

УДК 72.012

DOI:10.30857/2617-0272.2023.2.15.

¹МАЛІК Т. В., ²КОВАЛЬОВ Ю. М.,
³КАЛАШНІКОВА В. В., ¹НЕРУШЕВА В. М.

¹Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва і дизайну ім. М. Бойчука, Київ, Україна

²Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв, Київ, Україна

³Національний авіаційний університет, Київ, Україна

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ДИЗАЙНУ ЦИВІЛЬНИХ УКРИТТІВ В УКРАЇНІ З УРАХУВАННЯМ ІЗРАЇЛЬСЬКОГО ДОСВІДУ

Мета: визначити фокус-групу та вихідні дані, критерії та обмеження оптимізації, систематизувати типологію укриттів та зазначити їх основні характеристики, розробити стратегію оптимізації, обґрунтувати рекомендації щодо створення укриттів в Україні із використанням ізраїльського досвіду.

Методологія ґрунтується на поняттях складної відкритої системи та системного підходу і включає методи системного аналізу, аналізу за «матрицею доходів» та «матрицею витрат» (за критеріями Лапласа і Вальда), порівняльного аналізу, адаптованих для розв'язання задач визначення фокус-групи та потреб цільового споживача, критеріїв відбору джерел інформації, формування оптимізаційної задачі, критеріїв оптимізації, обмежень та стратегії оптимізації.

Результати. Для цивільного населення визначено фокус групи та їх потреби у укриттях різних типів. Визначено три типи таких укриттів. Обґрунтовано кореляції між потребами, конструктивними і дизайнерськими рішеннями укриттів. Обґрунтовано вибір референсної країни – Ізраїлю, який постійно перебуває під загрозою обстрілів та терористичних актів. Проаналізовано ізраїльський досвід будівництва укриттів різних типів. Обрані оптимальні варіанти дизайнерських, конструктивних та технологічних рішень, зважаючи на потреби цивільного населення України.

Наукова новизна полягає у коректній постановці задачі обмеженої оптимізації, знаходженні кореляцій між потребами фокус-групи та конструктивними і дизайнерськими рішеннями, залученням і аналізом іноземного досвіду, стратегії багатокритеріальної обмеженої оптимізації, рекомендаціях щодо адаптації цього досвіду до загроз та інших особливостей, що мають місце в Україні під час війни.

Практична значущість. Надано рекомендації щодо створення системи різноманітних укриттів, які доповнюють одне одне, задовольняючи різнопланові потреби фокус-групи. Зокрема, доцільно використовувати: для внутрішнього середовища (мамад, міклат, складне укриття); для зовнішнього середовища (шелтерні споруди); для комбінованого застосування (мамак, укріплення будинків типу «ТАМА 38», укріплення соціально важливих об'єктів). Визначено необхідність удосконалення організації будівництва і фінансування робіт, зокрема, доцільно ширше застосовувати збірні індустріальні конструкції і більш гнучкі схеми фінансування, наприклад, «капітальні» укриття – за рахунок держбюджету, міклати і шелтерні споруди – за рахунок місцевих громад, мамади і складні укриття – за рахунок населення при наданні відповідних пільг.

Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація; ізраїльський досвід; укриття; мамад; мамак; безпека суспільства.

Вступ. Сучасна війна характеризується масовим використанням крилатих та балістичних ракет та безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які відзначаються великим радіусом дії та високою точністю. Окрім безпосередньої дії вибухової хвилі, загрозу для населення несуть осколки та уламки збитих

ракет чи БПЛА. Існуюча система укриттів для цивільного населення, розроблена і впроваджена, здебільшого, кілька десятиріч тому, не розрахована на особливості сучасної зброї. В умовах дефіциту часу та ресурсів масштабне будівництво (модернізація) цивільних укриттів у близькості до лінії фронту і по всій

території України є неможливим. Відтак, проблема захисту цивільного населення є вкрай актуальною, і одним із шляхів її вирішення є залучення та застосування іноземного досвіду.

Аналіз попередніх досліджень.

Першим кроком є правильний вибір аналогів. З цієї точки зору досвід Ізраїлю – країни, яка постійно перебуває під загрозою масового застосування ракет та БПЛА є особливо цінним. Загальна ситуація там характеризується наступними особливостями.

