

УДК 528.42

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.6.58>

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ СПОРУД ТРУБОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЕКОЦИДУ

Ратушняк Г. С. – кандидат технічних наук, професор,
завідувач кафедри інженерних систем у будівництві
Вінницького національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0001-9656-5150

Лялюк А. О. – аспірант Вінницького національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-4803-7629

Метою роботи є обґрунтування та розроблення інструментарію методології застосування геоінформаційних систем під час визначення надійності пошкоджених споруд трубопроводних мереж в умовах воєнного екоциду для комплексної оцінки та діагностики їхнього технічного стану як підґрунтя прийняття управлінських рішень стосовно ліквідації наслідків пошкоджень та можливості подальшого функціонування.

Розглянуто актуальність застосування геоінформаційних систем для підвищення ефективності процесів обстеження, діагностики та прогнозування надійності технічного стану трубопроводних мереж, що забезпечують життєдіяльність та комфорт у будівлях та створюють умови для функціонування обладнання відповідних технологічних процесів. За результатами аналізу літературних джерел досліджено вплив воєнного екоциду на технічний стан та надійність споруд трубопроводних мереж. Обґрунтовано необхідність та доцільність використання геоінформаційних систем під час обстеження та діагностики технічного стану пошкоджених споруд трубопроводних мереж.

Запропоновано графічну структурно-функціональну модель реалізації інструментарію методології створення бази даних геоінформаційної системи підтримки прийняття рішень при оцінюванні надійності та конструктивної безпеки пошкоджених споруд трубопроводних інженерних мереж. Модель передбачає отримання інформації про технічний стан трубопроводних мереж за результатами аерокосмічних знімків, обстеження за допомогою БПЛА, виконання наземних топографічних знімків та нівелювання, наземної фотофіксації та вимірюванням поляризаційного потенціалу трубопроводів.

Отримані геоінформаційні матеріали за результатами експериментальних досліджень фактичного технічного стану пошкоджених трубопроводних мереж є підґрунтям для розрахунку інтегрального індексу технічного стану, що відображає імовірність відмови елементів системи трубопроводних мереж з врахуванням вагових коефіцієнтів, визначених ранжуванням важливості факторів впливу.

Ключові слова: геодезичні зйомки, геоінформаційна система (ГІС), діагностика, екоцид, надійність, просторовий аналіз, технічний стан, трубопроводні мережі.

Ratushnyak G. S., Lyalyuk A. O. Application of geo information systems to determine the reliability of damaged pipeline structures in conditions of military ecocide

The purpose of the work is to substantiate and develop a methodology for the use of geographic information systems when determining the reliability of damaged pipeline network structures in conditions of military ecocide for a comprehensive assessment and diagnosis of their technical condition as a basis for making management decisions regarding the elimination of the consequences of damage and the possibility of further functioning.

The relevance of the use of geoinformation systems to increase the efficiency of the processes of inspection, diagnostics and forecasting the reliability of the technical condition of pipeline networks, which ensure life and comfort in buildings and create conditions for the operation and

functioning of equipment of relevant technological processes, is considered. Based on the results of the analysis of literary sources, the impact of military ecocide on the technical condition and reliability of pipeline network structures is investigated. The necessity and expediency of using geoinformation systems during the inspection and diagnostics of the technical condition of damaged pipeline network structures is substantiated.

A graphic structural and functional model of the implementation of the methodology toolkit for creating a geoinformation system database to support decision-making when assessing the reliability and structural safety of damaged pipeline engineering network structures is proposed. The model provides for obtaining information on the technical condition of pipeline networks based on the results of aerospace surveys, surveys using UAVs, performing ground topographic surveys and leveling, ground photofixation and measuring the polarization potential of pipelines.

The obtained geoinformation materials based on the results of experimental studies of the actual technical condition of damaged pipeline networks are the basis for calculating the integral index of technical condition, which reflects the probability of failure of elements of the pipeline network system, taking into account the weight coefficients determined by ranking the importance of impact factors.

