

УДК 351.862 (624.014)

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.32.2>

АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

**Бут Максим Олександрович¹, Ігнатков Вадим Миколайович²,
Чемакіна Октябрина Володимирівна³, Сотніков Дмитро Анатолійович⁴**

¹кандидат технічних наук, провідний експерт
з інженерно-технічних заходів цивільного захисту,
Київський науково-дослідний інститут судових експертиз,
Київ, Україна,

e-mail: max.booth.fem@gmail.com, orcid: 0000-0003-2723-2891

²кандидат економічних наук, провідний експерт
з інженерно-технічних заходів цивільного захисту,
Київський науково-дослідний інститут судових експертиз,
Київ, Україна,
e-mail: proekt77@ukr.net

³кандидат архітектури, доцент, в.о. декана факультету наземних споруд і аеропортів
Національного авіаційного університету,
Київ, Україна,

e-mail: oktyabrina11@ukr.net, orcid: 0000-0002-7991-7107

⁴кандидат економічних наук, доцент,
Київський науково-дослідний інститут судових експертиз,
Київ, Україна,
e-mail: 0973220569@ukr.net

Анотація. Метою дослідження є аналіз нормативної бази в галузі цивільного захисту та її впливу на ефективність протидії терористичним актам в міському середовищі, захисту цивільного населення та економічну складову національного господарства в контексті військових дій з російською федерацією.

Методологія дослідження базується на принципах єдності теорії та практики, системності дослідження, розвитку, об'єктивності та абстрагування.

У рамках дослідження проведено аналіз сучасної вітчизняної та зарубіжної нормативної документації в галузі цивільного захисту, що дозволило виявити тенденції та недоліки існуючих методологічних підходів. Результати обстежень зруйнованих об'єктів нерухомості внаслідок здійснених терористичних актів та під час військових дій вказують на широкий спектр пошкоджень, спричинених мінами, артилерійськими обстрілами, авіаційними ударами, вибухами та пожежами. Об'єкти, розташовані близько до фронту, зазнають руйнувань внаслідок артилерійських обстрілів та стрільби, тоді як ті, що далеко від фронту, частіше стають жертвами терористичних актів, ракетних ударів та бомбардувань.

Результати дослідження полягають в визначенні окремих положень будівельних норм, які потребують вдосконалення та визначенні шляхів розвитку прогресивних об'ємно-планувальних та конструктивних рішень об'єктів будівництва з точки зору стійкості під впливом вибухової хвилі, уламків та пожежі.

Нормативна база та практичний досвід обстежень демонструють потребу у вдосконаленні будівельних норм, особливо щодо протидії терористичним актам в міському середовищі архітектурно-конструктивними засобами, протипожежного захисту та стійкості будівельних конструкцій під впливом вибухів та пожеж.

Особлива увага приділялася різниці в способах проектування сталевих конструкцій та їх поведінці під впливом динамічних навантажень. Дослідження також критично аналізує підходи до врахування вибухової хвилі та пропонує можливі шляхи вдосконалення методології розрахунків. Такий комплексний підхід дозволяє зрозуміти динаміку руйнування будівельних конструкцій та розробити ефективніші стратегії цивільного захисту в умовах військових конфліктів.

Наукова новизна полягає у виявленні прогалів у діючій нормативній базі та запропонованих шляхах їх вирішення, шляхом систематизації та аналізу результатів обстежень зруйнованих об'єктів нерухомості в умовах військових дій.

Практична значущість дослідження полягає в можливості вдосконалення національних стандартів у сфері цивільного захисту та підвищенні стійкості будівельних конструкцій до впливу бойових дій.

Ключові слова: цивільний захист, протидія терористичним актам в міському середовищі, військові дії, нормативна база, вибухи, сталеві конструкції, руйнування.

ВСТУП

З початку повномасштабних військових дій на території України з 24.02.2024 відбувається переосмислення тактики та методів ведення військових дій та інженерно-технічних заходів цивільного захисту.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз результатів пошкодження об'єктів нерухомості за результатами військових дій, з систематизацією масштабу та характеру пошкоджень, визначенням найбільш стійких конструктивних схем будівель досліджувалося Ігнатковим В.М. Особливості розрахунків міцності, стійкості та довговічності металевих конструкцій при навантаженнях від вибухової хвилі досліджувалося вітчизняними науковцями Біликом А.С. та Біликом С.І., а також американськими вченими Healey J., Stea W., Sock F. Досвід, отриманий в ході військових дій, веде до вдосконалення заходів цивільного захисту.

