

ЕВОЛЮЦІЯ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ І ЗАХИСНИХ СПОРУД

Денис МИХАЙЛОВСЬКИЙ

^{1,2}Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітряних сил, Київ, Україна, 03037

mykhailovskyi.dv@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3151-8630>

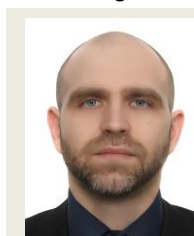
Анотація. Повномасштабне вторгнення РФ в Україну продемонструвало зростаюче значення інженерних укріплень, захисних споруд, інженерних загороджень тощо. Сучасна війна привнесла нові загрози і виклики, які суттєво впливають на поле бою, захист критичної інфраструктури і населення в тиллових районах, в тому числі і на особливості зведення інженерних фортифікаційних та захисних споруд.

Дослідження еволюції фортифікаційних і захисних споруд з стародавніх часів і до сьогодення дозволяє простежити, як змінювалися підходи до оборонного будівництва в залежності від актуальних загроз воєнного характеру, що в свою чергу дозволяє прогнозувати напрями для подальшого їхнього розвитку і вдосконалення. Проведений огляд дає можливість зрозуміти, наскільки важливим є цей напрям воєнної науки і наскільки наразі він потребує серйозного підходу як з боку військових, так і з позиції держави в цілому.

Аналіз нових сучасних фортифікаційних рішень, їх ефективності та слабких місць є необхідним для підвищення обороноздатності країни в умовах наявної постійної загрози нападу.

В роботі також наведені основні підходи до зведення польових фортифікаційних споруд з визначенням їхнього функціонального призначення та ймовірних проєктних загроз воєнного характеру. Надано пропозиції, щодо можливої зміни підходів до польової фортифікації в умовах сучасної війни з урахуванням досвіду ведення бойових дій в Україні, а також напрями подальшого розвитку.

Також розглянуто підходи до захисту цивільного населення від засобів повітряного



Денис МИХАЙЛОВСЬКИЙ

професор кафедри металевих
та дерев'яних конструкцій,
д.т.н., професор

нападу противника від часів Другої світової війни і до сьогодення з визначенням напрямків подальшого розвитку.

У сучасних умовах війни в Україні фортифікаційні, споруди інженерного захисту і захисні споруди відіграють ключову роль у створенні ліній оборони, захисті військових та об'єктів критичної інфраструктури, збереженні життів цивільного населення.

Таким чином, вивчення еволюції фортифікаційних і захисних споруд є критично важливою державницькою задачею, як з військової, так і з цивільної точки зору. Розвиток теорії зведення фортифікаційних і захисних споруд сприятиме зміцненню оборони держави, адаптації до нових загроз, підвищенню безпеки населення і об'єктів критичної інфраструктури.

Ключові слова: фортифікаційні споруди; споруди інженерного захисту; захисні споруди; загрози воєнного характеру; засоби нападу; захист інфраструктури.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Метою даної роботи є огляд фортифікаційних і захисних споруд від стародавніх часів і до нашого часу. Аналіз загроз, усвідомлення напрямків розвитку фортифікаційних і захисних споруд при

новому їх будівництві з метою їх удосконалення та впровадження найбільш ефективних рішень, які можуть суттєво відрізнятися для різноманітних задач та регіонів.

Вивчення еволюції зведення фортифікаційних і захисних споруд є критично важливою задачею, як з військової, так і з цивільної позицій. Розвиток теорії розрахунку, зведення фортифікаційних, споруд інженерного захисту і захисних споруд суттєво сприятиме зміцненню оборони держави, стійкості її виробничо-промислового комплексу, швидкої адаптації до нових загроз, підвищенню безпеки населення і об'єктів критичної інфраструктури.

Також змін потребують підходи до польової фортифікації, які наразі лишаються сталими, як мінімум з часів другої світової війни, при суттєвій зміні загроз і засобів ураження, матеріалів, засобів механізації.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розпочнемо з загального понятійного апарату. Поняття фортифікація - (від лат. *fortificatio* - укріплення [1]) це військово - інженерна наука про створення штучних укриттів і перешкод для захисту військ, важливих об'єктів та населення під час воєнних дій. В той же час фортифікаційна споруда - це безпосередні оборонні споруди для успішного ведення бою і захисту від засобів нападу ворога

Також можна відзначити, що фортифікація є галуззю архітектури, яку ще стародавній римлянин Вітрувій влучно характеризував “як мистецтво поєднання функції, конструкції та краси” [2].

Фортифікаційні споруди змінювалися в різні історичні періоди відповідно до розвитку технологій і озброєння, завжди забезпечуючи найбільший захист від розповсюджених засобів ураження. В залежності від поставлених задач фортифікаційні споруди поділяються на довготривалі і польові. Довготривалі - це завчасні укріплення надважливих пунктів та

напряmkів з метою оборони, захисні споруди об'єктів критичної інфраструктури та цивільного захисту. Польова - тимчасові оборонні споруди, як: окопи, бліндажі, мінні загородження, протитанкові рови тощо.

Наразі можна виокремити основні види фортифікаційних споруд:

- польові фортифікаційні споруди – тимчасові укріплення, що будуються в умовах бойових дій (вали, окопи, бліндажі, мінні загородження, протитанкові рови тощо);
- довготривалі фортифікаційні споруди – довготривалі укріплення, такі як ДОТи (довготривалі вогневі точки), ДЗОТи (дерев'яно-земляні вогневі точки), бетонні укриття особового складу тощо, які будуються з використанням інженерної техніки в зонах спокійних або відносно спокійних від бойових дій з метою створення стійких рубежів оборони;
- міські фортифікаційні споруди – оборонні споруди які облаштовуються в міській забудові, укріплені і спеціально обладнані будівлі і споруди, барикади, бомбосховища, укриття тощо;
- споруди цивільного захисту (далі - СЦЗ) – сховища, укриття для населення, які використовуються під час воєнних дій або надзвичайних ситуацій;
- інженерні споруди захисту об'єктів критичної інфраструктури (далі - ОКІ) - спеціальні інженерні споруди (далі - СІС) мета яких забезпечити захист критичної інфраструктури країни від засобів нападу (далі - ЗН) ворога.

Штучні споруди - укріплення для захисту від нападу противника відомі нам стільки ж скільки відома інформація про розвиток цивілізації.

Найдавнішими фортифікаційними спорудами можна вважати: земляні (кам'яні) вали, рови, які часом навіть штучно заповнювали водою. В районах багатих деревиною на земляних валах додатково влаштовувались паркани - частоколи. В районах де деревина була дефіцитною одразу зводили кам'яні огорожі - стіни. Така оборонна система забезпечувала захист від наявних на той час

засобів ураження: металеві зброї (списи, дротики, луки, пращі тощо), що мала суттєве обмеження відносно своєї траєкторії і дальності, а також перешкоджанню швидких атак кіннотою [2]. Дещо пізніше в суцільних оборонних стінах з певними проміжками почали вбудовувати башти, з яких з'являлась можливість спостерігати за ворогом і уражати його з більшої відстані, окрім того важливим призначенням башт була можливість уражати штурмуючого стіни ворога (рис. 1). Однак ця система не дала змоги повністю позбутись недосяжних для обстрілу - мертвих зон під стінами. Такі зони несли певну небезпеку, через те, що прорвавшись до них ворог мав змогу вже робити підкопи, підпалювати стіни з деревини, готувати засоби щоб видертися нагору і вступити у бій.

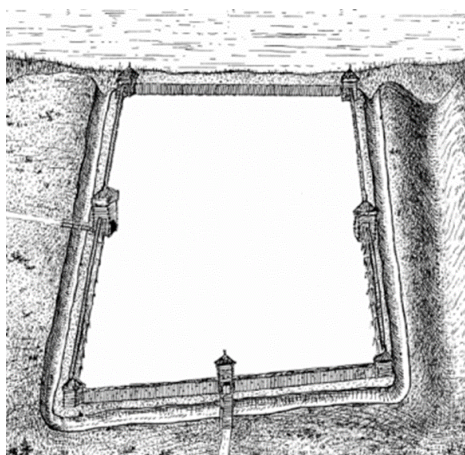


Рис. 1 Схема укріплення з баштами і стінами з частоколу. [2]

Fig. 1. A fortification layout with towers and palisade walls.

Спорудження таких захисних укріплень досягало високого рівня майстерності ще далеко до нашої ери. З історичних джерел відомо, що захисні мури м. Мемфіс були зведені в Єгипті за 3000 років до нашої ери, а укріплення Бактрії в Месопотамії витримали довгу облогу ще в 2130 році до нашої ери.

Найбільш відомою стародавньою фортифікаційною спорудою можна по праву вважати Велику китайську стіну (рис. 2). Велика китайська стіна (кит. *chángchéng*, - "довга стіна") - низка кам'яних та земляних

укріплень у північній частині Китаю, збудованих з метою захисту північних кордонів Китайської імперії від вторгнень різних кочових племен [3]. Найстаріша частина була збудована ще в IX столітті до нашої ери [4]. Зведення Великої китайської стіни датується початком робіт у VII ст. до н. е. і тривало до XVI сторіччя нашої ери включно. Загальна протяжність, за результатами досліджень, становить 21 196,18 км.



Рис. 2. Велика китайська стіна. [3]

Fig. 2. The Great Wall of China

Уздовж всієї Великої стіни споруджені каземати для охорони та сторожові вежі, а в головних гірських проходах - спеціальні укріплення - фортеці.

Каземат (фр. *casemate* від італ. *Casamatta* - "сліпе укріплення") - окреме внутрішнє приміщення в укріпленій фортифікаційній споруді (фортеці, форти тощо), що захищене від ворожого ураження і служить для розміщення гарнізону, складів боєприпасів, озброєння, продовольства тощо.

Такого плану фортифікаційні споруди відомі по всьому світу. Як приклад наведено декілька варіантів з європейської історії.

Верхньонімецько-реційський лімес (від лат. *Limes* - межа, кордон) - відрізок лімесу Римської імперії у вигляді оборонних споруд довжиною 568 км, що проходив між Рейном і Дунаєм. Починався біля містечка Райнброль і закінчувався біля берега Дунаю. Орієнтовні роки зведення 83-260 нашої ери.

Вал Оффи (валл. *Clawdd Offa*; англ. *Offa's Dyke*) - земляне укріплення протяжністю 240 км (рис. 3), споруджене у 757-796 роках,

яке частково збігається з сучасними кордонами Англії та Уельсу. Раніше служило прикордонним валом, який розділяв королівства Мерсію і Повіс [5].



Рис. 3. Вал Оффи. [5]

Fig. 3. Offa's Dyke. [5]

Висота насипу - 2,5 м, ширина досягає 20 м (включно з прилеглими ровами).

Вал (через середньовічна нім. *wal* від лат. *vallum*) [6] - оборонна споруда як окрема так і у складі фортець, замків, укріплених районів у вигляді високого насипу з крутим схилом, розташованим з боку ймовірного нападу противника.

На території України найбільш відомими стародавніми укріпленнями є Змієві вали. Це народна назва одного з видів дерево-земляних оборонних (белігеративних) споруд у вигляді довгих валів, які поширені на території Середньої Наддніпрянщини [7 – 9]. За інформацією на сьогодні загальна довжина валів становить більш ніж 950 км [9].

Змієві вали формують дев'ять оборонних ліній: Вітянсько-Бобринська; Стугнянсько-Ірпінсько-Тетерівська; Дніпро-Тетерівська; Дніпро-Кам'янська; Середній Пороський вал; Великий Пороський вал; Росько-Гуйвянська; Дніпровська лівобережна; Посульська.

Змієві вали є продуктом багатовікової історії населення сучасної території України. Початок будівництва валів для захисту осілого хліборобського населення лісостепу, його господарства та жилих поселень від легкої кінноти степових кочовиків, за дослідженнями істориків, датується X сторіччям до н.е., тривало до XI

сторіччя н.е. і навіть пізніше до XVI—XVIII сторіччя. Загрозу з боку степу підтверджує сама конструкція валів та загальна спрямованість їхніх ліній - вали хвилями розходяться з півночі на південь та південний схід, утворюючи паралельні лінії.

Змієві вали колись були потужними та складними укріпленнями - заввишки 10-15 метрів, шириною основи до 20 метрів, на дерев'яному каркасі, в деяких місцях у вигляді 5-6 паралельних земляних укріплень, із ровом глибиною до 2-3 метрів.

Серцевина насипу валів складалася або з випаленої глини (для перших споруд) або з дерев'яних зрубів – каркасу (рис. 4). Міцна основа перетворювала вали на справжню захисну стіну.

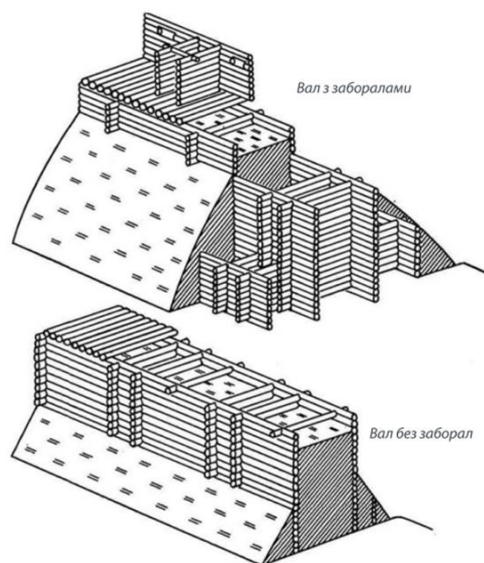


Рис. 4. Модель конструкції Змієвих валів. [9]

Fig. 4. Model of the structure of the Serpent's Ramparts [9].