Key words: *geodetic surveys, geographic information system (GIS), diagnostics, ecocide, reliability, spatial analysis, technical condition, pipeline networks.*

Вступ. Невід’ємною складовою національної безпеки в Україні є забезпечення надійного функціонування об’єктів критичної інфраструктури житлово-комунального комплексу, одним із основних елементів якої є інженерні споруди. Інженерні споруди, як системи місцевого та центрального газопостачання, теплопостачання, водопостачання, опалення та гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціювання відіграють ключову роль в виробництві та постачанні енергії та ресурсів для систем життєзабезпечення підприємств та населення [1,2]. Основні вимоги до будівель і споруд та загальні принципи забезпечення їхньої надійності, в тому числі споруд трубопровідних мереж, на законодавчому рівні України передбачено нормативно-правовими документами [3,4,5]. Ця нормативна база не враховує в повній мірі забезпечення надійності функціонування споруд трубопровідних мереж в небезпечних умовах [6,7,8].

В умовах воєнного екоциду об’єкти критичної інфраструктури, що забезпечують надання життєво необхідних послуг підприємствам та населенню, зазнають постійних різноманітних пошкоджень та руйнувань. Однією із причин цих негативних наслідків воєнного екоциду є те що навантаження та впливи які сприймають споруди трубопровідних мереж, мають свої особисті наслідки, що не передбачено при їхньому проектуванні та будівництві.

Актуальність роботи. В Україні об’єкти енергетичної інфраструктури мають три рівні захисту: перший – спорудження габіонів та біг-бегів; другий – це захист від дронів та шахедів; третій рівень – захист від ракет. У зв’язку зі значним просторовим розміщенням трубопровідних мереж ці захисні споруди для інженерних мереж не є дієвими. Тому внаслідок особливостей дії вибухової хвилі, яка є поєднанням постійного та тимчасового навантаження, елементи конструкцій споруд трубопровідних мереж зазнають деформації або руйнування, тобто втрачають можливість виконання функціонального призначення.

Забезпечення необхідною достовірною геоінформацією для прийняття управлінських рішень стосовно функціонування пошкоджених інженерних споруд та мереж в умовах воєнного екоциду є нагальною необхідністю. Геоінформаційні матеріали, отримані за результатами виконання виконавчих геодезичних знімків, експериментальних досліджень фактичного технічного стану пошкоджених споруд та інженерних мереж є вихідною інформацією для розрахунку за відповідною методикою інтегрального індексу технічного стану.

Метою роботи є обґрунтування та розроблення інструментарію методології

застосування геоінформаційних систем під час визначення надійності пошкоджених споруд трубопровідних мереж в умовах воєнного екоциду для комплексної оцінки та діагностики їхнього технічного стану як підґрунтя прийняття управлінських рішень стосовно ліквідації наслідків пошкоджень та можливості подальшого функціонування.

Матеріали і методи. Дослідження виконано на основі аналізу науково-методичних та нормативних документів, системного аналізу стосовно застосування геоінформаційних систем для визначення технічного стану й надійності пошкоджених споруд трубопровідних інженерних мереж та діагностики можливості їхньої експлуатації в надзвичайних ситуаціях.

Результати та обговорення. Інженерні системи включають сукупність інженерно-технічних мереж та установок, призначення яких є забезпечення життєдіяльності та комфорту у приміщеннях будівель, а також створення умов для роботи й функціонування технологічного обладнання. Інженерні системи включають трубопровідні мережі водопостачання та водовідведення, газопостачання та тепlopостачання, опалення, вентиляції та кондиціювання тощо. Трубопровідні мережі є дискретними та фізично відокремленими елементами інфраструктури та не завжди забезпечені диференційованим джерелом енергії для їхнього функціонування (рис. 1).

Комплексний підхід з визначення надійності інженерних споруд, що забезпечують життєдіяльність промислового та житлово-комунального секторів національної економіки, які є унікальними об'єктами зі значним просторово-територіальним розміщенням, здійснюється з врахуванням існуючих нормативно-правових вимог [3,4,5].

Відповідно до ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [5] основною вимогою, яка визначає надійність об'єктів критичної інфраструктури (трубопровідних мереж), є його відповідність призначенню та здатність зберігати експлуатаційні якості. Живучість об'єктів критичної інфраструктури розглядається як властивість протистояти негативним факторам впливу (вибух, пожежа, удар тощо), що є причиною їхніх пошкоджень в умовах воєнного екоциду.