Попри те, що на території Ізраїлю налічується понад мільйон підземних бомбосховищ і громадських укриттів (міклатів), часто в людини немає часу, щоб добігти туди [1] – ситуація, цілком аналогічна тій, що має місце в Україні.

Саме тому в законі про цивільну оборону зобов'язали забудовників проектувати укріплені кімнати в усіх житлових і громадських будівлях (мамади й мамаки) [2, 3] – цей досвід може бути корисним.

Конструктивні та технологічні особливості міклатів, мамадів та мамаків описані в [4]; там же надано інформацію щодо рівню комфорту та його забезпечення. У [5] наведено каталог укриттів, що відображає вже світовий досвід і концентрує увагу на ще одній грані проблеми – розміщенні евакуйованих людей, що постраждали від військових дій чи стихійних лих. При їх використанні слід урахувати обмежений час і ресурси, а також відповідність діючим нормативним документам. Ці фактори є обмеженнями у ході оптимізації.

Звідси випливає, що проблема забезпечення безпеки цивільного населення за рахунок будівництва системи укриттів (відокремимо її від більш загальної проблеми організації цивільного захисту, а також від захисту військових та військово-політичного керівництва) є обмеженою багатокритеріальною задачею оптимізації. Велика кількість факторів, їх неоднорідність та часткова неформалізованість не дозволяє використовувати точні математичні методи [6].

Аналіз публікацій та проєктів останніх років дозволяє визначити ще кілька тенденцій, корисних для України:

1. Існує розгалужена мережа сховищ та укриттів, які доцільно використовувати у залежності від різноманітних загроз і умов [7], які охоплюють більшість можливих ситуацій;

2. Типологія укриттів вже є досить усталеною; в основному, вона поповнюється спеціалізованими укриттями (для тварин, книг тощо) [8], а також об'єктами подвійного застосування (так звані «відкриті укриття», що у мирний час є громадськими об'єктами, а під час загрози є швидко доступними, хоча й не дуже надійними укриттями) [9];

3. Ефективність укриттів значно підвищується, якщо вони є елементами системи, що включає засоби оповіщення, протиракетної оборони, медичної допомоги тощо [10–12].

Постановка завдання: визначити фокус-групу та вихідні дані, критерії та обмеження оптимізації, систематизувати і визначити з типологією укриттів та зазначити їх основні характеристики, розробити стратегію оптимізації, обґрунтувати рекомендації щодо створення укриттів в Україні із використанням ізраїльського досвіду.

Результати дослідження та їх обговорення.

Особливості і потреби фокус-групи. Фокус-групою є цивільне населення, яке під час повітряної тривоги може перебувати на роботі, у громадських місцях, транспорті, вдома. Особливу групу утворюють немобільні верстви – маленькі діти, літні люди, хворі, інваліди, які практично позбавлені можливості дістатися укриття поза межами будинку або квартири.

Відтак, кореляція між названими особливостями та конструктивними рішеннями наступна:

- Варіант 1: висок захищені укриття, які припускають довоготривале перебування великої кількості людей із забезпеченням доступу до електроенергії, води та харчування;

- Варіант 2: доступні укриття, що передбачають захист від уламків та осколків, нетривале перебування порівняно невеликої кількості людей під час повітряної тривоги, розташовані у громадських місцях та уздовж маршрутів транспорту;

- Варіант 3: квартирні укриття для малої кількості малорухомих людей, які потребують опіки із підвищеними вимогами до комфорту.

Досвід будівництва цивільних укриттів у Ізраїлі. Розглянемо, які рішення були впроваджені у Ізраїлі, і як вони співвідносяться із варіантами 1–3.

У будівлях зазвичай є «капітальні» укриття для мешканців або робітників. Укриття розташовуються на нижніх рівнях та мають спеціальну конструкцію, що дозволяє захистити від удару ракети. Укриття мають щільні стіни, що захищають від осколків. Деякі укриття (у будівлях шкіл, лікарень та громадських споруд) можуть забезпечувати відносно комфортне проживання на протязі декількох тижнів великої кількості людей. Усі вони відповідають варіанту 1.

Починаючи з 1980 року в Ізраїлі була створена мережа різноманітних типів укриттів. Вони класифікуються відповідно до застосування: внутрішнього, зовнішнього чи комбінованого.