Всі ці приклади є довготривалими фортифікаційними спорудами стратегічного рівня. В той же час під час воєнних компаній – походів з'явилися перші польові фортифікаційні споруди у вигляді найпростіших загороджень для прикриття таборів (місць стоянок війська), як то вали і рови (окопи), окрім того застосовувались частоколи і інші конструкції для зведення стін. Так давньоримська армія ніколи не вступала в битву, не маючи укріпленого табору, де знаходився обоз, поранені тощо [10]. Довготривалі укріплення – фортеці тих часів будувались і

з розрахунку більш потужних засобів ураження, як то катапульти, требушети, тарани тощо.

Саме поняття фортеця (від італ. *fortezza*, від лат. *fortis* - “сильний”) [1] - укріплений пункт з міцними капітальними спорудами, постійним гарнізоном, озброєнням та різними запасами, призначеними для тривалої кругової оборони.

З переходом від рабовласницького до феодального ладу і зменшення чисельності армій мистецтво будівництва польових

укріплень занепало.

В XI - XV століттях в країнах Західної Європи широкого розповсюдження і великого значення набули замки, фортеці (рис. 5), укріплені міста і монастирі. Всі вони будувались з передумов захисту від засобів ураження відомих в той період. З утворенням абсолютистських феодальних держав укріплення стали зводитися за єдиним планом в інтересах оборони країни, що зажадало систематизації знань у цій галузі.



а



б

Рис. 5. Фортеці. *а* - Білгород-Дністровська [11]; *б* - Кам'янець-Подільська [11].

Fig. 5. Fortresses: *a* – Bilhorod-Dnistrovskyi; *b* – Kamianets-Podilskyi.

Феодальна роздробленість і безперервні конфлікти між гордовитими лицарями - дворянами призвели до великого поширення в епоху Середньовіччя замкової архітектури. Якщо в попередні періоди головні зусилля фортифікаторів були спрямовані на захист міст або ж створення фортів із невеликими гарнізонами, то в період Середньовіччя саме замок стає головною оборонною спорудою. Замок (рис. 6) – це й житловий будинок, і фортеця, і сторожовий пункт тощо [12].

XIV століття стало переломним через появу нового фактору ураження - вогнепальної зброї, яка суттєво змінює уявлення про військове мистецтво у всіх його галузях, і оборонна архітектура мала реагувати на нову ситуацію настільки швидко, наскільки це можливо у будівельній справі [2]. З кінця XV століття

зброярі навчилися відливати чавунні ядра, а гармати оснащуються лафетами, до яких прикріпили колеса, що дозволило артилерії стати мобільною [13].

Зведення фортифікаційних споруд потребує значно більше часу, ніж лиття гармат. Як тільки гармати почали використовувати при штурмах фортець, їх міці було явно недостатньо для захисту. Спершу розпочали збільшувати висоту веж та стін, потовщувати стіни для сприйняття ураження артилерією, облаштування на стінах веж зі стрільницями різноманітної конструкції (найчастіше з круглим або ключоподібним отвором) для ручної вогнепальної зброї, що дозволяло доволі успішно протистояти раннім гарматам. Стрільниці були врізані із внутрішнього боку у товщу муру і мали бруствер, на який можна було сперти зброю.

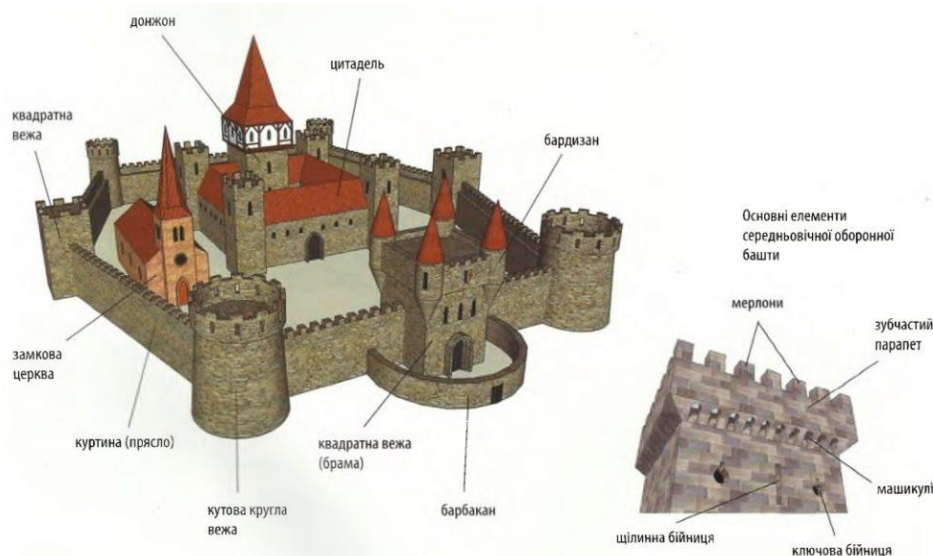


Рис. 6. Будова типового середньовічного замку. [12]
Fig. 6. Structure of a typical medieval castle.

Однією з перших відомих праць з фортифікації у XVI сторіччі по праву вважається робота німецького художника, математика і теоретика мистецтва Альбрехта Дюрера (нім. Albrecht Dürer, роки життя 1471 - 1528) під назвою “Настанова до укріплення міст, замків і фортець”, яка надрукована у 1527 році. Художник узявся за цю тему під враженням від появи вогнепальної зброї.

Ця робота написана була Альбрехтом Дюрером, спираючись на досвід великої кількості воєнних кампаній, свідком яких йому довелося бути. В ній знайшли своє відображення думки безпосередніх учасників воєнних компаній та погляди нюрнберзьких зброярів, і звісно ж власні ідеї Дюрера щодо архітектурного планування. Ідеї ці виявилися настільки плідними, що їх ще два століття запозичували інженери-фортифікатори різних країн Європи. Наприклад, запропоновані ним ронделі (він назвав їх бастеями) – великі споруди, що мали нагорі відкриту гарматну площадку, були добре захищені з фронту і флангів, і могли бути зруйновані лише за допомогою мін, – були реалізовані у фортеці Делля-Бокара у Вероні та у фортеці міста Шафгаузен у Північній Швейцарії. Дюреру ж належать і інші пропозиції, які пізніше використовувалися при зведенні фортифікаційних споруд, – тип

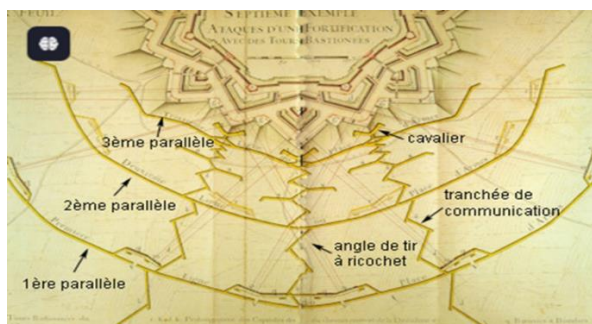
круглого форту-застави, квадратне укріплення тощо.

Бастея (через пол. *basteja*, нім. *Bastei* від італ. *bastia*) [14] – приземиста фортифікаційна будівля, призначена для використання вогнепальної зброї, чия форма і розміщення були по'язані із розвитком облогової артилерії. Мала форму півкола, підкови чи багатогранну, була висунута перед куртиною оборонного муру задля її захисту фланговим обстрілом з вогнепальної зброї. Мала відкриту горжу – не мала задньої стінки для швидкого провітрювання бойових позицій після пострілу.

Поява вогнепальної зброї та артилерії суттєво вплинула не лише на конструкцію фортифікаційних споруд. В частині довготривалої фортифікації змінились профілі огороження фортець і підходи до їх конструкції, як наслідок, це призвело до потреби в суттєвій або повній їх перебудові. Так само змінилась і польова фортифікація. З'явилися переривчасті, а потім суцільні лінії укріплень з насипних фортифікаційних споруд. Так, італійськими інженерами Дж. Маджі, М. Сан-Мікеле, Н. Тарталья та іншими було висунуто пропозиції, щодо вдосконалення огороження фортець. Слід відзначити, що їх роботи базувались на німецькій інженерній школі, засновником якої по праву вважається Альбрехт Дюрер.

У XVI - XVII ст. вперше з'являється термін “фортифікація”. Французький військовий інженер, маршал Франції Себастьян Ле Претр, маркиз де Вобан (фр. Sébastien Le Prestre, marquis de Vauban; роки життя

1633–1707) вперше узагальнив накопичений досвід зведення фортифікаційних споруд і запропонував розділити їх на польові і довготривалі. Розробив систему укріплень кордонів та оточив королівство кільцем потужних фортець [15-18]. Ця система отримала назву “залізний пояс” Вобана й до кінця XVIII століття зробила Францію



Майже в той самий час помітний внесок у теорію і практику фортифікації належить голландському військовому інженеру барону Менно ван Кугорну або Мінно де Кегорну (роки життя 1641-1704), який розробив систему прикриття державних кордонів шляхом зведення лінії фортець, проміжки між якими заповнювалися польовими укріпленнями або затоплювалися.

Міць фортець Кугорн бачив у великій кількості виступаючих бастионів, причому кожна зона стіни повинна була захищатися принаймні двома зонами з яких велось вогневе ураження, а самі бастиони мали бути автономними, щоб взяття одного не мало впливу на захист інших.

Кугорна називали “голландським Вобаном”, хоча він сам був противником Вобана і в 1692 успішно захищав від нього форт Вільгельм у Намюра, поки не був відрізаний від допомоги і змушений здатися.

В цей період загальний підхід до зведення фортець суттєво змінюється.

невразливою для зовнішніх ворогів. Його по праву можна вважати одним із найвизначніших військових інженерів своєї епохи.

Саме маркизу де Вобану належить створення перших інженерних підрозділів – саперів. Сама назва сапер походить з французького “sape”, що перекладається як - мотика, підкоп. У той час з'являється поняття “тиха сапа”, яким називають підземну траншею, прориту до ворожих укріплень з метою їх підриву.

Нижче на рис. 7 наведено схему штурму фортець за допомогою інженерних споруд, яку запропонував Вобан.

Рис. 7. Схема штурму фортеці за допомогою інженерних споруд за методом Вобана. [15]

Fig. 7. Scheme of storming a fortress using engineering structures according to the Vauban method

З'являється новий вид бастионних фортець, загальні схеми яких наведено на рис. 8.

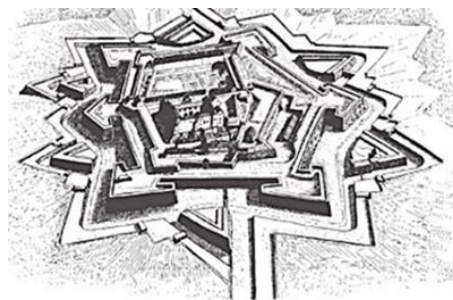


Рис. 8. Схеми бастионних фортець. [11]

Fig. 8. Schemes of bastion fortresses [11]

Бастіон (фр. *bastion*, італ. *bastionato* - “всяка виступаюча споруда”, від лат. *Bastilio* - “будую укріплення”) [14] – п’ятикутна довгочасна (фортечна) або польова фортифікаційна споруда, що зводилася на кутах фортечної огорожі, призначалася для вогневого захисту мурів, ровів і обстрілу місцевості безпосередньо перед укріпленням (рис. 9).

Дві передні сторони бастіону називалися фасадами, дві бічні - фланками, тильна, звернена до фортеці сторона - горжею. Бастіони дозволяли більш ефективно обстрілювати з флангу (фланкувати) підступи до куртини.

Куртина (італ. *cortina* - “завіса”) [14] – середня частина фортечного бастіонного фронту, що з’єднує фланки суміжних бастіонів (рис. 9). Куртина зазвичай була об’єктом атаки обложників, які прагнули зробити в ній пролом для штурму. У кінці XVI сторіччя перед куртиною стали зводити особливу споруду - рavelін, який прикривав куртину від вогню і утруднював атаку. З цього часу атака стала спрямовуватися на бастіон.

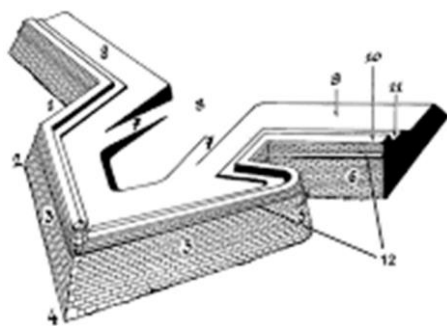


Рис. 9. Загальна схема бастіону.

1 – фланк; 2 – плече; 3 – фас; 4 – вихідний кут; 5 – орильон; 6 – куртина; 7 – аппарель; 8 – горжа; 9 – валганг; 10 – бруствер; 11 – банкет; 12 – кордон. [14]

Fig. 9. General scheme of the bastion.

1 – flank; 2 – shoulder; 3 – face; 4 – exit angle; 5 – orillon; 6 – curtain; 7 – rampart; 8 – gorge; 9 – valgang; 10 – parapet; 11 – banquet; 12 – cordon.

Рavelін (лат. *ravelere* - “відокремлювати”) - фортифікаційна споруда трикутної форми, яка розташовувалася перед куртиною

попереду фортечного рову в проміжку між бастіонами, що служила для перехресного обстрілу підступів до фортечного обводу, підтримки своїм вогнем сусідніх бастіонів (рис. 10).

Мури рavelіну, як правило, були на метр-півтора нижче мурів центральної фортеці, щоб у разі захоплення рavelіну полегшити його обстріл.

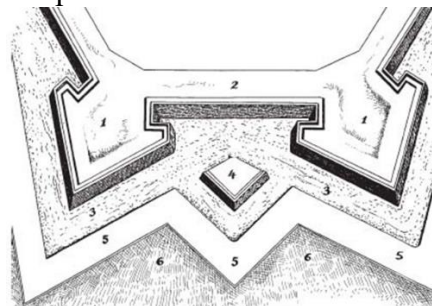


Рис. 10. Схема частини фортеці бастіонного типу. 1 - бастіон; 2 - куртина; 3 - ров; 4 - рavelін; 5 - гласіс. [14]

Fig. 10. Scheme of part of the bastion-type fortress. 1 - bastion; 2 - curtain wall; 3 - moat; 4 - ravelin; 5 - glacis.