До геоінформаційного забезпечення визначення надійності пошкоджених об'єктів інженерних систем критичної інфраструктури є особливі вимоги, а саме дотримання нормативних вимог стосовно точності визначення їхніх геометричних параметрів, які забезпечують міцність та стійкість конструкцій, тобто надійність функціонування з отриманими пошкодженнями в умовах воєнного екоциду [5,6,7,8]. Врахування надійності інженерних трубопровідних мереж під час воєнних дій є важливою науково-практичною задачею. Успішне вирішення цієї задачі в поточний момент потребує відповідного науково-методичного обґрунтування.

Проблеми вдосконалення методології та інструментарію із геоінформаційного забезпечення надійного функціонування інженерних систем критичної інфраструктури розглянуто в дослідженнях [9-12]. В переважній більшості відомих робіт застосування геоінформаційних систем при визначенні надійності інженерних систем з врахуванням безпекової ситуації висвітлено недостатньо.

В роботі [13] наведено методологію організації проведення геодезичного моніторингу для визначення деформацій будівель і споруд. Висвітлено специфіку геодезичного моніторингу з врахуванням екзогенних процесів територій. Наведено характеристики сучасних лазерних скануючих технологій та програмне забезпечення їхньої реалізації при визначенні технічного стану будівель і споруд.



Рис. 1. Трубопровідні мережі (фото Вікіпедія)

В роботі [14] відзначено негативний вплив на економіку України воєнного екоциду, що є ознакою екологічної катастрофи. Руйнування підприємств критичної інфраструктури здійснює негативний вплив на економіку країни.

В дослідженнях [15] підкреслено, що воєнний екоцид є причиною пошкодження або руйнування значної кількості об'єктів нерухомості та як наслідок критичний стан інфраструктури, що забезпечує життєдіяльність населених пунктів. З метою зменшення або усунення наслідків воєнного екоциду нагальною необхідністю є розроблення проєктів управління процесами демонтажу або реконструкції пошкоджених об'єктів, що потребує наявності геоінформаційних даних про їхній технічний стан.

В роботі [16] геодезичний моніторинг розглядається як сукупність процесів, що спрямовані на контроль та постійне спостереження за технічним станом будівельних конструкцій. Для визначення деформацій конструкцій споруд рекомендується використовувати високоточне нівелювання та автоматизовані геодезичні комплекси, лазерне сканування, GNSS-моніторинг та спектрофотограмметрію. Отриману експериментальним шляхом геоінформаційну базу даних доцільно обробляти з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

В статті [17] відзначено, що застосування лазерного 3-D сканування пошкоджених будівель з комп'ютерною обробкою отриманих результатів дає змогу визначити ступінь пошкодження, що характеризує відповідно їхній технічний стан та надійність. Застосування інновацій геоінформаційних технологій та комп'ютерних засобів дозволить оперативно розробляти проєкти управління відновленням пошкоджених об'єктів.

В дослідженнях [18] підкреслено, що ГІС сприяє створенню цифрової карти місцевості, яка інтегрована з розширеною базою геоінформації, та перетворення

цифрової карти в електронну з можливістю інтерактивної роботи з нею користувачам. ГІС є основним джерелом геопросторової інформації про місцевість та об'єкти на ній, які можуть зазнати пошкодження в умовах воєнного екоциду. ГІС за результатами аналізу стану місцевості та об'єктів на ній є інтелектуальними інструментами підтримки прийняття управлінських рішень.

В публікаціях [19,20] наведено результати досліджень стосовно вдосконалення інструментарію та методології використання геоінформаційних систем при визначенні технічного стану надійності пошкоджених будівельних об'єктів в умовах безпекової ситуації. Означено, що результати геодезичного моніторингу дозволяють отримати геоінформаційну базу даних для оцінювання технічного стану будівельних об'єктів, в тому числі пошкоджених в умовах воєнного екоциду.

Результати аналізу свідчать, що найбільш дієвими рішеннями при визначенні технічного стану пошкоджених будівельних об'єктів, в тому числі трубопровідних інженерних мереж, є поєднання технічних інновацій (геодезичне обладнання та технологію його використання) з використанням сучасного спеціалізованого програмного забезпечення оброблення експериментальних даних для визначення просторових геометричних параметрів.