1. До групи для внутрішнього середовища відносяться: мамад, міклат, складне приміщення. Мамад (рис. 1 та 2) – захищене приміщення. Це кімната з масивними (30 см), залізобетонними стінами, потовщеним перекриттям, металевими герметичними дверима, які витримують вибухову хвилю, віконницями з двосантиметрового листа сталі та фільтром повітря для хімзахисту. Мамади необхідні, щоб люди вибігали на вулицю, аби потрапити до укриття, а могли пройти до захищеної кімнати. Таким, чином, вони цілком відповідають варіанту 3.

Мамади не схожі на українські сховища тим, що в мирний час їх використовують як житлові приміщення. Їх розташовують в кожній квартирі, або на кожному поверсі.

Розмір мамада розраховують за кількістю людей на поверсі.

Мамади зазвичай планують і будують один над одним. Мамади можуть врятувати від уламків ракет і снарядів, а також хімічної зброї та землетрусів, але не від прямого попадання ракети. Вимоги до мамадів наступні: площа не менше 9 кв. м; висота стелі – 2,5 м; стіни мають бути залізобетонними, від 25–30 см завтовшки; металеві герметичні двері, які зупиняють вибухову хвилю; фільтри для захисту від хімічної зброї. У мирний час мамад може слугувати, наприклад, дитячою кімнатою. Але під час повітряної тривоги родина збирається у мамаді. Досить часто укріплені кімнати у будинках використовують саме як дитячі, щоб не потрібно було будити дітей у випадку сирени [3; 10; 13; 14].

Сходові клітки в ізраїльських будинках завжди роблять укріпленими і з залізобетону, щоб там теж можна було сховатися або щоб безпечніше спускатися до загального укриття.

Міклат – укриття у підвальних чи наземних поверхах будівлі, або окрема підземна споруда на шкільних подвір'ях або в густонаселених районах із забудовою старого типу. У мирний час там розміщується, наприклад, молодіжний клуб; під час тривоги приміщення використовується за прямим призначенням (відповідає варіанту 2).

Складне укриття (рис. 3). Виробник засобів захисту Micromax є розробником укриття, яке розкладається за кілька хвилин, і яке можна встановити у власному помешканні. Його можна також розмістити у ніші, і в складеному стані прикрити шторами [14] (варіант 3).

2. До групи для зовнішнього середовища відносяться тимчасові шелтерні споруди (відповідають варіанту 2): залізобетонні об'єкти у формі дзвону, з місцем для невеликої кількості людей, розташовані на відкритому полі або біля доріг; залізобетонні об'єкти у формі коробки, встановлені за допомогою крана, і вміщують понад 10 осіб; кількадеметрові каналізаційні труби біля будинків.



Рис. 1. Мамад у дитячій спальні [3]



Рис. 2. Коробка мамад [13]



Рис. 3. Складне укриття [14]



Рис. 4. Мамак на дитячому майданчику [1]



Рис. 5. Мамак вуличний [14]



Рис. 6. Укріплення будинків [13]



Рис. 7. Мамад блок [10]

3. До групи комбінованого застосування відносяться: мамак, укріплення будинків та укриття за програмою «ТАМА 38», укріплення соціально важливих об'єктів.

Мамак (рис. 4 та 5). Громадські будівлі обов'язково треба забезпечити подібними до мамаду укриттями – мамаком; вони мають бути на кожному поверсі, де є люди. Без наявності мамака влада не дає дозволу на будівництво або ввід в експлуатацію. У Ізраїлі «мамак» виникли як імпровізовані укриття, які використовуються в часи війни або надзвичайних ситуацій (варіант 2).

Ці укриття можуть бути встановлені на дачних ділянках, в будинках, на вулицях, в парках та інших місцях, які не забезпечують достатнього захисту від ракетних атак або інших форм нападу. Мамак складається з невеликої кімнати зі стінами з бетону або інших міцних матеріалів, що можуть забезпечити захист від удару ракети або іншої зброї. Укриття має спеціальний вхід, який зазвичай знаходиться на рівні землі та забезпечує безпечний вхід та вихід. Також у мамаках можуть бути додаткові елементи безпеки, такі як система вентиляції, засоби зв'язку та освітлення.