Редюїт (фр. *reduit* - притулок) [14] – внутрішнє укріплення, споруджуване в зімкнутих укріпленнях для їх посилення і бою всередині останніх, чим дещо відрізняється від редуту. Спочатку редюїт служив притулком для гарнізону, атакованого і притиснутого з усіх боків. Під редюїтом розуміється також останній оборонний опорний пункт у вигляді малого зміцнення, поміщеного всередині іншого, більшого, який є останнім оплотом захисників. Наприклад, у класичній фортифікації цитадель є редюїтом фортеці.

У XVII - XIX століттях поняття “фортифікація” охоплювало вже не тільки створення і застосування фортифікаційних споруд в системі зміцнення місцевості, але і будівництво військових доріг, мостів, влаштування переправ і загороджень, ведення облоги і оборони фортець (укріплених місць, монастирів), маскування.

Важливість бастіонів зменшилася наприкінці XVIII століття, коли почали будувати капоніри, зведення яких набуло розповсюдження у XIX столітті. Капонір

був невеликим, з повністю побудованим обладнанням, призначеним для близького захисту рову чи іншої оборонної лінії під час штурмів ворога.

Капонір (фр. *caponniere* – “ніша”) – фортифікаційна споруда, що забезпечує ведення флангового або поздовжнього (косоприцільного) вогню в двох протилежних напрямках. Капонір зазвичай встановлюється як казематна споруда важкого типу в системі польових позицій та довготривалих укріплень на зворотних схилах або за пагорбами на місцевості.

Окрім капонірів існували такі фланкуючі споріднені споруди [19]: напівкапонір – фланкуюча споруда для ведення вогню у одному напрямку; відкритий капонір – відкрита зверху частина фортеці, що виступає у рів для ведення вогню у одному або двох напрямках; косий капонір – капонір, що зведено під непрямым кутом до валу фортеці; тильний капонір – двоповерхова споруда у тильній частині. З його нижньої частини прострілювався рів, а з верхньої – місцевість між цією оборонною спорудою та сусідніми.

В цей період з'являються різні види споруд польової фортифікації: редути, люнети, шанці тощо ...

Редут (фр. *redoute* – “укриття, опорний пункт”) – фортифікаційне укріплення замкненого виду, як правило (але не обов'язково) земляне, з валом та ровом, призначене для самостійної оборони [20, 21]. Бувався частіше всього в формі чотирикутника, хоча існували і п'яти- та шестикутові редути. Зазвичай мав в довжину 50–200 кроків, залежно від чисельності гарнізону, що нараховував 200–800 чоловік. Редути відомі з XVI століття, широко використовувались в XVII–XIX століттях в ролі опорних пунктів.

Редути склалися із зовнішнього рову і валу з земляною ступінню. Вал утворював чотири фаси: фронтовий, два бокових і горжевий (з тильної сторони), причому за останнім встановлювали насип (траверс) для обстрілу ворога, якщо він намагатиметься використати прохід.

Люнет (фр. *lunette*, букв. – “маленький місяць”) – польова фортифікаційна споруда, що складалася з 1–2 фасів та 2 фланків і відкрита з тилу [19].

Шанець (нім. *Schanze* – “окоп”, “укріплення”) – земляна польова фортифікаційна споруда, яка слугує захистом від обстрілу станціонарної чи технічної артилерії, або уражень зі стрілецької зброї супротивника.

У ширшому значенні, шанці – це загальна назва польових та військових укріплень у Північній Європі з Пізнього середньовіччя до початку XIX століття. Зокрема, подібні укріплення набули поширення в часи громадянської війни в Англії в XVII столітті (рис. 11).



Рис. 11. Англійський шанець 1627 року в Нідерландах. [19]

Fig. 11. English trench of 1627 in the Netherlands.

Блокгауз (нім. *Blockhaus* – “дім з колод”) – фортифікаційна споруда, призначена для ведення кругового стрілецького і артилерійського вогню, а також проживання гарнізону [22].

Блокгаузи будували спершу із дерева (рис. 12), про що свідчить походження цієї назви, але з часом стали застосовувати: камінь, бетон, сталь. Для ведення вогню блокгаузи оснащуються амбразурами. Дерев'яні блокгаузи у польовій фортифікації вперше були застосовані прусською армією у 1778 році.

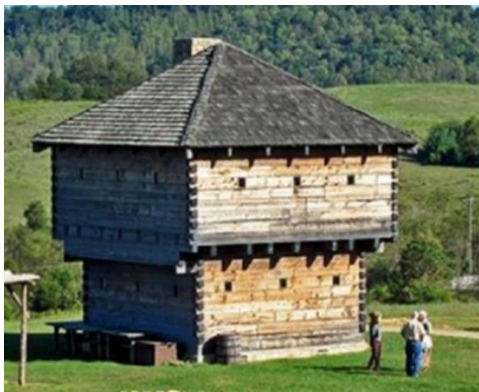


Рис. 12. Блокгауз з дерев'яних брусів. [22]

Fig. 12. Blockhouse made of wooden beams. [22]

У довгостроковій фортифікації блокгаузи застосовувалися головним чином для прикриття мостів, при обороні у містах, лісисто-болотистій місцевості, гірських проходах і системі довгострокових укріплень. Блокгаузи часто зводилися як замкнуті споруди всередині укріплень (фортець), або інших особливо важливих місцях, як останній рубіж оборони.

Слід окремо приділити увагу і нашому козацтву. Козаки першими використали метод викопування шанців, який виявився надійнішим способом захисту від стрільянини в степовій місцевості. Козацькі шанці складалися з окопів, ровів і ям, де козаки ховалися від обстрілу. Кожен козак повинен був мати при собі лопату-кирку, щоб навіть під час бою можна було спорудити шанець чи інше укріплення [23]. Уміння швидко і якісно звести інженерні укріплення було для козацтва, з огляду на часту перевагу сил ворога, питанням життя і смерті. Боплан відмічав, що 500 татар не наважувались атакувати 50-60 козаків, якщо ті знаходилися під захистом табору, а сто козаків в таборі можуть відбитися і від тисячі поляків. Під час бою, особливо проти озброєних потужною артилерією поляків чи турок, козаки лягали під вози й стріляли лежачи. У разі необхідності вози засипали землею або взагалі вкопували в ґрунт [23].

З Літопису Самійла Величка відомо, що у битві під Жовтими Водами у 1648 році, військо Речі Посполитої та українське козацько-селянське військо під проводом Богдана Хмельницького оточували свої

обози окопами, де перечікували гарматні обстріли, оборонялись, та з яких переходили у наступ: “Поляки ... на полтори тисячі свого стративши товариства, зь великимь бѣдствомь і ранами zostали вьгнани шаблями до окопу свого” [24].

Під час кількох війн XIX сторіччя (Кримська війна 1853-1856 рр., франко-пруська війна 1870-1871 рр. і російсько-турецька війна 1877-1878 рр.) у зв'язку з появою нарізної зброї ще більших змін і подальшого розвитку набуває польова фортифікація, яка набуває вигляду суцільних позицій, що складаються з окопів, вогневих позицій, бліндажів та інших укриттів. До зведення укріплень стали залучатися не лише саперні підрозділи, але і інші війська, для чого вони отримали шанцевий інструмент. Довготривала фортифікація також змінюється, у зв'язку з підвищенням дальнобійності артилерії був розроблений новий тип фортових фортець із винесеними вперед двома поясами фортів і укріпленнями в проміжках між ними.

Для захисту від бризантних і фугасних снарядів, які були створені наприкінці XIX сторіччя, під час будівництва фортець стали застосовувати бетон і броньові конструкції, що вимагало подальшого розвитку теорії фортифікації. До початку XX сторіччя все це виділилося в самостійну галузь військово-інженерного мистецтва, а теоретична та практична області застосування фортифікації були обмежені питаннями влаштування укріплень та їх використання.

Істотні зміни в поглядах на фортифікацію відбулися після Російсько-японської війни 1904-1905 років. Військові повсюдно відмовлялися від насипних фортифікаційних споруд (редутів, люнетів, шанців тощо) і перейшли до заглиблених оборонних споруд. Польові укріплення було запропоновано будувати в 2-3 лінії на глибині 2-4 км і мати тилкові оборонні позиції. Разом з тим основу системи прикордонних та приморських укріплень, як і раніше складали довготривалі фортифікаційні споруди - фортеці.

Наступний великий етап зміни концепції фортифікаційних споруд відбувся під час першої світової війни (1914-1918 роки). Війна принесла багато змін як в потужність і дальnobійність засобів ураження так і виявила недосконалість оборонних ліній, що базувались на системі фортець. Більшість фортець Бельгії, Франції та Росії в ході цієї війни були захоплені після доволі нетривалого опору. Лише деякі з них витримали тривалу облогу, а французька фортеця Верден вистояла лише тому, що стала частиною загального укріпленого району.

Суттєвих змін зазнала і польова фортифікація. Воюючі армії окопалися по обидва боки Західного і Східного фронтів та фактично зупинили суттєве просування перебуваючи перед вогневою міццю супротивника. Перша світова війна увійшла в історію як перша окопна війна. В ході цієї війни, конструкція окопів послідовно розвинулась від простої канами до складної оборонної системи, основу якої склали три основні елементи: ламана лінія окопів, дротяні інженерні загородження та кулемети. А далекобійність артилерії призвела до потреби зведення глибоко ешелонованої оборонної лінії в якій кількість ліній окопів збільшилась.

Типова лінія оборони, перед нейтральною смугою, мала передову позицію з 3-4 ліній окопів у повний зріст (рис. 13), на відстані 100 метрів один від одного, з'єднаних чисельними ходами сполучень (рис. 14). Через 2-3 км створювалась друга позиція, теж з трьома лініями окопів, за якими розгорталась артилерія. Третя позиція, як правило, недобудована, передбачалась вже на відстані гарматного пострілу (4-6 км).

Застосування ручних гранат, великої кількості кулеметів і артилерії великих калібрів на фронті призвело до якісного стрибку в розвитку польової фортифікації. Захист від артилерійського обстрілу став життєво необхідним для піхотинця. В окопах почали встановлювати протигранатні сітки, протишрапнельні

козирки, будувати бліндажі - землянки з кількорядним покриттям

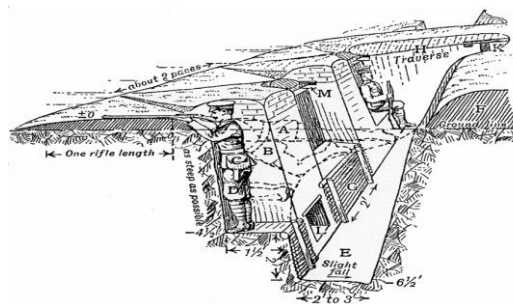


Рис. 13. Схема окопу (траншеї) з керівництва для піхотних підрозділів Великої Британії 1914 року. [25]

Fig. 13. Trench layout from the British Infantry Manual of 1914. [25]

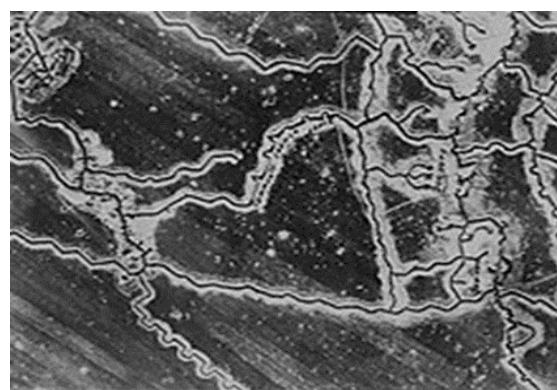


Рис. 14. Схема окопів Першої світової війни. [25]

Fig. 14. World War I trench layout. [25]

дерев'яними колодами - накатами, з передумови, щоб таке покриття змогло б витримати 6-дюймовий снаряд (152.4 мм) [25].

Широкого поширення набули локальні укриття для піхоти, так звані “лисячі нори” - ніши, викопані в передній стінці окопу з розрахунку на одну людину. Для оборони ближніх підступів, від бруствера, спочатку викопувались винесені вперед стрілецькі окопчики, а потім кулеметні гнізда, які мали забезпечувати хороший сектор фронтального обстрілу, без мертвого простору, не менше 200 кроків, огляд не менше 1000 кроків по фронті і фланговий вогонь. Передня лінія траншей - окопів сполучалась з тилловими лініями окопів. Всі підходи до позицій були прикриті мінними полями, фугасами і колючим дротом в кілька рядів. Оскільки близький вибух снаряда міг зруйнувати цілі ділянки траншей, то їх стіни і відкоси почали підсилювати різними елементами, в хід йшли: дошки, дрібні дерев'яні колоди, плетений тин, листова сталь, мішки з землею.

Саме поняття бліндаж (фр. blindage, від blinder - “покривати заслонами, бронювати”) - заглиблена в землю фортифікаційна споруда, має міцне покриття прикрите шаром ґрунту, влаштоване на бойових позиціях для укриття особового складу від артилерійського та іншого вогню противника.

Для тиллових ліній оборони, де була можливість, почали масово застосовувати залізобетон та бронесталь. Будували лінії фортифікаційних споруд з підвищеними захисними властивостями з закритими вогневими спорудами, бліндажами і командними пунктами та іншими приміщеннями необхідними для функціонування, проводили в них електрику та телефонний зв'язок.

За спогадами генерала Брусилова, на заболочених ділянках Волинського Полісся, окопи влаштовували над поверхнею землі з колод, прикритих із зовнішньої сторони ґрунтом. Особлива увага приділялась маскуванню позицій, збереженню окопів від затоплення. Ретельно приховували місця

розташування вбиралень у головній траншеї, тому що вони часто були основним об'єктом для вогню противника (там завжди було скупчення солдат).