Обґрунтування інструментарію методології застосування геоінформаційних систем для підтримки прийняття рішення при визначенні параметрів пошкоджених інженерних мереж в умовах воєнного екоциду доцільно здійснювати відповідно до запропонованої графічної структурно-функціональної моделі ГІС оцінювання їх надійності та конструктивної безпеки (рис. 2). База геоінформаційних даних про технічний стан пошкоджених споруд трубопровідних мереж містить два основних модулі: аналітичні матеріали стосовно вимог до надійності та характеристик технічного стану споруд та геоінформаційні матеріали, які отримані за результатами виконавчих геодезичних зйомок та експериментальних досліджень фактичного технічного стану пошкоджених споруд.

Аналітичні матеріали геоінформаційного забезпечення оцінки надійності інженерних трубопровідних мереж (рис. 2) повинні містити топологічно коректну базу даних про тип об'єкта, його геометрію, ключові атрибути (діаметр, матеріал, тиск, тип арматури тощо) та топологічну роль (вузол, допоміжний тощо). При використанні аналітичних матеріалів стосовно характеристик технічного стану зношеності інженерних трубопровідних мереж (до 50% в багатьох містах) традиційні методи паспортизації та обстеження є фрагментальними й децентралізованими. Тому оперативне управління ГІС-технологій є ключовим інструментом для подолання цих недоліків, а також дозволяє інтегрувати розріджену інформацію про технічний стан споруд в єдиному просторовому контексті.

Геоінформаційні матеріали можуть бути представлені у вигляді картографічних результатів: карт-схем інженерних трубопровідних мереж, тематичних карт з візуалізації пошкоджених споруд та карт прогнозування ризиків втрати надійності споруд. Ці картографічні матеріали використовуються для верифікації та оперативного управління планування відновлення функціонування окремих споруд та системи трубопровідних інженерних мереж в цілому.

Отримані геоінформаційні матеріали про технічний стан пошкоджених трубопровідних інженерних мереж є підґрунтям для визначення їхнього інтегрального індексу технічного стану. Інтегральний індекс технічного стану (Ітс) розраховується як зважена сума стандартизованих показників за формулою