Вимоги для мамаків: протиударні двері з гумовим ущільнювачем, відкриваються назовні; аварійний отвір для евакуації розмірами 70\70 см впритул до однієї зі стін на стелі; одна зовнішня стіна шириною 30 см; внутрішні стіни 20 см; внутрішні перекриття товщиною 15 см, найвище і найнижче 20 см; 2 вентиляційні труби 4" і одна заготовля для кондиціонування 8".

У мамаку не передбачені вікна.

Розрахунок мамаку: 4 кв.м на квартиру площею до 100 кв.м, або 5 кв.м на квартиру площею понад 100 кв.м на людину [1; 13; 14].

Укріплення будинків та укриття за програмою «ТАМА 38» (рис. 6 та 7).

Всі будинки починаючи з 1980 потрапили під програму ТАМА-38. Мета програми – укріпити будинки, які не мають мамадів. За згодою 75% мешканців будинку, забудовник

може добудувати мамади, а також ще два-три поверхи квартир на продаж. Подекуди забудовники ще й добудовують ліфт та зміцнюють фасад будинку (варіанти 2 і 3).

Найчастіше забудовники укріплюють будинки у центрі Ізраїлю. У південних містах, які межують з Сектором Газа, мамади добудовують рідше.

У будинках, які не підлягають реновації, мамад можна побудувати як окреме приміщення. На сьогодні мамади мають 40% будинків в Ізраїлі [1; 10].

Укріплення соціально важливих об'єктів. Громади поблизу сектора Газа, які зазнають постійних ракетних обстрілів з 2001 року, мають додаткові укріплення. Так, у Сдероті розміщено 120 укріплених автобусних зупинок, а також укріплення проти ракет з аркових навісів над дахами [13] (варіант2), відкрито укріплений дитячий оздоровчий центр, що забезпечує ракетне захищене місце для ігор дітей, обладнано ігровий майданчик із бетонними тунелями для гри та укриття [10; 13] (варіанти 1-3).

Таким чином, досвід будівництва сховищ у Ізраїлі охоплює потреби фокус-групи цивільного населення по всім трьом варіантам, відтак, він може бути використаний у якості референсного.

Тепер наведемо послідовність дій – стратегію оптимізації.

Визначення критеріїв оптимізації методом експертного оцінювання відбувалося наступним чином: відбір експертів за кваліфікацією не проводився; ваги усіх оцінок кожного з експертів визнавалися однаковими; список критеріїв для оцінювання формувався шляхом опитування; оцінювання відбувалося за п'ятибальною шкалою і без обговорення. До кінцевого списку увійшли критерії, які отримали більше половини теоретично можливої кількості балів; критерії було поділено на 2 групи: 1) – відображає привабливість варіанту, що оцінюється; 2) – його ризикованість. До групи 1) увійшли: безпечність; комфортність (у тому числі, хворих, інвалідів тощо); доступність; швидкість зве-

дення; технологічність (виготовлення на заводах, використання доступних матеріалів, легкість монтажу тощо). До групи 2): уразливість; дискомфортність; ускладненість доступу; тривалість зведення; ресурсоємність. Кожна з груп утворює окрему «цільову функцію». Оскільки групи є різнорідними і не мають спільних одиниць виміру, вони також мають бути оцінені експертами.

Формулювання оптимізаційної задачі: обрати із референсного матеріалу найкращий за вищеназваними групами варіант при наявності обмежень у ресурсах, часі зведення, а також відповідності нормативним вимогам.

Вибір оптимального для України варіанту проводилося методом експертного оцінювання та формування «матриці доходів» (відображає привабливість варіанту) та «матрицею витрат» (відображає ризикованість варіанту) за критеріями Лапласа (1) та Вальда (2).

Критерій Лапласа розраховувався за формулою [6]:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n A_j \right\}, \quad (1)$$

де A_j – оцінки експертів.

Критерій відображає середньозважену оцінку привабливості варіанту.

Критерій Вальда розраховується за формулою:

$$A^* = \min_{A_i} \{A_i\} \quad (2)$$

де A_j – оцінки експертів.

Критерій відповідає позиції крайньої обережності: рішення має забезпечити гарантований результат і виключати ризик.

Експертне оцінювання проводилося за описаною вище процедурою. На першому етапі оцінювалася привабливість варіанту за показниками групи 1) – більші значення критеріїв Лапласа і Вальда відповідають кращим варіантам (табл. 1).