Якщо війська надто довго перебували в окопах, то поширювались захворювання викликані антисанітарією, розповсюдженням гризунів, постійно мокрими та холодними ногами, а також вошами. Хвороби не розрізняли національностей, і обидві сторони страждали однаково [26]. З'явилася і “окопна тактика” ведення війни з метою вимотування противника та виснаження його економіки, що працює на постачання фронту. Противник заганявся артилерійським вогнем в укриття, а атакуюча піхота підходила настільки близько до окопів супротивника під час артилерійського обстрілу, що вона встигала після припинення (перенесення) артвогню добігти до них швидше, ніж оборонці встигали відкрити вогонь зі стрілецької зброї по атакуючих. Нерідко для цього проводилося планомірне зближення власних окопів з окопами супротивника. Викопували приховані підземні тунелі, що підходили практично впритул до ворожих окопів, вихід з яких відкопувався тільки під час артпідготовки до атаки.

Використовувалась величезна кількість артилерійських снарядів. Поки атакуюча сторона тягла через зруйновану проривом місцевість артилерію, боєприпаси та піхотні підкріплення, сторона яка оборонялась, спираючись на не зруйновані лінії постачання, встигала організувати нові оборонні лінії.

Неможливість подолати укріплену окопами лінію оборони спонукала до розробки нових озброєнь та засобів ведення бою. Вперше на полі бою з'являються танки, широко застосовуються дирижаблі і літаки, кулемети, вогнемети, зенітні та протитанкові гармати, міномети, гранатомети, бомбомети, далекобійні гармати, ручні гранати, хімічні та димові снаряди, бойові отруйні речовини та протигазу [26].

Як бачимо розвиток озброєння впливає на подальше удосконалення фортифікації,

яка в свою чергу спонукає до подальшого покращення засобів ураження.

Так, поява танків призвела до створення в системі загороджень спеціальних ровів, застосування надовбнів, бар'єрів тощо.

До кінця Першої світової війни склалася система польових укріплених смуг і

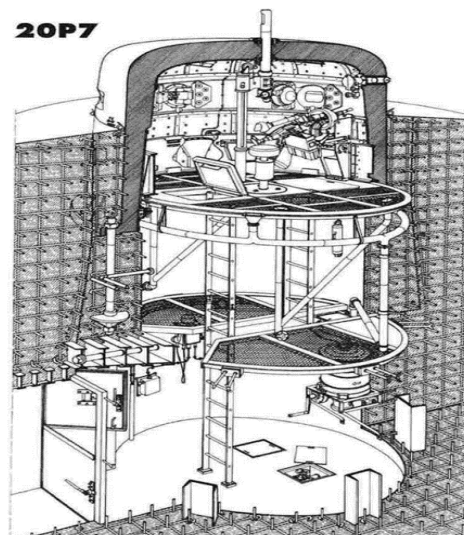
позицій, основою яких стали траншеї, обладнані в бойовому і логістичному порядку, а також закриті вогневі споруди та укриття.

Вперше почали використовуватись вогневі позиції у вигляді бронековпаків (рис. 15) [27].



Рис. 15. Бронековпаки 30-х років минулого сторіччя. [27].

Fig. 15. Armored helmets from the 1930s. [27].



У період між Першою і Другою світовими війнами фортифікаційні споруди в основному зводились для захисту кордонів і в прикордонних районах. Намітився чіткий перехід довготривалої фортифікації від системи фортець до нових форм оборони у вигляді укріплених районів. Наприкінці 20-х – поч. 30-х рр. прикордонні укріплені лінії були створені в ряді європейських країн (“Лінія Мажино”, “Лінія Зіґфріда”, “Лінія Маннергейма”, “Лінія Молотова”).

Укріплений район - район або смуга місцевості, обладнані системою довготривалих і польових споруд в поєднанні з різними інженерними загородженнями та підготовлені для ведення тривалої оборони спеціально призначеними військами самостійно або у взаємодії із загальновійськовими частинами. Базувались укріплені райони на вузлах оборони які створювались з довготривалих вогневих споруд так званих ДОТ.

Довготривала вогнева точка [28], також зустрічається довготривала оборонна точка,

скорочено: ДОТ (англ. pillbox) - капітальна залізобетонна фортифікаційна споруда для прикриття артилерійської чи кулеметної зброї, її обслуги, призначення для ведення довготривалої оборони (рис. 16).



Рис. 16. ДОТ № 417 Київського укріпленого району. [28]

Fig. 16. DOT No. 417 of the Kyiv fortified district. [28]

Подібно до інших видів довготривалих фортифікаційних споруд, ДОТ захищав особовий склад від проєктних засобів ураження та надавав їм можливість вести

вогонь по противнику через амбразури, спонсони і баштові надбудови.

На початку 30-х років XX сторіччя вже визначається чітка класифікація фортифікаційних споруд в залежності від засобів ураження. Так, ДОТ розділяли на такі групи [28]: 1 - плита покриття товщиною 1,1 м, фронтальні стіни 1,5 м з монолітного залізобетону, повинні витримувати поодинокі ураження 203-мм снарядом гаубиці та/або 152-мм снарядом гармати; 2 - плита покриття товщиною 0,9 м, фронтальні стіни 1,35-1,4 м з монолітного залізобетону, повинні витримувати поодинокі ураження 152-мм снарядом гаубиці та 152-мм снарядом гармати; 3 - плита покриття товщиною 0,6 м, фронтальні стіни 0,9 м з монолітного залізобетону, повинні витримувати поодинокі ураження 122-мм снарядом гаубиці та 76-мм снарядом гармати.

Паралельно існувала класифікація за протихімічною захищеністю [28]: тип "Б" - усі споруди з протихімічними (герметичними) приміщеннями; тип "М" - усі споруди без протихімічного приміщення. Для прикладу, споруда без протихімічного приміщення групи захищеності 2 маркувалась як "М2".

У 20 - 30-х рр. зазнали істотних змін і погляди на польову фортифікацію. Було підняте питання застосування фортифікаційних споруд в інтересах забезпечення високоманеврових бойових дій. Виходячи з ідеї розчленування бойових порядків на дрібні групи (розрахунки), було запропоновано відмовитися від системи траншей і перейти до окремих окопів і споруд (дерево-земляних, зі збірного чи монолітного залізобетону або бетону), які повинні були об'єднуватися за допомогою ходів сполучення в опорні пункти, де передбачалося також споруджувати укриття для особового складу та військової техніки. У Франції, Німеччині та інших європейських країнах в питаннях польової фортифікації продовжували дотримуватися поглядів, що склалися протягом Першої світової війни, тому конструкції і типи їх фортифікаційних

споруд в післявоєнні роки великих змін не зазнали.

Під час радянсько-фінської війни (1939-1940 рр.) вперше застосовується термін дерево-земляна оборонна точка або ДЗОТ. ДЗОТ являв собою закриту польову фортифікаційну споруду для ведення вогню з кулеметів і гармат, що зводилась з дерев'яних колод із захисною товщею з ґрунту, каменю, щебню тощо. В ДЗОТх стіни зазвичай також робились подвійними з улаштуванням між ними захисної товщі з ґрунту, каменю тощо.

З досвіду війни в Іспанії 1936-1939 рр., з'явилася тенденція до ширшого застосування при обладнанні польових позицій залізобетонних і броньових конструкцій, стали надавати більшого значення фортифікаційній підготовці позицій і районів розташування військ.

З'являються такі унікальні споруди як протитанкові вогневі точки або ПТОТ (рис. 17) [29]. Будувалися подібні споруди біля доріг та на напрямках, де прорив броньованих машин супротивника був найімовірнішим.



Рис. 17. Протитанкова вогнева точка або ПТОТ. [29]

Fig. 17. Anti-tank firing point or PTOT. [29]

Будувались і інші фортифікаційні споруди, такі як: капоніри і напівкапоніри, тощо. Напівкапонір – це фортифікаційна споруда, яка веде фланговий вогонь в одному напрямку, капонір же мав можливість вести вогонь у двох протилежних напрямках.

Довготривалі фортифікаційні споруди тих часів обладнувались спеціальними перископами, радіостанціями, телефоном, а для внутрішньої комунікації переговорними трубами.

Німецька армія на початку Другої світової війни зазвичай обмежувалися застосуванням самообкопування і пристосуванням до оборони населених пунктів; лише після поразки під Москвою вони стали створювати оборону, що складалася з двох оборонних смуг загальною глибиною 10-15 км. Радянські війська в початковий період війни широко використовували підготовку в тилу оборонних рубежів і ліній оборони оперативного і стратегічного значення; для їх влаштування залучалися спеціальні формування та місцеве населення. З 1943 року основним елементом укріплення військових позицій стала система траншей і ходів сполучення в поєднанні з деревоземляними, бетонобетонними, залізобетонними і броньованими спорудами. Конструкції та типи фортифікаційних споруд були значною мірою вдосконалені, надземні габарити зменшилися, захисні властивості підвищилися. Підвищуючи стійкість оборони, польова фортифікація в цьому сприяла успіху бойових дій радянських військ.

У ході Другої світової війни пануючою формою в фортифікації стали укріплення, що влаштовувалися військами в інтересах забезпечення бою (операції). Поступово збільшувалася глибина позицій і смуг в обороні, обладнувалися тиліві оперативні та стратегічні оборонні рубежі, вихідні плацдарми для наступу. У глибокому тилу проводилася підготовка до оборони міст і великих населених пунктів.

Для укріплення особового складу широкого розповсюдження набуває будівництво землянок (рис. 18), бліндажів (рис. 19) і укріплень особового складу з дерев'яних колод засипаних чи обсіпаних ґрунтом. Покриття виконувалося з колод діаметром 160-180 мм в декілька шарів – накатів. Для забезпечення достатнього рівня захисту від

існуючих загроз, а це поодинокі пряме ураження снарядами 152 мм та мінометними мінами 122 мм влаштовували покриття в три накти і товщиною засипки ґрунтом до 1200 мм. Слід зазначити, що схеми цих споруд майже не змінилися з тих часів і досі надаються для застосування [30].

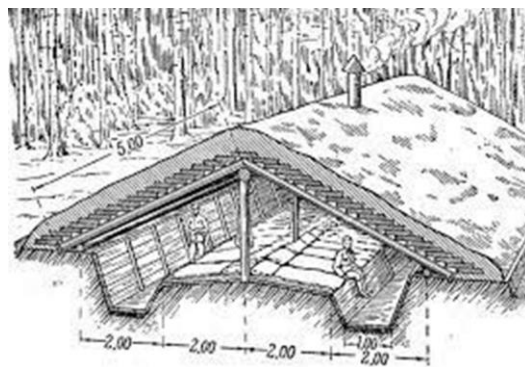


Рис. 18 Конструкція землянки з дерев'яних колод. [30]

Fig. 18. Construction of a dugout made of wooden logs. [30]

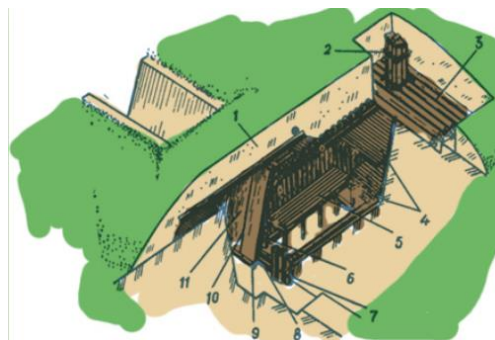


Рис. 19 Конструкція бліндажу з дерев'яних колод. [30] 1 – перекрита ділянка траншеї; 2 – вентиляційний короб; 3 – накат; 4 – нари; 5 – місце для сидіння; 6 – піч з місцевих матеріалів; 7 – стояк входу; 8 – дверний щит; 9 – привантажувальний елемент завіси; 10 – тяги з 2-міліметрового відпаленого дроту; 11 – герметизувальна завіса.

Fig. 19. Construction of a dugout made of wooden logs. 1 – covered section of the trench; 2 – ventilation duct; 3 – roll-up; 4 – bunks; 5 – seating area; 6 – stove made of local materials; 7 – entrance riser; 8 – door panel; 9 – loading element of the curtain; 10 – rods made of 2-millimeter annealed wire; 11 – sealing curtain.

З застосуванням стратегічної бомбардувальної авіації, а згодом і перших некерованих ракет виникає потреба в захисті об'єктів стратегічного значення і цивільного населення в глибокому тилу. Вперше з'являються споруди для захисту цивільного населення і об'єктів критичної інфраструктури від наявних засобів ураження, в першу чергу: ракет і авіаційних бомб.

Так в Королівстві Велика Британія через велику складність зведення повноцінних бомбосховищ в існуючій забудові значного розповсюдження набули індивідуальні частково заглиблені укриття з гофрованої сталі і обсыпкою ґрунтом, так звані “укриття Андерсона”. Такі укриття не забезпечували повноцінний захист від засобів ураження повітряного нападу противника, однак їх було цілком достатня для захисту від дії факторів ураження при непрямому влучанні: ВУХ і осколків.

З часом, індивідуальні укриття цивільного захисту (далі - УЦЗ) в Королівстві Велика Британія набули настільки великого розповсюдження, що їх почали прикрашати на свій розсуд, наче змагаючись один з одним.



Паралельно, з індивідуальними УЦЗ певного розповсюдження набула ідея створення індивідуальних захисних капсул.

Окрім капсул впроваджувалась ідея захисних місць в житлових приміщеннях, так звані “укриття Моррісона”. Ця ідея живе і досі, хоча і має обмежене використання і забезпечує сумнівний захист. Сучасні подібні сховища виготовляються підвищеної міцності і навіть з запасами води і їжі, таким чином навіть при обвалі споруди, таке місце залишається цілісним навіть під завалами будинку і дозволяє дочекатись рятувальників.

В Німеччині були створені ще більш цікаві споруди цивільного захисту Luftschutzturm Bauart (рис. 20), [31].

Бомбосховища цікавої конструкції, основною ідеєю зведення яких, було те, що авіаційна бомба, не могла пробити дах, сковзала по стінах і вибухала біля масивної досить потужної основи, не завдаючи шкоди споруді в цілому. Окрім того з місця пілоту бомбардувальника така споруда б виглядала як точка, що значно ускладнювало їх ураження.