Метою дослідження є аналіз нормативної бази в галузі цивільного захисту та її впливу на ефективність захисту цивільного населення та економічну складову національного господарства в контексті військових дій.

Заслугує на увагу досвід Ізраїлю, який постійно знаходиться в стані військової небезпеки та відзначається за вдосконаленням інженерно-технічних заходів цивільного захисту, спрямованих на захист від засобів ураження невеликої потужності та терористичних актів. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту здійснюються на всіх рівнях починаючи з квартири або житлового будинку, зупинок транспорту, робочих місць, місць скупчення людей і до централізованих сховищ та протирадіаційних укриттів.

В Україні розвиток інженерно-технічних заходів цивільного захисту відбувається в напрямку захисту населення в місцях його проживання. Зокрема, в ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки» зміною № 1, що набула чинності з 01.09.2022, додано п. 5.50 в якому вказано «У складі житлових будинків у межах території населеного пункту, віднесеного до відповідної групи з цивільного захисту, для укриття мешканців (населення), необхідно передбачати улаштування споруд подвійного призначення із захисними властивостями сховищ: – для населеного пункту, віднесеного до групи особливої важливості з цивільного захисту, класу А-II; – для населеного пункту, віднесеного до інших відповідних груп з цивільного захисту, класу А-IV; – з конструктивними, планувальними та інженерними рішеннями згідно з ДБН В.2.2-5. Під час проектування житлових будинків в населених пунктах, не віднесених до відповідних груп з цивільного захисту, для укриття мешканців слід передбачати улаштування споруд подвійного призначення із захисними властивостями протирадіаційних укриттів групи П-1, з конструктивними, планувальними та інженерними рішеннями згідно з ДБН В.2.2-5».

У листопаді 2023 року набрав чинності [1], що встановлює основні положення щодо проектування. Цей нормативний документ оновив вимоги до нормативної бази щодо об'єктів цивільного захисту, звертаючи особливу увагу на захист цивільного населення.

Основні відмінності між новим та попереднім виданнями можна визначити наступним чином:

Акцент на захист цивільного населення. У новому ДБН відзначається перехід від загального захисту до конкретного захисту

цивільного населення. Наприклад, у розділі «Вступ» ДБН В.2.2-5:2023 вказується на призначення захисних споруд та споруд подвійного призначення саме для укриття населення, в той час як попередні версії більше зосереджувалися на захисті від аварій та воєнних загроз загалом.

Підвищення вимог до протирадіаційних укриттів. Нове видання вносить значні зміни до вимог щодо захисту від радіаційних загроз. Зокрема, значно збільшено вимоги до захисту від надмірного тиску повітряної ударної хвилі та проникаючої радіації зовнішнього випромінювання, що відображено в таблиці 1.

Розрахунки сталевих конструкцій.

Традиція враховувати ефекту динамічного зміцнення простежується в нормативній базі як мінімум з СН 405-70, що враховує особливість роботи сталі при високому тиску, а саме оборотні фазові переходи, призводять до зміцнення сталі до 3 разів, та збільшують густину дислокацій до 4 порядків. Проте, зі збільшенням швидкості зіткнень діє наступний фактор – температурний. Значна частина енергії, витрачена на деформацію, виділяється у вигляді тепла. Це вже призводить до підвищення температури на 200–300 °С, що, на перший погляд, скасовує досягнуте зміцнення. Саме тут специфіка деформації під час вибуху дозволяє використовувати виділене тепло для зміцнення. В інженерному підході, цей принцип викладено наступним чином:

4.3.4. Розрахунок сталевих конструкцій необхідно виконувати відповідно вимог до ДБН В.2.6-198. Розрахункові динамічні опори прокату і труб слід приймати такими, що дорівнюють розрахунковим опорам згідно з ДБН В.2.6-198, помноженим на коефіцієнт $K_y = 1,4$ та коефіцієнт умов роботи $\gamma_m = 1,1$. При розрахунку зварних з'єднань сталевих конструкцій коефіцієнт динамічного зміцнення K_d слід приймати рівним 1,0.