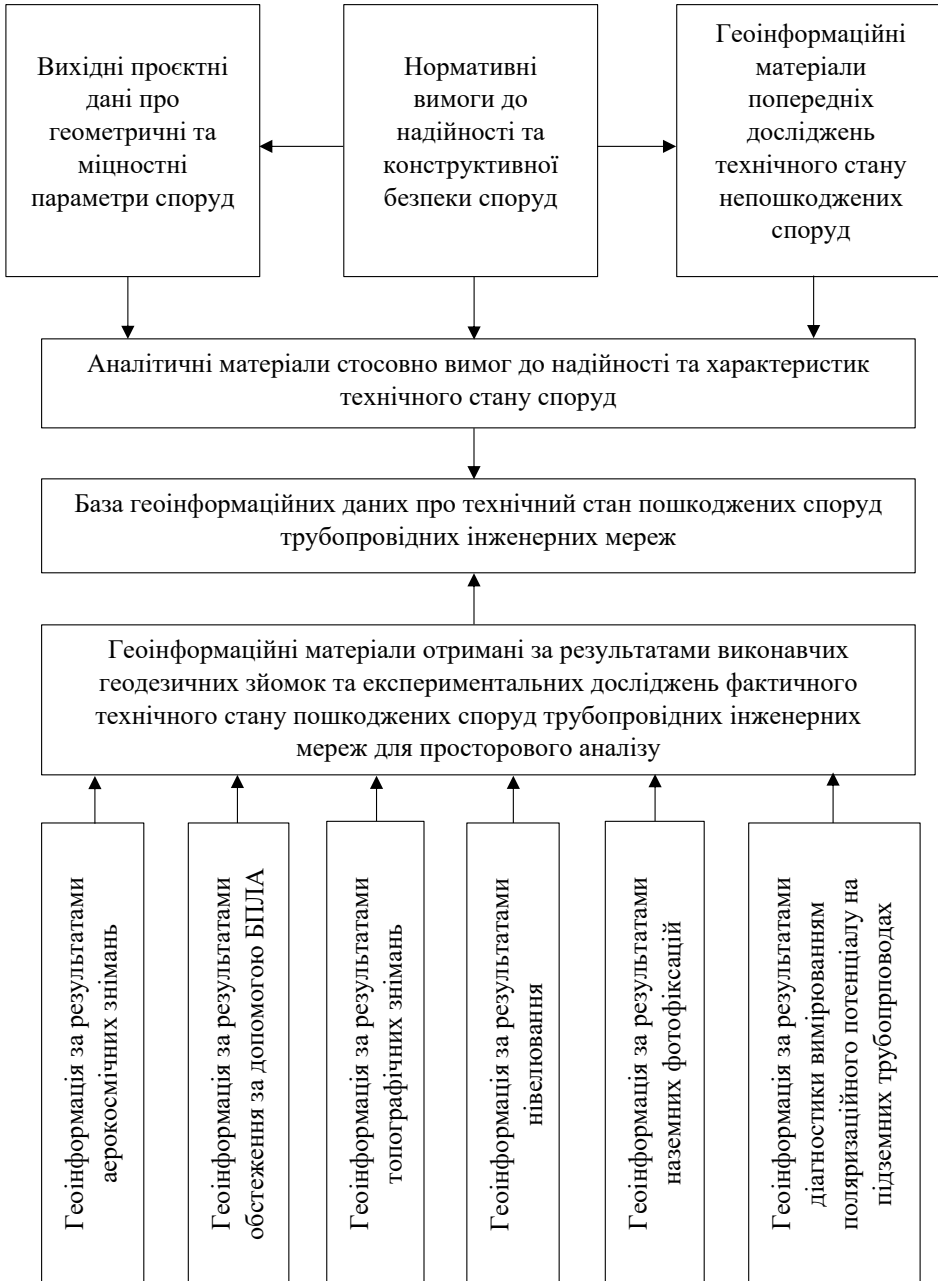


Рис. 2. Графічна модель реалізації інструментарію методології створення бази даних геоінформаційної системи для оцінювання надійності та конструктивної безпеки пошкоджених споруд трубопровідних інженерних мереж

$$I_{mc} = \sum (P_i W_i) n,$$

де P_i – стандартизований (нормований) показник технічного стану;

W_i – ваговий коефіцієнт окремих пошкоджень;

n – кількість пошкоджень.

Вагові коефіцієнти окремих пошкоджень визначаються методом аналізу ієрархій з залученням експертів з експлуатації трубопровідних мереж для ранжування важливості факторів.

Висновки. Запропонована графічна структурно-функціональна модель ГІС дозволяє інтегрувати різноманітні аналітичні нормативно-правові вимоги до надійності та дані геоінформаційних матеріалів обстежень та моніторингу про технічний стан пошкоджених трубопровідних інженерних мереж. Методології застосування ГІС для визначення надійності пошкоджених споруд трубопровідних інженерних мереж може бути ефективним інструментом проактивного управління та сприяти не тільки ліквідації наслідків пошкодження але й запобігати втратам технічного стану на основі просторового прогнозування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коли гасне світло: захист енергетичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту. (звернення 03.10.2025). <https://blogs.icrc.org/ua/2023/07/mizhnarodne-humanitarne-pravo/6217/>

2. Геоінформаційна система попередження надзвичайних ситуацій. (звернення 03.10.2025). <https://magneticonemt.com/mlgis-geoinformatsijna-sistema-poperedzhennya-nadzvichajnih-situatsij/>

3. ДБН В.1.2-6:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. К.: Мінрегіонбуд України 2022. (редакція від 20.04.2023). с. 30

4. ДБН В.2-2.29:2025. Промислові інженерні споруди. Основи проектування. К.: Міністерство розвитку громад та територій України. 2025. – 147 с.

5. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності і конструктивної безпеки будівель і споруд. К.: Мінрегіонбуд України. – 2018.

6. С. П. Войтенко. Геодезичні роботи в будівництві. Навч. посібник. К.: ІСДО, 1993. 144 с.

7. О. М. Лівінський та ін. Контроль якості будівельно-монтажних робіт. К.: «МПІ Леся». 2018. 776 с.

8. Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, Ю. С. Бікс, Т. Ю. Вовк. Геодезичне забезпечення будівництва. Частина 2. Навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2014. 99 с.