Таблиця 1

Формування «матриці доходів»

Тип укриття	Критерії					Розрахунок	
	Безпеч- ність	Комфорт- ність	Доступ- ність	Швидкість зведення	Технологіч- ність	Критерій Лапласа	Критерій Вальда
«капітальні»	5	5	3	1	3	3,4	1
мамад	3	5	5	4	4	4,2	3
міклат	4	2	4	3	4	3,4	2
складне	2	5	4	5	5	4,2	2
тимчасові шелтерні спо- руди	4	2	3	3	3	3	2
мамак	3	5	4	3	4	3,8	3
укріплення та укриття «ТАМА 38»	3	5	4	3	3	3,6	3

Таблиця 2

Формування «матриці витрат»

Тип укриття	Критерії					Розрахунок	
	Уразли- вість	Диском- фортність	Ускладне- ність доступу	Тривалість зведення	Ресурсоєм- ність	Критерій Лапласа	Критерій Вальда
«капітальні»	1	1	3	5	5	3	1
мамад	3	1	1	2	1	1,6	1
міклат	3	3	2	2	2	2,4	2
складне	3	1	1	1	1	1,4	1
тимчасові шелтер- ні споруди	2	3	2	2	2	2,2	2
мамак,	3	2	1	3	2	2,2	1
укріплення та ук- риття «ТАМА 38»	3	1	1	2	2	1,8	1

Найбільш привабливим за обома критеріями є варіант укриття типу мамад.

На другому етапі оцінювалася ризикованість за показниками групи 2). Варіант оцінюється за найгіршим показником, і оптимальним є той, що є до найкращим з найгірших (табл 2).

Найкращим за обома критеріями є варіант укриття типу складне.

Рекомендації. Отже, для вирішення проблеми захисту цивільного населення в умовах війни, є улаштування мамадів і складних укриттів. Цей досвід можна запозичити, тим більш, що він відповідає змінам у нормативній базі (прийнятий закон, де вимагається влаштування захисних споруд у нових будинках, і змінюються відповідні ДБНи).

Висновки. Поглянемо на проблему оптимальності типології укриттів і на більш широкому контексті. По-перше, для захисту цивільного захисту під час війни потрібне комплексне рішення, що включає протиракетні та радіоелектронні засоби, систему

сповіщення, організацію аварійних та медичних служб. Ці компоненти створюються швидкими темпами. По-друге, різноманітність потреб фокус-групи вимагає створення системи різноманітних укриттів, які доповнюють одне одне. Варто використовувати: для внутрішнього середовища (мамад, міклат, складне укриття); для зовнішнього середовища (шелтерні споруди); для комбінованого застосування (мамак, укріплення будинків типу «ТАМА 38», укріплення соціально важливих об'єктів).

По-третє, удосконалень потребує організація будівництва і фінансування робіт. Необхідно ширше застосовувати збірні індустриальні конструкції і більш гнучкі схеми фінансування, наприклад, «капітальні» укриття – за рахунок держбюджету, міклати і шелтерні споруди – за рахунок місцевих громад, мамеди і складні укриття – за рахунок населення при наданні відповідних пільг.

Література:

1. Avnery U. Israel's Vicious Circle: Ten Years of Writings on Israel and Palestine. Pluto Press, 2008. 240 p.
2. Bodansky Y. The High Cost of Peace: How Washington's Middle East Policy Left America Vulnerable to Terrorism. Prima Pub, Westminster, Maryland, 2002. 652 p.
3. Lichtman G. Shelter, 'mamad' or sealed room? *The Jerusalem Post*, November 27, 2008. URL: <https://www.jpost.com/Local-Israel/In-Jerusalem/Shelter-mamad-or-sealed-room> (дата звернення: 10.05.2023).
4. Inbar E. Israel's National Security. Issues and Challenges Since the Yom Kippur War. Routledge. 2014. 304 p.
5. UNHCR. Shelter Design Catalogue. The UN Refugee Agency, 2016. 68 p.
6. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання. Вінниця: ВНТ. 2007. 171 с.
7. Hacker D., Cohen O. The Shelters in Israel for Survivors of Human Trafficking SSRN Electronic Journal. (March 1, 2012). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2070787>.