При цьому останнє речення з'явилося саме в [1]. Не ставлячи під сумнів сам принцип, автори звертають увагу, на велике різноманіття сталей, їх хімічного складу, їх фізико-механічні характеристики, та залежність швидкості зростання тиску, що діє.

Згідно [20], враховується відмінність роботи сталі з умовною та реальною границею текучості, що закладається в коефіцієнт зміцнення за границею міцності, і знаходиться в межах від 1 до 1.1. Нижче в таблиці 2 наведено характеристики сталей і їх найближчі вітчизняні аналоги.

Таблиця 2

Динамічного збільшення границі міцності

ASTM	ДБН	Ry	Ru	c
A36	C235	250	400	1.1
A588	C355	355	470	1.05
A514		690	760	1

Прямої аналогів сталі A514 у вітчизняній будівельній нормативній базі немає, відповідно порівняння є актуальним для вуглецевих та низьколегованих сталей.

Також з зростанням деформацій суттєво зростає, в порівнянні з статичним – динамічна границя текучості (рис. 1). В даному випадку механічна поведінка залежить і від режиму навантаження так, реакції системи та допустимості надлишкових деформацій, що визначає динамічний ефект в залежності від конкретного матеріалу.

В залежності від необхідності враховувати коефіцієнту пластичності [рис. 3-54, [20]] по переміщенням визначаються динамічна границя текучості (табл. 2).

Таким чином зміцнення є функцією середньої швидкості деформації

$$\varepsilon = \frac{f_{ds}}{E_s \times t}$$

Таблиця 1

Порівняння вимог нормативних документів

Група укриття	ДБН В.2.2.-5:1997 «Захисні споруди цивільної оборони»		ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту»	
	Надмірний тиск повітряної ударної хвилі ΔP_{ex} , кПа (кгс/см ²)	Коефіцієнт послаблення радіаційного впливу (коефіцієнт захисту) K_z	Надмірний тиск повітряної ударної хвилі ΔP_{ex} , кПа	Коефіцієнт послаблення радіаційного впливу (коефіцієнт захисту) K_z
П – 1	20 (0,2)	1000	100	1000
П – 2	-	500	100	1000
П – 3	20 (0,2)	200	100	500
П – 4	20 (0,2)	100	100	200
П – 5	-	200	100	200
П – 6	-	100	100	100

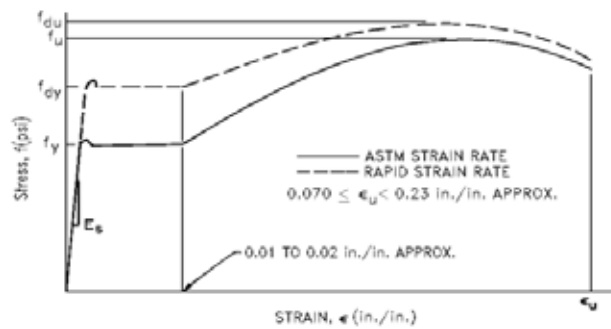


Рис. 1. Зміна діаграми роботи сталі при динамічному впливі

Таблиця 2

Визначення динамічної границі текучості

$\mu < 10$	$\mu \geq 10$
$f_{ds} = f_{dy} = c \times a \times R_y$	$f_{ds} = f_{dy} + \frac{R_u - f_{dy}}{4}$
де f_{ds} – динамічна границя текучості; c – коефіцієнт динамічного збільшення міцності згідно таблиці; a – коефіцієнт середнього збільшення міцності за таблицею;	R_y – розрахунковий опір сталі згідно [11]; R_u – граничний опір сталі згідно [11];

Таблиця 3

Коефіцієнт динамічного збільшення міцності

ASTM	ДБН	Згин		Стиск та розтяг	
		Низький тиск ($\epsilon=0.1$)	Високий тиск ($\epsilon=0.3$)	Низький тиск ($\epsilon=0.02.$)	Високий тиск ($\epsilon=0.05$)
A36	C235	1.29	1.36	1.19	1.24
A588	C355	1.19*	1.24*	1.12*	1.15*
A514		1.09	1.12	1.05	1.07

Примітка: * – для проміжних значень використовується лінійна інтерполяція.

де $E_s = 206000$ – Модуль Юнга сталі; t – час необхідний до досягнення границі текучості;

Експериментальні дані наведені на рис. 2.