9. Олеськів Р.С., Гера О.В. Сучасні геодезичні методи моніторингу технічного стану наземних об'єктів нафтогазової промисловості. (звернення 03.10.2025). https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/6_2019/part_2/40.pdf

10. Смолій К. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2015. С. 87-89.

11. Davendra Kumar Yadav, A Critical Review on Slope Monitoring Systems with a Vision of Unifying WSN and JOT // Re View by River Valley Technologies. 2019. P. 2-19.

12. Shishanov M.O., Malinha V.G., Koval V.V., Mirnenko V.I., Fil V.M., Hannenko B.O., Duzhyi R.V. Influence of air shock wave on buildings and structures // Strength of Materials and Theory of Structures, 2020, number 105. Київський національний університет будівництва і архітектури. 2020. С. 170-191. http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-105/16-105_shishanov.pdf

13. Бульба І.О. Геодезичний і дистанційний моніторинг. Методичні рекомендації. Миколаїв. 2023. 39 с.

14. Третяк Н.М., Маренич А.І., Харченко А.С., Харченко Ю.С. Воєнний екоцид в Україні та його вплив на економічну безпеку країни. Фінансовий простір. 2022. № 4(48). С. 19-27.

15. Фісуненко П.А., Герасимова О.Л. Напрямки зменшення ризиків воєнного екоциду за допомогою рециклінгу будівельних відходів в девелопменті нерухомості // Економіка та суспільство. № 45. 2022. <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1945/1872>

16. Нестеренко С.Г., Афанасьєв О.В. Технологія геодезичного моніторингу територій, будівель і споруд: конспект лекцій для здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти зі спеціальності 193-геодезія та землеустрій. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2022. 81 с.

17. Казаченко Л.М., Казаченко А.А., Казаченко В.А., Лобко-Зампасі М. ГІС-технології і 3-D моделювання для відновлення пошкоджених міст. Нові технології в будівництві. № 44, 2024. С. 37-44. http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2024/44_2024/44_2024.pdf

18. Зубков В.П. Топогеодезичне забезпечення як складова інформаційного забезпечення сил оборони України. Воєнно-прикладні питання системного аналізу та математичного моделювання. № 1. 2020. С. 116-121. <http://znp-cvds.nuou.org.ua/article/view/201395>

19. Ратушняк Г.С., Лялюк А.О. Визначення кренів вежових споруд енергетичної інфраструктури з врахуванням безпекової ситуації. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві». Вінниця, ВНТУ. 2024. Збірник доповідей. С. 282-283. https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Zbirnyk_confer_11_2024_408.pdf

20. Волошина Ю.В., Ратушняк Г.С. Геодезичний моніторинг технічного стану трубопровідних мереж в умовах безпекової ситуації. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», Вінниця, ВНТУ. 2025. 3 с. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/22915/18908>

REFERENCES:

1. *Koly hasne svitlo: zakhyst enerhetychnoi infrastruktury v umovakh zbroinoho konfliktu.* (zvernennia 03.10.2025). <https://blogs.icrc.org/ua/2023/07/mizhnarodne-humanitarne-pravo/6217/>

2. *Heoinformatsiina systema poperedzhennia nadzvychaynykh sytuatsii.* (zvernennia 03.10.2025). <https://magneticonemt.com/mlgis-geoinformatsijna-sistema-poperedzhennya-nadzvichajnih-situatsij/>

3. DP «Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut budivelnykh konstruksii» (NDIBK) (2022). *Osnovni vymohy do budivel i sporud. Mekhanichniy opir ta stiikist.* (DBN V.1.2-6:2021). Minrehionbud Ukrainy.

4. Ukrainskyi naukovo-doslidnyi ta proektnyi instytut stalevykh konstruksii im. V.M. Shymanovskoho (UkrNDIproektstalkonstruksiia). (2025). *Promyslovi inzhenerni sporudy. Osnovy proiektuvannia.* (DBN V.2.2-29:2025). Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy.

5. Ukrainskyi naukovo-doslidnyi ta proektnyi instytut stalevykh konstruksii im. V.M. Shymanovskoho (UkrNDIproektstalkonstruksiia). (2018). *Zahalni pryntsyipy zabezpechennia nadiinosti i konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud.* (DBN V.1.2-14:2018). Minrehionbud Ukrainy.