8. Sorek A. Shelter. A poetic exploration of the Tel Aviv University's shelter signs and the Talmudic Cities of Refuge. Published on: winter 2022. URL: <https://www.tarb.co.il/shelter-shelter/> (дата звернення: 3.01.2023)
9. Shenkin. R. Open-sided shelter. URL: <https://archello.com/project/open-sided-shelter> (дата звернення: 07.05.2023)
10. Zatulsky A. How to continue living and developing under constant military threat – Israel's experience. URL: <https://mind.ua/en/openmind/20252994-how-to-continue-living-and-developing-under-constant-military-threat-israels-experience> (дата звернення: 6.02.2023)
11. Driesse L. ICEJ protects more Israeli communities with shelters in 2022. Published on: 15.12.2022. URL: <https://www.icej.org/blog/icej-protects-more-israeli-communities-with-shelters-in-2022/> (дата звернення: 8.05.2023)
12. ICEJ. Bomb Shelters. URL: <https://www.icej.org/project/bomb-shelters/> (дата звернення: 8.05.2023)
13. Що таке мамеди і мамаки? Досвід Ізраїлю з будівництва безпечного житла. *Евакуація.City*. 02.06.2022. URL: <https://evacuation.city/articles/216>

[253/scho-take-mamadi](#) (дата звернення: 12.02.2023).

14. Mifram Security [Каталог продукції]. URL: <https://www.miframsecurity.com/solutions/products/> (дата звернення: 10.02.2023)

References:

1. Avnery, U. (2008). *Israel's Vicious Circle: Ten Years of Writings on Israel and Palestine*. Pluto Press [In English].

2. Bodansky, Y. (2002). *The High Cost of Peace: How Washington's Middle East Policy Left America Vulnerable to Terrorism*. Prima Pub, Westminster, Maryland [In English].

3. Lichtman, G. (2008). Shelter, 'mamad' or sealed room? *The Jerusalem Post*, November 27, 2008. URL: <https://www.jpost.com/Local-Israel/In-Jerusalem/Shelter-mamad-or-sealed-room> (Last accessed: 10.05.2023) [In English].

4. Inbar, E. (2004). *Israel's National Security. Issues and Challenges Since the Yom Kippur War*. Routledge [In English].

5. UNHCR (2016). *Shelter Design Catalogue*. The UN Refugee Agency [In English].

6. Ghrabovecjkyj, B. Je. (2007). *Metody ekspertnykh ocinok: teorija, metodologhija, naprjamky vykorystannja* [Methods of expert evaluations: theory, methodology, directions of use]. Vinnycja: VNT [In Ukrainian].

7. Hacker, D. & Cohen, O. (2012). The Shelters in Israel for Survivors of Human Trafficking. *SSRN Electronic Journal*. 2012, March 1. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2070787> [In English].

8. Sorek, A. (2022). Shelter. A poetic exploration of the Tel Aviv University's shelter signs and the Talmudic Cities of Refuge. [Published on: winter 2022] URL: <https://www.tarb.co.il/shelter-shelter/> (Last accessed: 3.01.2023) [In English].

9. Shenkin, R. (2023). Open-sided shelter. URL: <https://archello.com/project/open-sided-shelter> (Last accessed: 7.05.2023) [In English].

10. Zatulsky, A. (2023). How to continue living and developing under constant military threat – Israel's experience. URL: <https://mind.ua/en/openmind/20252994-how-to-continue-living-and-developing-under-constant-military-threat-israels-experience> (Last accessed: 6.02.2023) [In English].

11. Driesse, L. (2022). ICEJ protects more Israeli communities with shelters in 2022. [Published on: 15.12.2022]. URL: <https://www.icej.org/blog/icej-protects-more-israeli-communities-with-shelters-in-2022/> (Last accessed: 8.05.2023) [In English].

12. ICEJ (n/d). Bomb Shelters. URL: <https://www.icej.org/project/bomb-shelters/> Last accessed: 8.05.2023) [In English].

13. Shho take mamady i mamaky? Dosvid Izrajilju z budivnyctva bezpechnogho zhytla. [What are mamaki and mamady? Israel's experience in building safe housing]. *Evacuation.City*. 02.06.2022. URL: <https://evacuation.city/articles/216253/scho-take-mamadi> (Last accessed: 12.02.2023) [[In Ukrainian].

14. Mifram Security (n/d). [Products]. URL: <https://www.miframsecurity.com/solutions/products/> (Last accessed: 10.02.2023) [In English].

MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF CIVIL SHELTERS DESIGN IN UKRAINE TAKING INTO ACCOUNT ISRAELI EXPERIENCE

¹MALIK T. V., ²KOVALYOV Yu. M., ³KALASHNIKOVA V. V., ¹NERUSHEVA V. M.

¹Mykhailo Boichuk Kyiv State Academy of Decorative Applied Arts and Design, Kyiv, Ukraine

²National Academy of Culture and Arts Management, Kyiv, Ukraine

³National Aviation University, Kyiv, Ukraine

The aim of the work is to determine the focus group and initial data, optimization criteria, and limitations, systematize the typology of shelters and note their main characteristics, develop an optimization strategy, and substantiate recommendations for creating shelters in Ukraine using Israeli experience.

The methodology is based on the concepts of a complex open system and a system approach and includes the methods of system analysis, analysis according to the "income matrix" and "cost matrix" (according to the criteria of Laplace and Wald), comparative analysis, adapted for solving the tasks of defining a focus group and needs of the target consumer, criteria for selecting sources of information, formation of the optimization task, optimization criteria, limitations and optimization strategy.

The results. Focus groups and their needs for shelters of various types have been defined for the civilian population. Three types of such shelters are defined. Correlations between needs, constructive and design solutions of shelters are substantiated. The choice of the reference country – Israel, which is constantly under threat of shelling and terrorist acts, is justified. The Israeli experience of building various types of shelters is analyzed. The optimal options for design, construction, and technological solutions were chosen, taking into account the needs of the civilian population of Ukraine.

The scientific novelty consists in the correct formulation of the problem of constrained optimization, finding correlations between the needs of the focus group and constructive and design solutions, the involvement and analysis of foreign experience, the strategy of multi-criteria constrained optimization, recommendations on the adaptation of this experience to threats and other features that take place in Ukraine during the war.

Practical significance. Recommendations are provided for creating a system of various shelters that complement each other, meeting the diverse needs of the focus group. In particular, it is advisable to use: for the internal environment (mamad, miklat, complex shelter); for the external environment (shelter buildings); for combined use (mamak, fortification of buildings of the TAMA 38 type, fortification of social important objects). The need to improve the organization of construction and financing of works has been determined, in particular, it is advisable to use prefabricated industrial structures and more flexible financing schemes more widely, for example, "capital" shelters – at the expense of the state budget, miklats, and shelter structures – at the expense of local communities, mamadas, and complex shelters – at the expense of account of the population with the provision of relevant benefits.

Keywords: *multicriteria optimization; Israeli experience; shelter; mamad; mamak; public safety.*

ІНФОРМАЦІЯ
ПРО АВТОРІВ:

Малік Тетяна Вячеславівна, канд. арх., професор, завідувач кафедри дизайну середовища, Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва та дизайну імені Михайла Бойчука, ORCID 0000-0001-7986-39, **e-mail:** 3t@ukr.net

Ковальов Юрій Миколайович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри дизайну середовища, Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв, ORCID 0000-0001-7433-1310, Scopus 7004588785, **e-mail:** yurnk61@ukr.net

Калашнікова Вікторія Вікторівна, канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій дизайну і графіки, Національний авіаційний університет, ORCID 0009-0005-0807-8325, **e-mail:** kalashnikovastar@gmail.com

Нерушева Валерія Михайлівна, магістр, факультет дизайну, Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва та дизайну імені Михайла Бойчука, ORCID 0009-0008-1483-1258, **e-mail:** valerie777_n@ukr.net

Цитування за ДСТУ: Малік Т. В., Ковальов Ю. М., Калашнікова В. В., Нерушева В. М. Багатокритеріальна оптимізація дизайну цивільних укриттів в Україні з урахуванням ізраїльського досвіду. *Art and design*. 2023. №2(22). С. 170–178.

[https://doi.org/
10.30857/2617-
0272.2023.2.15](https://doi.org/10.30857/2617-0272.2023.2.15)

Citation APA: Малік, Т. В., Ковальов, Ю. М., Калашнікова, В. В., Нерушева, В. М. (2023) Багатокритеріальна оптимізація дизайну цивільних укриттів в Україні з урахуванням ізраїльського досвіду. *Art and design*. №2(22). 170–178.