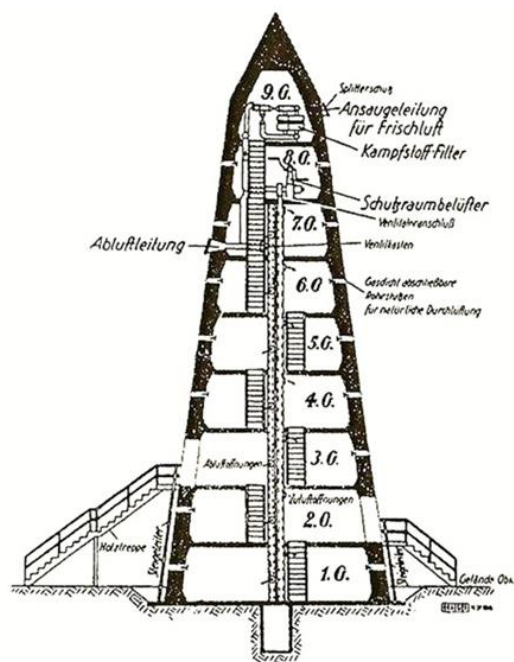


Рис. 20. Загальний вигляд і розріз споруд цивільного захисту Luftschutzturm Bauart. [31]

Fig. 20. General view and section of civil defense structures Luftschutzturm Bauart. [31]

Башти протиповітряної оборони або зенітні башти (нім. Flaktürme, англ. Flak towers) [32] – ряд бетонних споруд, побудованих на території Німеччини та її союзників для захисту від стратегічних бомбардувань під час Другої світової війни.

Всього було зведено три покоління зенітних башт.



Рис. 21. Вежа першого покоління Flakturm IV у Гамбурзі. [32]

Fig. 21. First generation Flakturm IV tower in Hamburg. [32]

Перше покоління веж мало загальні габаритні розміри в плані 70.5 м × 70.5 м, висотою 39 м (рис. 21). Друге покоління веж мало загальні габаритні розміри в плані 57 м × 57 м, висотою 41.6 м. Третє покоління веж мало загальні габаритні розміри в плані 43 м × 43 м, висотою 54 м (рис. 22).



Рис. 22. Вежа третього покоління в Аугартене. [32]

Fig. 22. Third generation tower in Aughar-tene. [32]

У кожній башті був свій колодязь з питною водою, власна електростанція, два вантажні ліфти, великі склади боєприпасів та їжі. Стіни веж були завтовшки 2,6 м, а дах був зроблений з залізобетону товщиною 3,8 м. У баштах першого покоління проєкт передбачав великі вікна, оскільки вважалося, що на території Німеччини бойові дії вестись не будуть, і, відповідно, не виникатиме необхідність оборони від наступаючих наземних військ. Башти другого і третього поколінь вже були позбавлені цього недоліку.

Водночас широко застосовувались підземні УЦЗ від засобів повітряного нападу противника з цільної деревини з обвалуванням ґрунтом.

Дуже часто в якості бомбосховищ використовували підвали в існуючих будинках. Нажаль, не всі підвали витримували ураження засобами повітряного нападу, і часто перетворювались в братські могили, через що в Королівстві Велика Британія широкого розповсюдження набуло використання станцій метро. Також, паралельно, було розроблено декілька інженерних рішень щодо підсилення будівельних конструкцій існуючих підвалів. Основними технічними рішеннями стали підпорки з деревини, які впирали в підлогу або ґрунт підвалів і підпирали перекриття, згодом, додатково почали влаштовувати додаткові перекриття, які могли уберегти у випадку руйнування існуючого перекриття підвалу та стали застосовувати у якості елементів підсилення не лише деревину.

Найпростішими укриттями яке використовувало цивільне населення від засобів повітряного нападу противника, в основному авіаційних бомб стали щілини – земляне укриття найпростішого вигляду, яке зазвичай виглядало як звичайна траншея і були відкритими і перекритими (рис. 23) [30].

Були і спроби використовувати в якості найпростіших укриттів залізобетонні труби, які закопувались в землю або обкладались мішками з піском. З цією ж метою можна було використовувати і сталеві труби великої товщини стінки.

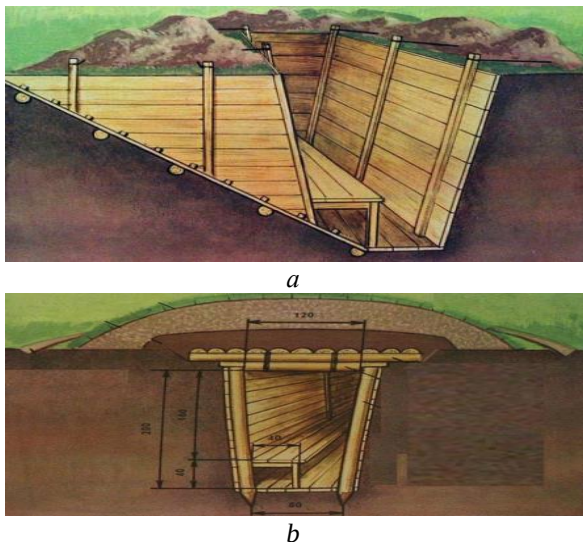


Рис. 23. Щілини: *a* – відкрита; *b* – перекрита. [30]

Fig. 23. Gaps: *a* – open; *b* – closed. [30]

Слід зазначити, що і важливу інфраструктуру воєнного часу, в основному, заводи воєнно-промислового комплексу і військові бази почали захищати від засобів ураження. В основному такі об'єкти переміщали під землю і захищали бетонними конструкціями великої товщини. Також широко застосовувався метод територіального розосередження стратегічно важливих об'єктів промисловості.

Однією з відомих споруд є база підводних човнів у Лор'яні (рис. 24) [33] – бункерний комплекс, розташований у Лор'яні (Бретань, Франція). Початок будівництва 1941, повністю завершено в 1944 році.



Рис. 24. База підводних човнів у Лор'яні. [33]

Fig. 24. Submarine base in Lorient. [33]

База складалась з трьох бункерів: Кероман-I, II і III, та двох купольних бункерів, розташованих в районі рибальського порту Кероман, а також бункера, розташованого в Ланесте, на березі річки Скорфф. Для їх спорудження було залучено 15 000 будівельників і використано майже мільйон кубометрів бетону. Три бункери Кероман мають від п'яти до семи тунелів, призначених для розміщення підводних човнів, мали товщину перекриття 3.5 м для Кероман-I, II та 7.5 м для Кероман III і стіни товщиною від 7 м. Товщина покриття збільшувалась зі збільшенням здатності нових авіаційних бомб, які постійно удосконалювались і розроблялись спеціально для ураження подібних захищених об'єктів важливої інфраструктури.

Як видно з рис. 24 покриття влаштовувалось з подвійною захисною плитою між якими розміщено залізобетонні балки. Це дало змогу значно збільшити захисні властивості покриття в цілому. Фактично вперше був застосований принцип віднесення точки епіцентру вибуху, який відбувався на верхній плиті покриття.

Так само з подвійними перекриттями почали будувати підземні каземати, які мали захищати від ураження авіаційними бомбами. Фактично вже з'являється схема зведення захисних споруд з верхньою бетонною плитою – “тюфяком” і розподільчою товщею ґрунту.

Після другої світової війни почався період інтенсивного розроблення озброєння масового ураження та високоточних ракет середнього і дальнього радіусів. Це призвело до нових викликів і перед інженерами, щодо фортифікаційних та споруд цивільного захисту. У польовій фортифікації намітилися тенденції до уніфікації споруд, їх будівництву зі збірно-розбірних конструкцій промислового виготовлення при максимальній механізації робіт, широкому застосуванню при обладнанні позицій землерийних машин. Основний принцип був закладений в радянські часи і відштовхувався від

організаційно-штатної структури армії. Цим принципом передбачалось підготовка кожним бійцем одиночного окопу для себе (рис. 25), після чого з'єднання одиночних окопів відділення траншеями, обладнання перекритих щілин чи інших типів укриття та інженерних загороджень, далі відділення об'єднували свої позиції до взводного опорного пункту (далі – ВОП), який в подальшому удосконалюється у бойовому і

господарському відношенні (обладнуються хибні вогневі позиції, бліндажі, хід сполучення в тил пристосовується для ведення вогню, обладнуються підбрустверні протиосколкові ніші, влаштовується одяг траншей і ходів сполучення) після чого декілька ВОП об'єднуються між собою в ротний опорний пункт (далі – РОП) [34 – 37].

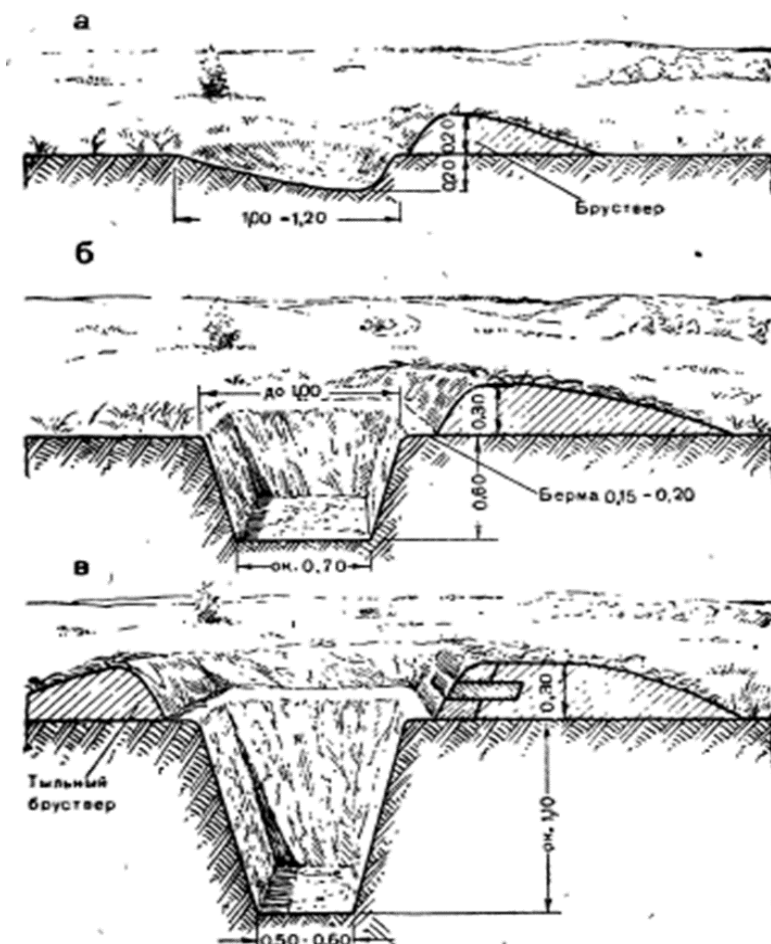


Рис. 25. Одиночний окоп. а – для положення стрільби лежачі; б – для положення стрільби з коліна; в – для положення стрільби стоячи. [36]

Fig. 25. Single trench. a – for the prone firing position; b – for the kneeling firing position; c – for the standing firing position

РОП розтягується на 1-1,5 км по фронту і до 1 км в глибину, при цьому кожен ВОП має забезпечувати оборону – до 400 м по фронту і до 300 м у глибину. Проміжки між РОП повинні бути до 1000 м, а між ВОП – до 300 м.

Окрім того розроблялись основні схеми фортифікаційних споруд які мало чим змінювались з часів другої світової війни і

фактично досі, без ґрунтовних розрахунків використовуються при зведенні ліній оборони.

Основні види фортифікаційних споруд та особливості їх зведення наведено в [36, 37] звідки, з певною адаптацією, вони з'являлись і в іншій навчально-методичній та рекомендаційній літературі. Для цих типових споруд можна знайти прорахований

об'єм матеріалів та затрат людських ресурсів.

Слід зазначити, що всі ці споруди повинні витримувати поодинокі ураження 155-мм снарядом гаубиці або гармати та ураження 120-мм мінометом для тактичного рівня.

Для забезпечення потрібного рівня захищеності також часто рекомендується використання багат шарових конструкцій при зведенні фортифікаційних, захисних споруд і укриттів особового складу. Так при зведенні споруд з дерев'яних колод можна використовувати рішення з подвійними стінами чи перекриттями з деревини з засипкою порожнини між ними ґрунтом чи гравієм (рис. 26) [37].

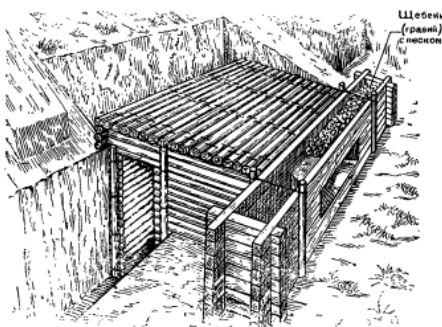


Рис. 26. Фортифікаційна споруда з подвійною стіною з дерев'яних колод з засипкою порожнини гравієм. [37]

Fig. 26. Fortification structure with a double wall of wooden logs with the cavity filled with gravel. [37]

В період після другої світової війни в усьому світі широкого розповсюдження набули фортифікаційні споруди з габіонів (рис. 27). Швидкість зведення в будь якій місцевості і забезпечення достатнього рівня захисту від всіх видів стрілецької зброї, а у випадку влаштування достатньої товщини стін і покриття, і артилерійських снарядів і мінометних мін, дозволило цим конструкціям зайняти одне з провідних місць. При цьому відпадає потреба в земляних роботах. Однак маскування таких конструкцій є досить складним процесом. Відповідно ці конструкції навряд можуть знайти широкого розповсюдження на лінії бойового зіткнення, однак для зведення

блок постів, тимчасових споруд на оперативній і навіть стратегічній глибині, захисту елементів об'єктів критичної інфраструктури, зведенні споруд для захисту населення тощо вони цілком підходять і показали високу ефективність, особливо в сприйнятті таких факторів ураження як вибухово-ударна хвиля і пробивання осколками (уламками).