Як можна побачити, дискретний підхід більш точно відображає роботу сталевих конструкцій і відповідно має суттєвий вплив як на

металомісткість, так і на перерозподіл навантажень в статично невизначених системах при вибуховому впливі. А враховуючи значну розбіжність в значенні коефіцієнту динамічності в залежності від роботи, задекларований [1], може призвести до відмови конструкції.

Figure 5-2 Dynamic Increase Factors for Yield Stresses At Various Strain Rates for ASTM A-36 and A-514 Steels

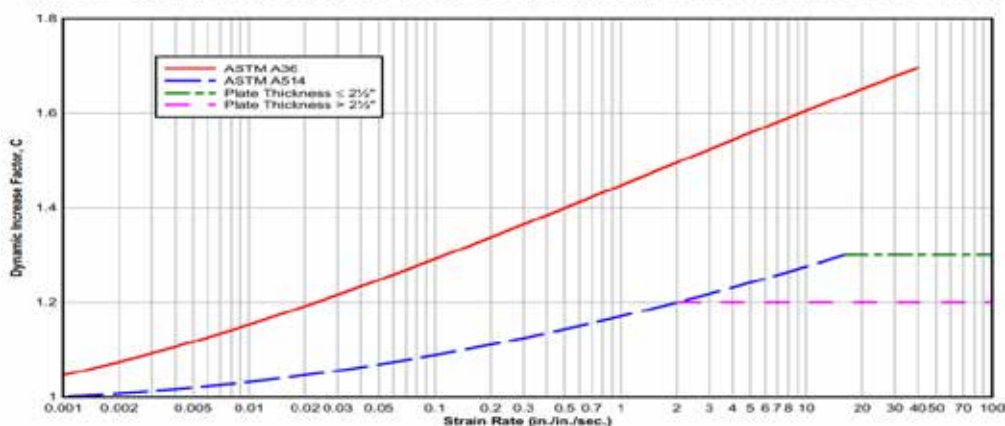


Рис. 2. Діаграма залежності коефіцієнту зміцнення від швидкості деформації

Підхід до вибухової хвилі. Згідно методики [рис. 14.1, [1]], в результаті вибуху на конструкції укриття діє вибухова хвиля зверху, збоку та знизу. Це навантаження розглядається як квазістатичне і прикладається з коефіцієнтами пониження до вказаних площин. На погляд авторів, такий підхід, не є доцільним, з точки зору наступних факторів:

1. Тиск від вибуху розповсюджується з різною швидкістю в різних середовищах (повітря, ґрунт, водонасичений ґрунт);

2. Хвиля, що йде через тверде середовище (ґрунт), поступово втрачає енергію під землею, що не враховано в методиці і робить не раціональним багаторівневе заглиблення в наслідок зростання за рахунок площі навантаження на конструкцію;

3. Навантаження на фундамент є функцією надмірного тиску на фундамент, що прикладений до його площі. Такий підхід, не враховує довжину сейсмічної хвилі і призводить до парадоксального явища – збільшення навантаження з збільшенням площі спирання.

4. Сейсмічна хвиля від вибуху, при ігноруванні глибини, не розділяє хвилі на Релея та Лява, і тим самим завищує навантаження;

5. Тиск по боковій поверхні та з тилу будівлі фактично ігнорується. Для врахування вказаної вади можна скористатися наприклад методикою [Біргбраєра А.Н., Растаргуєва Б.С., [7]], врахувавши фізику процесу.

Проте необхідно зазначити, що сам норматив [14.1.1.4, [1]], допускає розрахунок несучих та огорожуючих конструкцій з використанням прямого динамічного аналізу, при відповідному обґрунтуванні. На жаль затвердженій вітчизняній нормативній базі для врахування відповідних чинників (динамічна жорсткість, дискретні характеристики демпфування) – не існує, за виключенням [СНІП 2.02.05-87, [8]].

Результати обстежень зруйнованих об'єктів нерухомості під час військових дій. Обстеження об'єктів нерухомості, що були зруйновані унаслідок військових дій, є надзвичайно важливим для аналізу пошкоджень та прийняття рішень з розробки прогресивних об'ємно-планувальних та конструктивних рішень у будівництві. З початку квітня 2022 року було проведено обстеження близько двохсот об'єктів, які постраждали від військової агресії російської федерації на територіях Київської, Чернігівської, Харківської, Донецької, Херсонської та Одеської областей. У військових діях використовуються практично всі види озброєнь, за винятком ядерної зброї.

