.И., Сосков А.А. Инженерное обеспечение боя. Москва. Военное издательство. 1984 г.

Kalibernov E.S, Kornev V.I., Soskov A.A. Inzhenernoe obespechenie boya. Moskva. Voennoe izdatelstvo. 1984 g

4. Field Manual No.5-103 (FM 5-103). Survivability. Headquarters Department of the Army. Washington, DC, 10 June 1985.

5. FM 5-105. Engineer Field Manual. Field Fortifications. War Department. Washington. October 1, 1940.

6. Фортифікаційні споруди: стан, задачі удосконалення та шляхи їх вирішення. Програма засідання Круглого столу. Київ. – лютий 2019 р. 20 с.

Fortfikatsijni sporudy`: stan, zadachi udoskonalennya ta shlyaxy` yix vy`rishennya. Programa zasedannya Kruglogo stolu. Ky`yiv. – lyuty`j 2019 r. 20 s.

7. Бабич Є.М., Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Кочкар'ов Д.В., Філіпчук С.В., Бордюженко О.М.. Рекомендації з проектування залізобетонних конструкцій фортифікаційних споруд. – Рівне: НУВГП, 2018. – 173 с.

Babych Ye.M., Dvorkin L.I., Zhytkovskyi V.V., Kochkarov D.V., Filipchuk S.V., Bordiuzhenko O.M.. Rekomendatsii z proektuvannia zalizobetonnykh konstruktsii fortyfikatsiinykh sporud. – Rivne: NUWM, 2018. – 173 s.