Габійонні споруди широко використовують армії США, Британії і ряду інших країн.

У довготривалій фортифікації поряд з розробкою і впровадженням нових типів споруд зберігають значення конструкції з монолітного та збірного залізобетону. У сучасних умовах фортифікація продовжує відігравати важливу роль при вирішенні тактичних, оперативних і стратегічних завдань.



Рис. 27. Захисна споруда з габіонів. [30]

Fig. 27. Gabion protective structure. [30]

Воєнні дії в Україні призвели до нагальної потреби зведення великої кількості фортифікаційних та захисних споруд різноманітного призначення та конструктивних форм, які мають окрім звичайних навантажень і впливів відповідно до [38] урахувати і особливі впливи пов'язані з загрозами нападу противника.

До таких впливів відносяться: надлишковий тиск вибухово-ударної хвилі, осколкове ураження, проникнення часткове чи повне боєприпасів в тіло захисної конструкції, яке може супроводжуватись подальшим вибухом, температура тощо. Питання щодо розрахунку надлишкового тиску від вибухово ударної хвилі досить

гарно висвітлено в багатьох роботах [39-43], щодо проникної дії боеприпасів або їх частин, особливо осколкового ураження [42 – 47].

Наразі, з нарощенням потужності озброєння для стратегічного та оперативного рівня довготривалих фортифікаційних споруд слід враховувати поодинокі ураження 155-мм снарядом гаубиці або гармати, ураження 240-мм мінометом, ймовірність поодинокого ураження безпілотними літальними апаратами (далі – БпЛА) противника тактичного та оперативного рівнів та ураження авіаційними засобами ураження, найбільш небезпечними з яких на сьогодні є керовані авіаційні бомби (далі – КАБ) та ракети [45].

Слід зазначити, що більшість підходів в зведенні польових да і довготривалих фортифікаційних споруд залишаються застарілими і під час повномасштабного вторгнення, особливо в перші два роки. Наразі виникають моменти які вигадують військовослужбовці самостійно швидко адаптуючись під наявні загрози. Так з масовою появою дронів зі скидами та FPV дронів, широкого розповсюдження набуло улаштування індивідуальних “лісячіх нір” які влаштовуються в стінках окопів чи ходів сполучення, натягування сіток над позиціями тощо.

Там де дозволяє оперативна обстановка застосовувати техніку намагаються влаштовувати вогневі точки та бліндажі з застосуванням залізобетонних конструкцій, які часто мають ряд недоліків: відсутність необхідного фортифікаційного армування, противідколювальних шарів, достатнього маскуванню тощо. Більшість з цих споруд навіть не розраховують детально на наявні сучасні засоби ураження. Відсутня класифікація захищеності цих споруд від засобів ураження як це було раніше.

Слід відмітити що підходи до проектування і зведення фортифікаційних споруд майже не змінювались протягом останнього сторіччя. В той час як технологічний процес розвитку людства значно просунувся вперед. Так само і ці споруди потребують удосконалення,

введення нових підходів до проектування і зведення для досягнення максимальної ефективності виконання бойових задач.

Наразі за часту зведення фортифікаційних споруд виконують цивільні або інженерні підрозділи які не розуміють загального задуму оборони і не можуть правильно і адекватно визначити вогневі позиції і сектори стрільби.

Наведемо декілька типових рекомендацій щодо влаштування траншей і окопів: профіль траншеї має бути трапецієвидний, знизу 900 мм а зверху 1200 мм для відносно комфортного пересування військовослужбовців зі спорядженням; траншеї і окопи повинні мати зігзаго-подібну форму в плані, для захисту від осколків у випадку прямого ураження чи скиду; обов'язково слід влаштовувати дренажні канавки та приямки, які можуть служити і як уловлювачі гранат, які можна легко скинути в них і зменшити осколкову дію; вогневі позиції мають бути з бермами, нішами для зберігання боеприпасів та іншого важливого обладнання; обов'язкове маскуванню ходів сполучення, краще повне закриття зверху покриттям і ґрунтом для прихованого переміщення; обладнання польових позицій і ходів сполучення сітками уловлювання БпЛА противника, для унеможливлення прямого ураження; улаштування входів в окопи чи бліндажі тощо з різким поворотом, що унеможливорює пряме ураження при зальоті осколків чи БпЛА противника. Окрім того самі входи на позиції повинні бути максимально приховані або замасковані.

До рекомендацій щодо влаштування захищених вогневих позицій, бліндажів та інших захисних споруд: конструкція покриття має забезпечувати надійний захист від прямого ураження найбільш ймовірними засобами нападу противника (влаштування достатньої товщини з правильним конструктивом самої споруди, достатня товщина “тюфяку” і ґрунтової засипки); вхід має бути викривлений або прикритий бруствером для унеможливлення прямого ураження; двері в такі споруди і шторки для закриття амбразур мають бути непробивні (як кулями так і осколками); лобова стіна ведення вогню

також має витримувати пряме ураження засобами нападу противника; споруди мають бути обладнані хоча б елементарними системами вентиляції, мати можливість обігріватись, мати тепло і шумоізоляцію з внутрішнього боку; вогневі споруди мають бути обладнані надійною системою зв'язку, а командний пункт облаштований таким чином щоб забезпечувати максимальний огляд смуги відповідальності.

Взагалі підхід до зведення оборонних ліній має змінюватись. В сучасній війні відпадає потреба в зведенні суцільної лінії окопів чи вогневих рубежів з'єднаних між собою, або ряду ВОПів. Через масове застосування високоточних систем ураження, як FPV БпЛА будь яке накопичення військовослужбовців стає пріоритетною ціллю, що призвело до зміни тактики застосування піхоти. Інше більш потужне високоточне озброєння як артилерійське так і засобів повітряного нападу, таких як КАБ, зводить нанівець ефективність великих опорних пунктів, які можна легко виявити засобами повітряної розвідки. Відбувається перехід в напрямку невеликих опорно - спостережних пунктів на 3-4 військовослужбовці, які розташовуються таким чином щоб забезпечувати максимальне спостереження за противником і мати можливість вести вогонь по всій лінії фронту без утворення мертвих зон, відстань орієнтовно до 60-100 м. За можливості всі опорно – спостережні пункти можуть бути об'єднані шляхами сполучення і мати відвідні шляхи в тил, в ідеальному варіанті, до точки пересування. Всі шляхи сполучення – траншеї, мають бути замаскованими згори, для максимального прихованого пересування. Опорно - спостережні позиції повинні мати стійкий зв'язок з пунктом керування для передачі інформації щодо дій противника для корегування артилерії, швидкого виклику ударних БпЛА, техніки тощо. Друга лінія повинна мати обладнані запасні позиції в глибину до 100 м для швидкого відновлення оборони у випадку знищення якоїсь з позицій. На відстані 500-1000 м від першої

лінії має розташовуватись друга лінія оборони з евакуаційними точками, командними пунктами, логістичним позиціями, позиціями для засобів вогневої підтримки (крупнокаліберні кулемети, автоматичні гранатомети, міномети тощо) позиціями РЕБ, БпЛА, НРК, за потреби РЛС тощо. Евакуаційну і логістичну систему постачання передових позицій слід організовувати за допомогою безпілотних систем, через високу щільність розвідувальних БпЛА і часто відсутність можливості будь яких переміщень військовослужбовців, особливо в світлий час доби.

Звісно, для кращого маскування і максимального ускладнення прямого зальоту БпЛА позиції, краще обладнувати в зонах посадок дерев. Можуть бути варіанти, коли спостережні пости виносяться від основної позиції на 40-50 м від посадки, але це у випадку успішного зведення повноцінного ходу сполучення з накриттям для прихованого пересування.

При улаштуванні ліній оборони також треба приділити особливу увагу влаштуванню мінно-вибухових та інших загороджень. Дуже ефективно при штурмах ворожої піхоти себе показують міни спрямованої дії з керованим підривом. Також в сучасних умовах активно застосовується дистанційне мінування за допомогою БпЛА і НРК, особливо логістичних шляхів підходів противника, хоча можна мінувати будь які ділянки.

Все написане вище, говорить про нагальну потребу зміни підходів до побудови фортифікаційних споруд на лінії бойового зіткнення з урахуванням сучасних загроз і засобів нападу. Відновлення або створення нової класифікації фортифікаційних і захисних споруд в залежності від засобів ураження. Вогневі точки повинні захищати від артилерійського та мінометного обстрілу та БпЛА противника, і можуть мати різний рівень захисту. Те саме може стосуватись бліндажів. А для захисту особового складу мають обов'язково зводитись повноцінні укриття з максимальним рівнем захисту, які б могли витримувати навіть ураження КАБ.

Також обов'язковим елементом опорного пункту має бути туалет з прихованими шляхами пересування і певним рівнем захисту, щоб не повторювати досвід першої світової війни.

Одним з сучасних і швидких способів виготовлення бліндажів став спосіб виготовлення в заводських умовах з круглої гофрованої труби або сталевих контейнерів готових споруд, які встановлюються в заздалегідь підготовлені котловани і закопуються. Такі споруди можуть мати високий ступінь заводської готовності і фактично зводиться на лінії оборони дуже швидко. Єдине проблемне питання це підготовка котловану. Такого плану конструктивні прийоми можуть стосуватись і для захисних споруд цивільного захисту населення. В залежності від проектних факторів ураження можна корелювати захисну товщу ґрунту і влаштовувати над спорудою додаткові плити – тюфяки за розрахунком.

Наприклад, можна формувати опорні пункти з системи траншей з вогневими позиціями і одного чи декількох ДОТів об'єднаних ходом сполучення з підземним укриттям, з найбільшим ступенем захищеності від засобів ураження противника. Також обов'язково мають обладнуватись приховані ходи сполучення для безпечного заходу і виходу з бойових позицій особового складу.

Нагальною є і потреба влаштування позицій для роботи екіпажів безпілотних систем. Вони можуть облаштовуватись як окремо так і в складі або в місцях облаштування опорних пунктів другої, третьої лінії оборони. Можна облаштовувати такі окремі позиції для роботи екіпажів безпілотних систем і на логістичних шляхах, що дасть змогу використовувати їх з подвійним призначенням. Така сама увага має бути приділена і командним пунктам різного рівня.

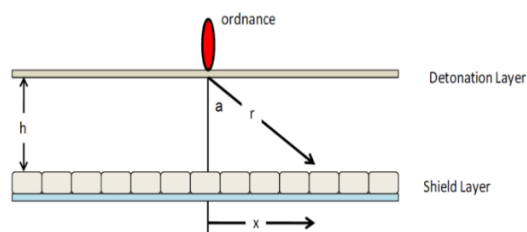


Рис. 28. Сучасна концепція зведення захисних споруд з предетонаційними екранами. [47]

Fig. 28. Modern concept of construction of protective structures with pre-detonation screens. [47]

Сучасні засоби ураження, які мають велику фугасну дію, однак можуть бути зупинені конструктивними заходами на певній відстані від захисної споруди (це стосується в першу чергу різних видів БпЛА та інших засобів повітряного нападу) рекомендовано захищати за схемою подвійної оболонки, де навколо основної захисної споруди влаштовується предетонаційний екран (рис. 28), який повинен зупинити засіб ураження та викликати детонацію на ньому. Такий прийом дає можливість суттєво зменшити фугасну дію. Осколкова дія засобів ураження в такому випадку залишається.

В стратегічному плані для об'єктів критичної інфраструктури (далі - ОКІ) схвалено постановою Кабінету Міністрів України Концепцію "Країна-фортеця", яка містить інтегрований підхід до інженерного захисту ОКІ від факторів ураження засобами повітряного нападу противника. За цим параметром всі споруди інженерного захисту поділено на три рівні: перший рівень – захист від поодиноких непрямих влучань БпЛА на відстані понад 5 метрів від СІЗ та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані понад 15 метрів від СІЗ, а для об'єктів морської та річкової критичної інфраструктури (далі – ОМРКІ) додатково від поодиноких непрямих влучань безпілотних плавучих апаратів (далі – БпПА) та торпед на відстані понад 5 м від СІЗ; другий рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛА та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані понад 15 метрів від СІЗ, а для ОМРКІ додатково від

поодиноких прямих влучань БпПА та торпед; третій рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛА та поодиноких прямих влучань ракети у СІЗ, а для ОМРКІ додатково від поодиноких прямих влучань БпПА та торпед.

Для першого рівня інженерного захисту рекомендується застосовувати найпростіші системи, найкраще з яких проявили себе габіонні споруди.

Споруди інженерного захисту другого рівня за конструктивом виконують суцільними одношаровими або двошаровими: основна захисна споруда і предетонаційний екран, частково або повністю заглибленими, обвалованими ґрунтом.

Споруди інженерного захисту третього рівня можуть бути: з повним заглибленням; з частковим заглибленням; на поверхні з зовнішнім тюфяком та обсіпкою (рис. 29), як правило, складаються із 3-х компонентів (зверху донизу): тюфяк, який виконує роль затримуючої плити та призначений для зупинки механічного проникнення БЧ і, відповідно, віддалення місця його можливого розриву при фугасній дії; розподільча товща, яка має амортизувати вибухову хвилю при вибуху заряду на тюфяку; несучий шар – каркас заглибленої конструкції, який має витримувати як власну вагу з нормальним тиском ґрунту, так і варіанти тиску від ВУХ в землі: вертикальної або бічної.