Руйнування та пошкодження об'єктів нерухомості, що знаходяться близько до лінії

фронту, зазвичай стають наслідком артилерійських обстрілів, авіаційних ударів, стрільби зі стрілецької зброї, вибухів та пожеж. У той же час, об'єкти, що розташовані на значній відстані від фронту, частіше стають жертвами балістичних ракет, керованих ракет та масових бомбардувань. Більшість ракет та боеприпасів, що зазнали збою, знищуються протиповітряною обороною України. Також часто виникають пошкодження об'єктів нерухомості від уламків відразу після збиття ракет або бомбардувань.

За масштабом руйнувань та пошкоджень об'єктів нерухомості умовно можливо поділити на декілька ступенів:

- масштабне руйнування об'єктів нерухомості;
- групове руйнування об'єктів нерухомості;
- одиночне руйнування об'єкту нерухомості;
- руйнування частини об'єкту нерухомості;
- групове пошкодження об'єктів нерухомості;
- одиночне пошкодження об'єкту нерухомості;
- пошкодження окремих конструкцій об'єкту нерухомості.

Аналіз результатів військових дій показує, що масштабні руйнування переважно виникають внаслідок масованих артилерійських обстрілів, авіаційних бомбардувань (включаючи використання фосфорних бомб) та пожеж. Групове та одиночне руйнування часто спричинені артилерійськими або ракетними обстрілами, авіаційними бомбардуваннями та пожежами. Руйнування частини об'єкту нерухомості зазвичай відбувається внаслідок попадання ракет, артилерійських снарядів, авіаційних бомб та інших вибухових пристроїв, а також через пожежі. Пошкодження об'єктів нерухомості може статися через вплив вибухової хвилі, уламків та мародерства.

Досвід останніх двох років вказує на те, що об'єкти нерухомості, які постраждали внаслідок конфлікту, відзначаються різними ступенями пошкоджень, залежно від їх об'ємно-планувальних та конструктивних характеристик.

Найбільш схильними до руйнування є будівлі логістичних центрів та великих торгових комплексів з металевим каркасом. Під час пожежі такі будівлі можуть бути знищені або отримати серйозні пошкодження, що, зокрема, зумовлено порушенням будівельних норм у частині протипожежного захисту. Також до

числа схильних до руйнувань входять будівлі та споруди низької ступені капітальності, які не витримують впливу вибухової хвилі.

Будівлі панельного типу часто пошкоджуються через руйнування навісних панелей фасаду, закріплених на закладних деталях. У цегляних будівлях спостерігається часткове руйнування внаслідок ураження ракетами та артилерійськими снарядами.

Найбільш схильними до руйнування конструктивними елементами будівель та споруд є заповнення віконних та дверних прорізів, дах та покрівля, а також конструкції навісного вентилязованого фасаду. Основними факторами руйнування є пожежа та ураження боєприпасами великої потужності.

В багатоповерхових та висотних будівлях, небезпечними з точки зору розповсюдження вибухової хвилі, є ліфтові шахти, вентиляційні канали, канали для прокладки комунікацій. Не маючи по всій висоті перешкод проти розповсюдження вибухової хвилі, ці об'ємно-планувальні елементи сприяють її розповсюдженню по всій висоті. Навіть при локальному пошкодженню конструктивних елементів будівлі, при заходженні вибухової хвилі в ліфтові шахти, вентиляційні канали, канали для прокладки комунікацій, можливе пошкодження та руйнування обладнання цих об'ємно-планувальних елементів на всіх або більшості поверхів.

Найбільш стійкою конструкційною схемою будівель виявився монолітний залізобетонний каркас, який забезпечує стійкість та відсутність прогресуючих деформацій, навіть при прямому ураженні крилатої ракети та руйнуванні окремих елементів.

ВИСНОВКИ

1. На погляд авторів важливим є продовжувати удосконалення нормативної бази з метою забезпечення ефективного цивільного захисту населення в Україні. Потрібно активно використовувати передовий досвід інших країн, зокрема американські нормативні документи [[14]; [15]; [20]], для впровадження нових технологій та методів у сфері цивільного захисту та протидії терористичним актам в міському середовищі архітектурно-конструктивними заходами.

2. Методологія розрахунку на квазі-статичні еквівалентні навантаження повинна бути прив'язана до геометрії захисної частини будівлі, глибину її розташування, оточуючого середовища та виду впливу.

