

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ У ПЛАНУВАЛЬНУ СТРУКТУРУ МІСТ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Анотація: У роботі розглянуто роль систем цивільного захисту у формуванні безпечного міського середовища в умовах воєнних та післявоєнних викликів. Обґрунтовано, що ефективність цивільного захисту в місті визначається не лише наявністю фонду укриттів, а й рівнем їх просторово-часової доступності, місткістю, сценарною працездатністю та інтеграцією з транспортною, інженерною та інформаційною інфраструктурою. Показано, що сучасний підхід до планування систем цивільного захисту має спиратися на принципи міської стійкості, *risk-informed planning*, а також на використання GIS-аналізу, оптимізаційних та імітаційних моделей. Доведено, що інтеграція цивільного захисту у планувальну структуру міста повинна розглядатися як складова стратегічного розвитку урбанізованих територій та один із ключових інструментів зниження просторової нерівності ризиків.

Ключові слова: цивільний захист, безпечне міське середовище, планувальна структура міста, укриття, просторова доступність, міська стійкість, GIS-аналіз, математичне моделювання.

Abstract: The thesis examines the role of civil protection systems in shaping a safe urban environment under wartime and post-war challenges. It is substantiated that the effectiveness of civil protection in a city depends not only on the existence of shelters, but also on their spatial and temporal accessibility, capacity, scenario-based operability, and integration with transport, engineering, and information infrastructure. It is shown that the modern approach to planning civil protection systems should rely on the principles of urban resilience, *risk-informed planning*, as well as on the use of GIS analysis, optimization, and simulation models. It is proved that the integration of civil protection into the planning structure of a city should be considered as a component of the strategic development of urbanized territories and as one of the key tools for reducing spatial inequality of risks.

Keywords: civil protection, safe urban environment, urban planning structure, shelters, spatial accessibility, urban resilience, GIS analysis, mathematical modeling.

Сучасні міста є складними соціально-економічними та інженерно-просторовими системами, у яких безпека населення визначається не лише станом окремих об'єктів інфраструктури, а й характером взаємодії транспортної, енергетичної, комунікаційної, житлової та управлінської підсистем. За умов високої щільності населення та концентрації критичних функцій навіть локальні порушення здатні призводити до значних втрат, тому безпечне міське середовище слід розглядати як результат поєднання ризик-орієнтованого просторового планування, інженерної спроможності інфраструктури та ефективної організації реагування і відновлення [1, 5, 6].

В умовах воєнних загроз цивільний захист не може обмежуватися лише наявністю укриттів як переліку окремих споруд. Практична ефективність системи визначається тим, наскільки швидко населення може дістатися до захисних споруд, чи відповідає їх місткість реальному розподілу населення, чи здатна мережа доступності функціонувати в умовах часткової деградації інфраструктури, а також чи забезпечується інформаційне супроводження та керованість потоків населення. Це означає, що безпека міста є мережевою властивістю, яка залежить не тільки від параметрів самого укриття, а й від часу досяжності, пропускної здатності маршрутів, стану інженерних мереж та координації управлінських рішень [3, 4].

Особливого значення набуває просторово-часова доступність укриттів. У реальних умовах важливо оцінювати не геометричну відстань до об'єкта, а саме час, необхідний для його досягнення, оскільки вікно реагування під час повітряної тривоги часто вимірюється хвилинами. У цьому контексті ключовим показником стає частка населення, яка має доступ до укриття в межах нормативного часу. Якщо в одних районах міста такий доступ забезпечено, а в інших — ні, формується просторова нерівність ризиків. Тому інтеграція цивільного захисту у планувальну структуру міста повинна відбуватися не лише через збільшення кількості укриттів, а й через вирівнювання доступності між територіями та пріоритизацію інвестицій у дефіцитних зонах [4, 5].

Ще однією важливою проблемою є невідповідність між місткістю укриттів і фактичним розподілом населення. У містах із контрастною щільністю забудови та різною функціональною структурою виникає ризик перевантаження одних захисних споруд і недовантаження інших. Це переводить завдання цивільного захисту з площини формального обліку місць у площину

управління потоками населення. Для цього необхідні локальні маршрути, інформаційні рішення, резервні пункти укриття та інструменти прогнозування навантаження на захисну інфраструктуру. Так само важливо враховувати сценарну працездатність системи, оскільки в умовах воєнних та післявоєнних викликів частина маршрутів може бути перекрита, а окремі укриття — пошкоджені або тимчасово недоступні [3, 4, 6].

За таких умов традиційні нормативні підходи виявляються недостатніми. Сучасне планування систем цивільного захисту потребує застосування формалізованих методів оцінювання, моделювання та оптимізації. До таких інструментів належать GIS-аналіз, мережеві моделі доступності, оптимізаційні моделі розміщення об'єктів, імітаційне моделювання евакуації населення, а також сучасні методи аналізу даних. Їх використання дозволяє виявляти дефіцитні території, оцінювати покриття населення, перевіряти рішення на робастність, моделювати поведінку системи у різних сценаріях надзвичайних ситуацій та обґрунтовувати найефективніші напрями розвитку мережі укриттів. Застосування таких підходів дає змогу перейти від описового аналізу до кількісної оцінки ефективності цивільного захисту [1, 2, 5].

У післявоєнному контексті системи цивільного захисту повинні розглядатися також як важливий елемент відбудови та трансформації міського простору. Відновлення міста не повинно означати просте відтворення довоєнної конфігурації, якщо вона не забезпечувала достатнього рівня безпеки. Навпаки, цивільний захист має стати одним із критеріїв оновлення транспортної, інженерної та громадської інфраструктури, а також планування об'єктів подвійного призначення. У цьому сенсі система цивільного захисту має трактуватися як міська інфраструктура управління ризиками, інтегрована у стратегічний цикл розвитку міста [5, 6].

Отже, формування безпечного міського середовища в сучасних умовах неможливе без інтеграції систем цивільного захисту у планувальну структуру міста. Ефективність таких систем повинна оцінюватися за сукупністю показників, серед яких ключовими є доступність, місткість, сценарна працездатність, інклюзивність та рівень покриття населення. Використання GIS-аналізу, математичного моделювання та оптимізаційних підходів створює науково-методичну основу для прийняття обґрунтованих рішень щодо розвитку міської інфраструктури безпеки. Це дозволяє підвищити стійкість міських систем, зменшити просторову нерівність ризиків і забезпечити більш високий рівень захисту населення в умовах воєнних та післявоєнних викликів [1, 2, 4, 5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Meerow S., Newell J. P., Stults M. Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*. 2016. Vol. 147. P. 38–49.
2. Boonmee C., Arimura M., Asada T. Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2017. Vol. 24. P. 485–498.
3. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
4. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ, 2023.
5. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva : UNDRR, 2015.
6. UN-Habitat. *City Resilience Profiling Tool Guide*. Nairobi : UN-Habitat, 2018.

Любич Володимир Володимирович, аспірант, асистент кафедри будівництва, міського господарства і архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com

Науковий керівник: **Меть Іван Миколайович**, к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства і архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Liubych Volodymyr Volodymyrovych, Postgraduate Student, Assistant of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com

Scientific supervisor: **Meth Ivan Mykolaiovych**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.