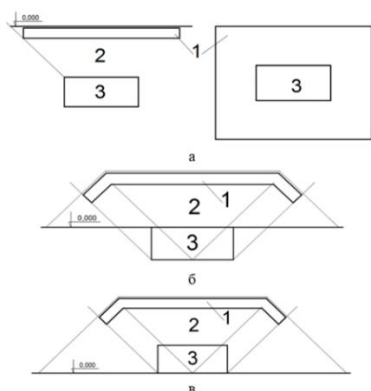


Рис. 29. Варіанти споруд інженерного захисту третього рівня: *a* – з повним заглибленням; *b* – з частковим заглибленням; *c* – на поверхні з зовнішнім тюфяком та обсіпкою. [47]

Fig. 29. Variants of third-level engineering protection structures: *a* – with full burial; *b* – with partial burial; *c* – on the surface with an external mattress and rubble. [47]

Окрім того, повномасштабне вторгнення спричинило потребу в пошуку раціональних конструкцій, для максимального зменшення наслідків загроз воєнного характеру. Аналіз наслідків руйнування будівель і споруд різноманітного призначення за результатами ураження засобами повітряного нападу противника [48, 49] показав, що споруди з монолітним залізобетонним каркасом мають кращу несучу здатність, у порівнянні з цегляними, збірними залізобетонними та сталевими каркасами. Основними принципами проєктування вибухостійких залізобетонних каркасів висотних будівель є раціональні конструктивні системи і схеми з простими і компактними конфігураціями та симетричними планами.

В роботі [49] досліджені причини руйнування залізобетонних плит перекриттів висотних каркасно-монолітних будівель від тиску вибухо-ударних навантажень та наведено заходи по підсиленню ділянок конструкцій перекриттів висотних каркасно-монолітних будівель, які можуть бути зруйновані, зовнішнім армуванням – приклеюванням армувальних матів у вигляді тканин, ламелей або сіток з вуглецевого волокна до верхніх зон плит біля вертикальних опор.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі розглянуто історичний розвиток будівництва різноманітних фортифікаційних і захисних споруд. Наведено приклади, які підтверджують, що фортифікаційні споруди існували з давніх давен, з часів перших воєнних дій людства, а отже весь період його існування і займали важливе місце в розвитку будівельної галузі.

Доведена пряма залежність удосконалення фортифікаційних і захисних споруд від засобів ураження. Все розвивається певною мірою циклічно, з'являються засоби

ураження і як наслідок відбувається пошук шляхів протидії, одним з яких завжди були фортифікаційні і захисні споруди. Ці споруди досягають високого рівня захищеності і це змушує шукати, розвивати і впроваджувати нові засоби ураження, які можуть долати захисні і фортифікаційні споруди.

До зведення фортифікаційних і захисних споруд завжди слід застосовувати інтегрований комплексний підхід, який повинен враховувати глибину розташування від лінії бойового зіткнення, а також сучасні засоби ураження та протидію ним.

Є нагальна потреба зміни підходів до побудови фортифікаційних споруд на лінії бойового зіткнення з урахуванням сучасних загроз і засобів ураження, а також створення нового напрямку військово-інженерної науки, яка б починалась від розробки архітектури фортифікаційних і захисних споруд і враховувала фактори не лише технологічності і виконання базових завдань, але і зручності застосування з урахуванням всіх наявних технологічних особливостей та сучасних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Етимологічний словник української мови:** у 7 т. / редкол.: О.С. Мельничук (голов. ред.) [та ін.] ; АН Української РСР, Інститут мовознавства ім. О.О. Потебні. – Київ : Наук. думка, 1982 – (Словники України) Т. 6 : У-Я / уклад.: Г.П. Півторак [та ін.]; ред. тому: Т.Б. Лукінова [та ін.]. – 2012. – 565 с.]
2. **Липа К.** Під захистом мурів. – К.: Наш час, 2007. – 184 с.
3. **Крижанівський О. П.** Історія стародавнього Сходу: Підручник. – Київ.: Либідь, 2000. – 592 с.
4. **The New York Times with introduction by Sam Tanenhaus** (2011). *The New York Times Guide to Essential Knowledge: A Desk Reference for the Curious Mind.* St. Martin's Press of Macmillan Publishers, с. 1131. ISBN 978-0-312-64302-7.
5. **Hill, D., & Worthington, M.** (2003). *Offa's Dyke: History and Guide.* London: Tempus Publishing. 2003. – 160 p.
6. **Етимологічний словник української мови:** в 7 т. / редкол.: О. С. Мельничук (гол. ред.) та ін. – К.: Наукова думка, 1982. – Т. 1 : А – Г / Ін-т мовознавства ім. О. О. Потебні АН УРСР; укл.: Р. В. Болдирев та ін. – 632 с.
7. **Грушевський М. С.** Твори: у 50 т. / М. С. Грушевський; редкол.: П. Сохань (голов. ред.), І. Гирич та ін. – Львів: Видавництво “Світ”, 2015. – XXVI, 486 с.
8. **Вовкодав С.М.** “Змійові” вали Переяславщини // *Кам'янець-Подільський – ТОВ “Друкарня „Рута“* – 2020. – 140 с. ISBN 978-617-7887-67-5.
9. **Кучера М. П.** Змієві вали // *Енциклопедія історії України: у 10 т. / редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін.; Інститут історії України НАН України.* – К. : Наукова думка, 2005. – Т. 3 : Е – Й. – С. 365. – ISBN 966-00-0610-1.
10. **Гай Юлій Цезар.** Нотатки про війну з галлами / Пер. з лат. В. Д. Литвинова. – Львів: Видавництво “Апріорі”, 248 с. – ISBN 978-617-629-745-1.
11. **Прибєга Л.** Замки та фортеці України. — Київ: Мистецтво, 2019. — 192 с.
12. **Пустиннікова І.С., Безпалова Н.Ю.** Середньовічні замки Європи / Mikko Сервіс, 2010 – 160 с. ISBN 978-966-2270-08-2.
13. **Замковий туризм.** Курс лекцій для студентів спеціальності “Туризмознавство” / Д.А. Каднічанський, Т.Б. Завадовський – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 138 с.
14. **Adamczyk J.** Fortyfikacje stałe na polskim przedmurzu od połowy XV do końca XVII wieku // *Monografie, studia, rozprawy* Nr 48. - Kielce: Wyd. Politechniki, Świętokrzyskiej, 2004. - 250 s
15. **Falkner James,** Marshal Vauban and the defence of Louis XIV'S France / *Pen and Sword.*– 2011.– 256 p.
16. **Monod Alain,** Vauban ou la mauvaise conscience du roi / *Riveneuve.* – 2008.– 200 p.
17. **Sanger Victoria,** Vauban la pierre et la plume / *Sanger Victoria, de Emile d'Orgeix, Michèle Virol, Isabelle Warmoes* // *Editions Gérard Klopp.* – 2007. – 280 p.
18. **Warmoes Isabelle,** Vauban, bâtisseur du Roi-Soleil / *De Warmoes Isabelle, Victoria Sanger* // *Somogy éditions d'art.* – 2007. – 431 p.
19. **Пірко В. О.** Оборонні споруди в межиріччі Дніпра і Сіверського Дінця (історичний нарис з уривками джерел і планами споруд за другу половину XVII - XVIII ст.) / *Український культурологічний центр. Донецьке відділення НТШ, Східний видавничий дім.* – Донецьк, 2007. – 176 с.
20. **Великий тлумачний словник сучасної української мови** (з дод. і допов.) / Уклад. і

- голов. ред. В.Т. Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ “Перун”, 2005. – 1728 с. ISBN 966-569-013-2.
21. **Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури** / Р.А.Шмиг, В.М.Боярчук, І.М.Добрянський, В.М.Барабаш; за заг. ред. Р.А.Шмига. – Львів, 2010. – 222 с.
 22. **Словник української мови:** у 20 т. / НАН України, Укр. мов.-інформ. фонд. – Т. 1: А – Б / (уклад.: Л. Л. Шевченко та ін.; голов. наук. ред. В. М. Русанівський) – К. : Наукова думка, 2010. – 912 с. ISBN 978-966-00-1050-5.
 23. **Історія українського війська** / за заг. ред. В. Павлова. – Х.: Фактор-Друк, 2016. – С.193, 197. – ISBN 978-617-12-1472-9.
 24. **Величко С.** Сказаніє о войнѣ козацкой з поляками // *Пам'ятки українського письменства*. – К.: Українська Академія Наук, 1926. Т.1. – 270 с.
 25. **Перша світова війна: історія та уроки.** 1914 – 1915 рр. [Текст] : зб. наук. праць за матеріалами Міжнар. наук. військ.-істор. конф., 4–5 вересня 2014 р. / *Нац. військовоісторичний муз. України*. – К., 2014. – 538 с.
 26. **Велика війна 1914-1918:** витоки, характер, наслідки: монографія / наук. ред. С. С. Трояна. – Київ: Кондор, 2018. – 536 с. – ISBN 617-7729-09-8.
 27. **“Bastion Polesie:** Pol. fortyfikacje na Polesiu w latach 1920—1939” / Zbigniew Pruski; Oprac. rys. obiektow: Jerzy Sadowski. – Przasnysz : Forteca, 2000. – 208 s.
 28. **Кайнаран А. В., Крещанов А. Л., Кузяк А. Г., Ющенко М. В.** Київський укріплений район 1928-1941. – ПП Видавництво “Волинь”, 2011. – 356 с. (Серія “Історія фортифікації”) ISBN 978-966-690-136-4.
 29. **Högberg, Leif** (2000). Skåne-linjen: (Per-Albin linjen) : det skånska kustförsvaret under andra världskriget – 138s. ISBN 9197390003.
 30. **Основи інженерної підготовки** [Текст] : навч. посіб. / І. С. Остапенко, В. М. Філь, І. Є. Крамар, О. І. Шантала; УДУНТ; ННІ “Дніпров. ін-т інфраструктури і трансп.”. – Дніпро, 2022. – 387 с. ISBN 978-617-7440-35-1.
 31. **Michael Foedrowitz:** Luftschutztürme und ihre Bauarten 1934–1945. Nebel-Verlag, Utting 2003, – 80 p. ISBN 3-89555-096-5.
 32. **Foedrowitz, Michael.** (1998). The Flak Towers in Berlin, Hamburg and Vienna 1940—1950. Schiffer Publishing – 48 p. ISBN 0-7643-0398-8.
 33. **Luc Braeuer** (2008). La base de sous-marins de Lorient (фр.). *Le Pouliguen: Liv'Édition*. 64p. ISBN 978-2-9525651-27.
 34. **Тактика: навчальний посібник** / С. В. Сінкевич, І. Г. Блощинський, Л. В. Олійник та ін. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2015. – 448 с.
 35. **Інженерне забезпечення загальновійськового бою:** Навчальний посібник / В.А. Мілютин, Ю.О. Фтемов, В.П. Павлючик, О.М. Куцька. – Л.: АСВ, 2010. – 164 с.
 36. **Інженерна підготовка:** Навчальний посібник – Львів: НАСВ, 2016. – 552с.
 37. **Зведення військових фортифікаційних споруд в особливих умовах:** Навчальний посібник / А. Каршень, С. Цибуля, О. Галушка, Ю. Фтемов, О. Колос, О. Мороз – Львів: НАСВ, 2022. – 147 с.
 38. **ДБН В.1.2-2:2006** Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Чинні від 2007-01-01. – Київ: Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського, 2006 – 75 с.
 39. **Ромашкіна, М. ., Пісаревський , Б. ., & Журавльов, О. .** (2024). Розрахунок будівлі на вплив дії повітряної ударної хвилі прямим динамічним методом з використанням ПК ЛІРА-САПР. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (14), 147–160. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.14.2024.147-160>
 40. **Cormie D., Mays G., Smith S.,** Blast Effects on Buildings, Third edition, London, 2020, ISBN 978-0-7277-6147-7.
 41. **Khadid et al.** (2007), “Blast loaded stiffened plates” *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 2(2) pp. 456-461.
 42. **Guzhao Li, Paul Summers, Keith Clutter, and David Bonaventure** Blast and Impact Resistant Design of Overhead Protection Structures // *Structures Congress 2012* © ASCE 2012 – P. 167-176. <https://doi.org/10.1061/9780784412367.016>
 43. **UFC 4-023-07** Unified Facilities Criteria. Design to Resist Direct Fire Weapons Effects. Change 1 / U.S. Army Corp of engineers, Naval facilities engineering comand, AIR FORCE CIVIL ENGINEER SUPPORT AGENCY, 2017 – 66 p.
 44. **Wen, H.M.** A note on the deep penetration of projectiles into concrete/ H.M. Wen, Y. Yang // *International Journal of Impact Engineering* – 2014 – №66, pp. 1–4.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2013.11.008>.
45. Михайловський, Д., & Комар, О. (2024). Аналіз існуючих досліджень деревини на ударні та балістичні навантаження. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (15), С. 19–28. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.19-28>.
 46. Mykhailovskiy D.V., Skliarov I.O., Khomik M.M., Vavilova N.V., Skliarova T.S. Analysis of methods for calculating the penetrating effect of the main types of missiles and fragmentation damage to the structures of protective constructions / *Strength of materials and theory of structures: scientific and technical collection* - Kyiv: KNUCA, 2024. - Issue 113. - P. 171-182. DOI: 10.32347/2410-2547.2024.113.171-182.
 47. Михайловський Д. В., Білик А. С., Склярів І. О. Розрахунок конструкцій будівель і споруд на дії основних факторів ураження засобів повітряного нападу: Монографія / Михайловський Д. В., Білик А. С., Склярів І. О. Київ: Каравела, 2024. – 92 с.
 48. Нужний, В. (2022). Перші дослідження ушкоджень будівель і споруд внаслідок бойових дій. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (11), 104–114. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.104-114>.
 49. Гетун, Г., Колякова, В., Безклубенко, І., Соломін, А. (2023). Конструктивні рішення вибухостійких будівель з приміщеннями цивільного захисту населення. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (13), 41–50. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.41-50>.
- ## REFERENCES
1. Etymolohichnyi slovnyk ukrainskoi movy: u 7 t. / redkol.: O.S. Melnychuk (holov. red.) [ta in.]; AN Ukrainkoi RSR, Instytut movo-znavstva im. O.O. Potebni. Kyiv: Nauk. dumka, 1982 (Slovnyky Ukrainy) T. 6 : U-Ya / uklad.: H.P. Pivtorak [ta in.]; red. tomu: T.B. Lukinova [ta in.]. – 2012. – 565 p.
 2. Lypa K. Pid zakhystom muriv. K.: Nash chas, 2007. – 184 p.
 3. Kryzhanivskiy O. P. Istoriiia starodavnoho Skhodu: Pidruchnyk. Kyiv.: Lybid, 2000. – 592 p.
 4. The New York Times with introduction by Sam Tanenhaus (2011). *The New York Times Guide to Essential Knowledge: A Desk Reference for the Curious Mind*. St. Martin's Press of Macmillan Publishers. c. 1131. ISBN 978-0-312-64302-7.
 5. Hill, D., & Worthington, M. (2003). *Offa's Dyke: History and Guide*. London: Tempus Publishing. 2003. – 160 p.
 6. Etymolohichnyi slovnyk ukrainskoi movy: u 7 t. / redkol.: O.S. Melnychuk (holov. red.) [ta in.]; Kyiv: Nauk. dumka, 1982 (Slovnyky Ukrainy) T. 1 : A-G / ukl.: R. V. Boldyriev ta in. – 632 p.
 7. Hrushevskiy M. S. Tvory: u 50 t. / M. S. Hrushevskiy; redkol.: P. So-khan (holov. red.), I. Hyrych ta in. Lviv: Vydavnytstvo "Svit", 2015. XXVI, – 486 p.
 8. Vovkodav S. M. Zmiiovi" valy Pereiaslavshchyny // *Kamianets-Podilskiy - TOV "Drukarnia „Ruta“"*. 2020. – 140 p. ISBN 978-617-7887-67-5.
 9. Kuchera M. P. Zmiievi valy // *Entsyklopediia istorii Ukrainy: u 10 t. / redkol.: V. A. Smolii (holova) ta in.; Instytut istorii Ukrainy NAN Ukrainy. K. : Naukova dumka, 2005. – T. 3 : E – Y. – P. 365. – ISBN 966-00-0610-1*.
 10. Hai Yulii Tsezar. Notatky pro viinu z hal-lamy / Per. z lat. V. D. Lytvynova. – Lviv: Vydavnytstvo "Apriori", – 248 p. ISBN 978-617-629-745-1.
 11. Prybieha L. Zamky ta fortetsi Ukrainy. – Kyiv: Mystetstvo, 2019. — 192 p.
 12. Pustynnikova I. S., Bezpalova N. Iu. Serednovichni zamky Yevropy / Mikko Servis, 2010 – 160 p. ISBN 978-966-2270-08-2.
 13. Zamkovyi turizm. Kurs lektsii dlia studentiv spetsialnosti "Turizmознавство" / D.A. Kadnichanskyi, T.B. Zavadovskyi. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka, 2017. – 138 p.
 14. Adamchyk Y. Postiyni ukriplennya na pol's'kykh valakh vid seredy XV do kintsya XVII st. // *Monohrafiyi, studiyi, statyi № 48. - Kel'tse: Vyd. Kel'tse Tekhnolohichnyy universytet, 2004. - 250 s*.
 15. Falkner James, Marshal Vauban and the defence of Louis XIV'S France / *Pen and Sword*.– 2011.– 256 p.
 16. Monod Alain, Vauban ou la mauvaise conscience du roi / *Riveneuve*. – 2008.– 200 p.
 17. Sanger Victoria, Vauban la pierre et la plume / *Sanger Victoria, de Emile d'Orgeix, Michèle Virol, Isabelle Warmoes // Editions Gérard Klopp*. – 2007. – 280 p.
 18. Warmoes Isabelle, Vauban, bâtisseur du Roi-Soleil / *De Warmoes Isabelle, Victoria Sanger // Somogy éditions d'art*. – 2007. – 431 p.
 19. Pirko V. O. Oboronni sporudy v me-zhyrichchi Dnipra i Siverskoho Dintsia (istorych-nyi narys z uryvkamy dzherel i planamy sporud za druhu