3. Чинне законодавство зосереджено на ядерній загрозі тактичного та стратегічного рівня, що збільшує навантаження

економічного характеру на усі об'єкти будівництва, що потребують розділу ІТЗ ЦЗ. Вважаємо за необхідне розробку документу, що вирішить нагальні проблеми військового стану, тобто навантаження від вибухового впливу не ядерного озброєння (Іскандер, Кінжал, ФАБ-500 і т.д.).

4. Важливо розробити рекомендації для впровадження передових об'ємно-планувальних та конструктивних рішень з точки зору інженерно-технічних заходів цивільного захисту при будівництві в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Зі Зміною № 1. Вимоги: ДБН В.2.2-15:2019. [Чинний від 2022-09-01]. К.: Держстандарт України, 2022. 47 с. (Національні стандарти України).

[2] Будинки та споруди. Захисні споруди цивільного захисту. Вимоги: ДБН В.2.2-5:1997. [Чинний в період 1998-01-01 по 2023-11-01]. К.: Держстандарт України, 1998. 80с. (Національні стандарти України).

[3] Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Вимоги: ДСТУ 8855:2019. [Чинний від 2019-12-01]. К.: Держстандарт України, 2019. 13 с. (Національні стандарти України).

[4] Захисні споруди цивільного захисту. Вимоги: ДБН В.2.2-5:2023. [Чинний від 2023-11-01]. К.: Держстандарт України, 2023. 112 с. (Національні стандарти України).

[5] Ігнатков В.М. Аналіз результатів натурних обстежень об'єктів нерухомості, зруйнованих та пошкоджених в результаті терористичного акту в міському середовищі. УДК 343.326:711.4. Збірник матеріалів наукового формату «Протидія терористичним актам в міському середовищі» 21.06.2023.

[6] Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. [Чинний в період 2017-04-01 по 2024-09-01]. К.: Держстандарт України, 2016. 44 с. (Національні стандарти України).

[7] Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу противника: монографія / [М.В. Коваль, В.В. Коваль, А.С. Білик, В.І. Коцюруба, О.М. Кубраков]; під ред. А.С. Білика. К.: Генеральний штаб Збройних Сил України, 2023. 185 с.

[8] Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість Вимоги: ДБН В.1.2-6-2021. [Чинний від 2022-09-01]. К.: Держстандарт України, 2022. 31 с. (Національні стандарти України).

[9] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 2. Вимоги: ДБН В.1.2-2-2006. [Чинний від 2020-06-01]. К.: Держстандарт України, 2020. 68 с. (Національні стандарти України).

[10] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною № 1. Вимоги: ДБН

V.1.2-14-2018. [Чинний від 2022-09-01]. К.: Держстандарт України, 2022. 34с. (Національні стандарти України).

[11] Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1. Вимоги: ДБН В.2.6-198-2014. [Чинний від 2022-09-01]. К.: Держстандарт України, 2022. 220с. (Національні стандарти України).

[12] Чемакіна О.В., Авдеева Н.Ю., Бутик М.В., Гнатюк Л.Р. Теоретичні засади протидії терористичним актам в міському середовищі. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. К., КНУБА, 2023. Вип. 83. 355–366 с. DOI 10.32347/2076-815x.2022.83.

[13] Чемакіна О.В. Сучасний стан дослідження дилеми захисту від терористичних актів у міському середовищі 222–225с. «Протидія терористичним актам у міському середовищі»: збірник матеріалів Наукового форуму. (м. Київ, 21.06.2023 р.). Київ : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023. 396 с. DOI: 10.31392/UDU-NF_NNIPiP_2023.

[14] ANSI/AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings, 2016.

[15] ASCE/SEI 4-16 Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures.

[16] Baker W. E., P. A. Cox, P. S. Westine, J. J. Kulesz, R, A. Strehlow. *Explosion Hazards and Evaluation*. Amsterdam – Oxford – New York: Elsevier Scientific Publishing Company.

[17] Healey J., et al. *Design of Steel Structures to Resist the Effects of HE Explosions*. New Jersey, Ammann & Whitney Consulting Engineers. 1975.

[18] American Institute of Steel Construction (1980). *Manual of Steel Construction, Eighth Edition*. New York: American Institute of Steel Construction.