- polovynu XVII - XVIII st.) / *Ukrainskyi kulturolohichnyi tsentr. Do-netske viddilennia NTSh, Skhidnyi vydavnychy dim. Donetsk, 2007. – 176p.*
20. **Velykyi tлумachnyi slovnyk suchasnoi ukrainskoi movy** (z dod. i dopov.) / Uklad. i holov. red. V.T. Busel. K.; Irpin: VTF “Perun”, 2005. – 1728 p. ISBN 966-569-013-2.
 21. **Terminolohichnyi slovnyk-dovidnyk z budivnytstva ta arkhitektury** / R.A. Shmyh, V.M. Boiarchuk, I.M. Dobrianskyi, V.M. Barabash; za zah. red. R.A. Shmyha. – Lviv, 2010. – 222 p.
 22. **Slovnyk ukrainskoi movy: u 20 t.** / NAN Ukrainy, Ukr. mov.-inform. fond. – T. 1: A – B / (uklad.: L. L. Shevchenko ta in.; holov. nauk. red. V. M. Rusanivskyi) – K. : Naukova dumka, 2010. – 912 p. ISBN 978-966-00-1050-5.
 23. **Istoriia ukrainskoho viiska** / za zah. red. V. Pavlova. – Kh.: Faktor-Druk, 2016. – P.193, 197. ISBN 978-617-12-1472-9.
 24. **Velychko S.** Skazaniie o voine kozatskoi z poliakamy // *Pamiatky ukrainskoho pysmen-stva*. K.: Ukrainska Akademiia Nauk, 1926. T.1. – 270 p.
 25. **Persha svitova viina: istoriia ta uroky.** 1914 – 1915 rr. [Tekst] : zb. nauk. prats za materialamy Mizhnar. nauk. viisk.-istor. konf., 4–5 veresnia 2014 / *Nats. viisko-voistorychnyi muz. Ukrainy*. – K., 2014. – 538 p.
 26. **Velyka viina 1914-1918:** vytoky, kharak-ter, naslidky: monohrafiia / nauk. red. S. S. Troiana. Kyiv: Kondor, 2018. – 536 p. ISBN 617-7729-09-8.
 27. **Bastion Polissya:** pol's'ki ukriplennya na Polissi v 1920—1939 rr. / *Zbihnyev Prus'kyy; red. malyunky predmetiv: Yezhy Sadovs'kyy*. – Pryasnysh: Fortetsya, 2000. – 208 s.
 28. **Kainaran A. V., Kreshchanov A. L., Kuziak A. H., Yushchenko M. V.** Kyivskiy ukripleniy rai-on 1928-1941. *PP Vydavnytstvo “Volyn”, 2011. – 356 p. (Serii “Istoriia fortyfikatsii”) ISBN 978-966-690-136-4.*
 29. **Khohberh, Leyf** (2000). Liniya Skone: (Liniya Per-Al'bina): berehova oborona Skone pid chas Druhoyi svitovoyi viyny – 138 s. ISBN 9197390003.
 30. **Osnovy inzhenernoyi pidhotovky** [Tekst] : navch. posib. / I. S. Ostapenko, V. M. Fil', I. YE. Kramar, O. I. Shaptala; UDUNT; NNI “Dniprov. in-t infrastruktury i transp.”. – Dnipro, 2022. – 387 s. ISBN 978-617-7440-35-1.
 31. **Michael Foedrowitz:** Luftschutztürme und ihre Bauarten 1934–1945. *Nebel-Verlag, Utting 2003, – 80 p. ISBN 3-89555-096-5.*
 32. **Foedrowitz, Michael.** (1998). The Flak Towers in Berlin, Hamburg and Vienna 1940—1950. *Schiffer Publishing – 48 p. ISBN 0-7643-0398-8.*
 33. **Luc Braeuer** (2008). La base de sous-marins de Lorient (фр.). *Le Pouliguen: Liv'Édition. 64p. ISBN 978-2-9525651-27.*
 34. **Taktyka: navchalnyi posibnyk** / S. V. Sinkevych, I. H. Bloschynskyi, L. V. Oliinyk ta in. – Khmelnytskyi : Vydavnytstvo NADPSU, 2015. – 448 p.
 35. **Inzhenerne zabezpechennia zahalnoviiskovo boiu:** Navchalnyi posibnyk / V.A. Miliutin, Yu.O. Ftemov, V.P. Pavliuchyk, O.M. Kutska. – L.: ASV, 2010. – 164 p.
 36. **Inzhenerna pidhotovka:** Navchalnyi posibnyk – Lviv: NASV, 2016. – 552 p.
 37. **Zvedennia viiskovykh fortyfiktsiinykh sporud v osoblyvykh umovakh:** Navchalnyi posibnyk / A. Karshen, S. Tsybulia, O. Halush-ka, Yu. Ftemov, O. Kolos, O. Moroz – Lviv: NASV, 2022. – 147 p.
 38. **DBN V.1.2-2 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnnykh ob'ektiv.** Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvan-nia. – Chynni vid 2007-01-01. – Kyiv: Ukrains-kyi naukovo-doslidnyi ta proektnyi insty-tut stalevykh konstruksii im. V.M. Shyma-novskoho, 2006 – 75 p.
 39. **Romashkina, M. ., Pisarevskyi , B. ., & Zhuravlov, O. .** (2024). Rozrakhunok budivli na vplyv dii povitrianoi udarnoi khvyli priamym dynamichnym metodom z vykorystanniam PK LIRA-SAPR. *Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka*, (14), P. 147–160. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.14.2024.147-160>
 40. **Cormie D., Mays G., Smith S.,** Blast Effects on Buildings, *Third edition, London, 2020, ISBN 978-0-7277-6147-7.*
 41. **Khadid et al.** (2007), Blast loaded stiffened plates. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 2(2) pp. 456-461.
 42. **Guzhao Li, Paul Summers, Keith Clutter, and David Bonaventure** Blast and Impact Resistant Design of Overhead Protection Structures // *Structures Congress 2012 © ASCE 2012 – P. 167-176.* DOI: [10.1061/9780784412367.016](https://doi.org/10.1061/9780784412367.016)
 43. **UFC 4-023-07** Unified Facilities Criteria. Design to Resist Direct Fire Weapons Effects. Change 1 / U.S. ARMY CORP OF ENGINEERS, NAVAL

FACILITIES ENGINEERING COMAND, AIR FORCE CIVIL ENGINEER SUPPORT AGENCY, 2017 – 66 p.

44. **Wen, H.M.** A note on the deep penetration of projectiles into concrete/ H. M. Wen, Y. Yang // *International Journal of Impact Engineering* – 2014 – №66, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2013.11.008>.
45. **Mykhailovskyi, D., & Komar, O.** (2024). Analiz isnuichykh doslidzhen derevyny na udarni ta balistychni navantazhennia. *Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka*, (15), P. 19–28. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.19-28>.
46. **Mykhailovskyi D. V., Skliarov I. O., Khomik M. M., Vavilova N. V., Skliarova T. S.** Analysis of methods for calculating the penetrating effect of the main types of missiles and fragmentation damage to the structures of protective constructions / *Strength of materials and theory of structures: scientific and technical collection* - Kyiv: KNUCA, 2024. - Issue 113. - P. 171-182. DOI: [10.32347/2410-2547.2024.113.171-182](https://doi.org/10.32347/2410-2547.2024.113.171-182).
47. **Mykhailovskyi D. V., Bilyk A. S., Skliarov I. O.** Rozrakhunok konstruksii budi-vel i sporud na dii osnovnykh faktoriv ura-zhennia zasobiv povitrianoho napadu: Monohrafiia / Mykhailovskyi D. V., Bilyk A. S., Skliarov I. O. Kyiv: Karavela, 2024. – 92 p.
48. **Nuzhnyi, V.** (2022). Pershi doslidzhennia ushkodzhen budivel i sporud vnaslidok boyovykh dii. *Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka*, (11), P. 104–114. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.104-114>.
49. **Hetun, H., Koliakova, V., Bezklubenko, I., Solomin, A.** (2023). Konstruktyvni rishennia vybukhostiikykh budivel z prymishchenniamy tsy-vilnoho zakhystu naselennia. *Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka*, (13), P. 41–50. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.41-50>.

EVOLUTION OF FORTIFICATION AND PROTECTIVE STRUCTURES

Denis MYKHAYLOVSKYI

Summary. The full-scale invasion of Ukraine by the Russian Federation has demonstrated the growing importance of engineering fortifications, protective structures, engineering barriers, and

more. Modern warfare has introduced new threats and challenges that significantly affect the battlefield, the protection of critical infrastructure, and the civilian population in rear areas, including the specifics of constructing engineering fortifications and protective structures.

The study of the evolution of fortification and protective structures from ancient times to the present day allows us to trace how approaches to defense construction have changed in response to current military threats. This, in turn, makes it possible to forecast directions for their further development and improvement. The conducted review highlights how important this area of military science is and how much it currently requires a serious approach from both the military and the state as a whole.

Analyzing new modern fortification solutions, their effectiveness, and weaknesses is essential for increasing the country's defense capability under the conditions of a constant threat of attack.

The paper also presents the main approaches to the construction of field fortification structures, defining their functional purpose and likely military design threats. Proposals are made regarding possible changes in approaches to field fortification in modern warfare, taking into account the experience of combat operations in Ukraine, as well as directions for further development.

Approaches to the protection of civilians from enemy aerial attacks from the time of World War II to the present are also considered, with the identification of future development directions.

Under the current conditions of the war in Ukraine, fortifications, engineering protection structures, and protective shelters play a key role in creating defense lines, protecting military personnel and critical infrastructure, and preserving civilian lives.

Therefore, the study of the evolution of fortification and protective structures is a critically important state task, both from a military and a civil perspective. The development of the theory of construction of fortification and protective structures will contribute to strengthening national defense, adapting to new threats, and improving the safety of the population and critical infrastructure.

Keywords. fortification structures; engineering protection structures; protective shelters; military threats; means of attack; infrastructure protection.

Стаття надійшла до редакції 04.01.2025 р.