[19] ASCE (1971). *Plastic Design in Steel, A Guide and Commentary, Second Edition*. Joint Committee of the Welding Research Council and the American Society of Civil Engineers. 1971.

[20] United Facilities Criteria (UFC) 3-340-02 – Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions.

REFERENCES

[1] Будинки і споруди. Зhyтлови будинки. Основні положення. Зі Змінюю № 1 [Buildings and constructions. Residential buildings. Basic provisions. With Amendment № 1. Requirements]. DBN V.2.2-15:2019. (2019) from 1st September 2022. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[2] Будинки та споруди. Зakhysni споруди тsyvilного захисту [Buildings and structures. Protective structures of civil defense. Requirements]. DBN V.2.2-5:1997. (1997) from 1st January 1998 to 1st November 2023. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[3] Будівлі та споруди. Vyznachennia klasy naslidkiv (vidpovidalnosti) [Buildings and structures. Determination of the class of consequences (responsibility). Requirements]. DSTU 8855:2019. (2019) from 1st December 2019. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[4] Zakhysni споруди тsyvilного захисту [Protective structures of civil defense. Requirements]. DBN V.2.2-5:2023. (2023) from 1st November 2023. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[5] Ihnatkov, V.M. (2023). Analiz rezultativ naturnykh obstezhen ob'ektiv nerukhomosti, zruinovanykh ta poshkodzhenykh v rezultati terorystychnoho aktu v

[6] miskomu seredovyshti [Analysis of the results of field surveys of real estate objects destroyed and damaged as a result of a terrorist act in an urban environment]. *Proceedings of the Scientific Conference «Protection against terrorist acts in urban environment»*. 21.06.2023 [in Ukrainian].

[7] Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnogo stanu [Guidelines for the inspection of buildings and structures for determining and assessing their technical condition]. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2016) from 1st April 2017 to 1st September 2024. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[8] Koval, M.V., Koval, V.V., Bilyk, A.S., Kotsiuruba, V.I., & Kubrakov, O.M. (2023). *Osnovy inzhenernoho zakhystu ob'ektiv krytychnoi infrastruktury enerhetychnoi haluzi Ukrainy vid zasobiv povitrianoho napadu protyvnyka: monohrafiia* [Fundamentals of engineering protection of critical infrastructure facilities of the energy sector of Ukraine from enemy air attacks: monograph]. Kyiv: General Staff of the Armed Forces of Ukraine [in Ukrainian].

[9] Osnovni vymohy do budivel i sporud. Mekhanichniy opir ta stiikist [Basic requirements for buildings and structures. Mechanical resistance and stability. Requirements]. DBN V.1.2-6-2021. (2021). from 1st September 2022. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[10] Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia. Zmina № 2 [System of ensuring reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards. Change № 2. Requirements]. DBN V.1.2-2-2006. (2006) from 1st June 2020. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[11] Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. Zi Zminoiu № 1 [System of ensuring reliability and safety of construction objects. General principles of ensuring reliability and structural safety of buildings and constructions. With Amendment № 1. Requirements]. DBN V.1.2-14-2018. (2018). from 1st September 2022. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[12] Stalevi konstruktsii. Normy proektuvannia. Zi Zminoiu № 1 [Steel structures. Design standards. With Amendment № 1. Requirements]. DBN V.2.6-198-2014. (2014) from 1st September 2022. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

[13] Chemakina, O.V., Avdeeva, N.Yu., Butyk, M.V., & Hnatiuk, L.R. (2023). *Teoretychni zasady protydii terorystychnym aktam v miskomu seredovyshti* [Theoretical principles of combating terrorist acts in the urban environment]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk – Urban planning and territorial planning: Science and technology. Collection*. (M.M. Demin, Eds.). K., KNUBA. Issue 83. 355–366 p. DOI 10.32347/2076-815x.2022.83 [in Ukrainian].

[14] Chemakina, O.V. (2023). Suchasnyi stan doslidzhennia dylemy zakhystu vid terorystychnykh aktiv u miskomu seredovyshchi 222–225s. [The current state of research on the dilemma of protection against terrorist acts in the urban environment 222–225 p.]. «Protydiia terorystychnym aktam u miskomu seredovyshchi»: zbirnyk materialiv Naukovoho forumu. (m. Kyiv, 21.06.2023 r.). – «Countering terrorist acts in the urban environment»: collection of materials of the Scientific Forum. (Kyiv, June 21, 2023). Kyiv: Mykhailo Drahomanov State University Publishing House. 396 p. DOI: 10.31392/UDU-NF_NNIPIP_2023 [in Ukrainian].

[15] ANSI/AISC 360-16 (2016). Specification for Structural Steel Buildings [in English].

[16] ASCE/SEI 4-16 Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures [in English].

[17] W. E. Baker, P. A. Cox, P. S. Westine, J. J. Kulesz, & R. A. Strehlow (1983). *Explosion Hazards and Evaluation*. Amsterdam – Oxford – New York: Elsevier Scientific Publishing Company [in English].

[18] Healey, J., et al. (1975). *Design of Steel Structures to Resist the Effects of HE Explosions*. New Jersey, Ammann & Whitney Consulting Engineers [in English].

[19] American Institute of Steel Construction (1980). *Manual of Steel Construction, Eighth Edition*. New York: American Institute of Steel Construction [in English].

[20] ASCE (1971). *Plastic Design in Steel, A Guide and Commentary, Second Edition*. Joint Committee of the Welding Research Council and the American Society of Civil Engineers [in English].

[21] United Facilities Criteria (UFC) 3-340-02 – Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions [in English].

ABSTRACT

But M., Ihnatkov V., Chemakina O., Sotnikov D. Analysis of the regulatory framework for designing civil defense facilities.

The aim of the study is to analyze the regulatory framework in the field of civil protection and its impact on the effectiveness of countering terrorist acts in urban environments, protecting the civilian population, and the economic component of the national economy in the context of military actions with the Russian Federation.

The research methodology is based on the principles of unity of theory and practice, systematic research, development, objectivity, and abstraction. Within the scope of the research, an analysis of contemporary domestic and foreign regulatory documentation in the field of civil protection was conducted, which allowed for identifying trends and shortcomings of existing methodological approaches.

The results of surveys of destroyed real estate objects due to terrorist acts and during military operations indicate a wide range of damage caused by mines, artillery shelling, air strikes, explosions, and fires. Objects located close to the front suffer destruction due to artillery shelling and shooting, while those far from the front more often become victims of terrorist acts, missile strikes, and bombings. The research outcomes involve identifying specific provisions of construction norms that require improvement and determining ways to develop progressive volumetric-planning and constructive solutions for construction objects from the perspective of resistance to the impact of explosive waves, fragments, and fire. The regulatory framework and practical experience of surveys demonstrate the need for improving construction norms, especially concerning countering terrorist acts in urban environments through architectural-constructive means, fire protection, and the resilience of building structures under the influence of explosions and fires. Particular attention was paid to the difference in methods of designing steel structures and their behavior under the impact of dynamic loads. The research also critically analyzes approaches to accounting for explosive waves and proposes possible ways to improve the calculation methodology. Such a comprehensive approach allows understanding the dynamics of destruction of building structures and developing more effective civil protection strategies in the conditions of military conflicts.

The scientific novelty lies in identifying gaps in the current regulatory framework and proposed ways to resolve them by systematizing and analyzing the results of surveys of destroyed real estate objects in conditions of military actions.

The practical significance of the research lies in the possibility of improving national standards in the field of civil protection and increasing the resilience of building structures to the impact of combat actions.

Keywords: civil protection, countering terrorist acts in urban environments, military actions, regulatory framework, explosions, steel structures, destruction.

AUTHOR'S NOTE:

But Maxim, Ph.D of Engineering Sciences, Senior Expert in Engineering and Technical Measures of Civil Defense, Kyiv Scientific Research Institute of Forensic Expertise, Kyiv, Ukraine, e-mail: max.booth.fem@gmail.com, orcid: 0000-0003-2723-2891.

Ignatkov Vadim, Ph.D in Economics, Senior Expert in Engineering and Technical Measures of Civil Defense, Kyiv Scientific Research Institute of Forensic Expertise, Kyiv, Ukraine, e-mail: proekt77@ukr.net.

Chemakina Oktyabrina, Ph.D of Architecture, Associate Professor, Kyiv, Ukraine, e-mail: oktyarina11@ukr.net, orcid: 0000-0003-2934-2752.

Sotnikov Dmitry, Ph.D in Economics, Kyiv Scientific Research Institute of Forensic Expertise, Kyiv, Ukraine, e-mail: proekt77@ukr.net.

Стаття подана до редакції 08.04.2024 р.