6. Voitenko S. P. (1993). *Heodezychni roboty v budivnytstvi* [Geodetic works in construction]. Kyiv: ISDO. (in Ukrainian).

7. Livinskyi O. M., Tereshchuk M. O., Yesypenko A. D., Pospelov O. M., Bondarenko M. I., Potapova T. E., Ratushniak H. S. (2018). *Kontrol yakosti budivelnomontazhnykh robót* [Quality control of construction and installation works]. Kyiv: «MP Lesia». (in Ukrainian).

8. Ratushniak H. S., Pankevych O. D., Biks Yu. S., Vovk T. Yu. (2014). *Heodezychne zabezpechennia budivnytstva.* Chastyna 2. [Geodetic support for construction. Part 2.] Vinnytsia: VNTU. (in Ukrainian).

9. Oleskiv R.Ie., Hera O.V. (2019). *Suchasni heodezychni metody monitorynhu tekhnichnoho stanu nazemnykh ob'ektiv naftohazovoi promyslovosti*. (zvernennia 03.10.2025). https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/6_2019/part_2/40.pdf
10. Smolii K. (2015). Analiz suchasnykh heodezychnykh ta heotekhnichnykh metodiv monitorynhu za deformatsiamy inzhenernykh sporud [Analysis of modern geodetic and geotechnical methods for monitoring deformations of engineering structures]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, vol. 1, no. 29, pp. 87-89.
11. Davendra Kumar Yadav (2019). A Critical Review on Slope Monitoring Systems with a Vision of Unifying WSN and JOT. *Re Wiew by River Valley Technologies*. pp. 2-19.
12. Shjshanov M.O., Malinha V.G., Koval V.V., Mirnenko V.I., Fil V.M., Hannenko B.O., Duzhyi R.V. (2020). Infience of air shok wawe on buldings and structures. *Strength of Materiale and Theory of Structures*, no. 105, pp. 170-191.
13. Bulba I.O. (2023). *Heodezychnyi i dystantsiyni monitorynh* [Geodetic and remote monitoring]. Mykolaiv: Mykolaivskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet. (in Ukrainian).
14. Tretiak N.M., Marenych A.I., Kharchenko A.S., Kharchenko Yu.S. (2022). Voiennyi ekotsyd v Ukraini ta yoho vplyv na ekonomichnu bezpeku krainy [Military ecocide in Ukraine and its impact on the country's economic security]. *Finansovyi prostir*, vol. 4, no. 48, pp. 19-27.
15. Fisunen P.A., Herasymova O.L. (2022). Napriamky zmenshennia ryzykiv voiennoho ekotsydu za dopomohoiu retsyklinhu budivelnykh vidkhodiv v developmenti nerukhomosti [Directions for reducing the risks of military ecocide through recycling of construction waste in real estate development]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 45. <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1945/1872>
16. Nesterenko S.H., Afanasiev O.V. (2022). *Tekhnolohiia heodezychnoho monitorynhu terytorii, budivel i sporud* [Technology of geodetic monitoring of territories, buildings and structures]. Kharkiv: KhNUMH im. O.M. Beketova. (in Ukrainian)
17. Kazachenko L.M., Kazachenko A.A., Kazachenko V.A., Lobko-Zampassi M. (2024). HIS-tekhnologii i 3-D modeliuvannia dlia vidnovlennia poshkodzhennykh mist [GIS technologies and 3-D modeling for the restoration of damaged cities]. *Novi tekhnologii v budivnytstvi*. vol. 44, pp. 37-44. (zvernennia 10.10.2025). http://www.ntnibuilding.ndibv.org.ua/archive/2024/44_2024/44_2024.pdf
18. Zubkov V.P. (2020). Topoheodezychne zabezpechennia yak skladova informatsiinoho zabezpechennia syl oborony Ukrainy [Topographical and geodetic support as a component of information support for the defense forces of Ukraine]. *Voienno-prykladni pytannia systemnoho analizu ta matematychnoho modeliuvannia*. vol. 1, pp. 116-121. (zvernennia 03.10.2025). <http://znp-cvds.nuou.org.ua/article/view/201395>
19. Ratushniak H.S., Lialiuk A.O. (2024). Vyznachennia kreniv vzhovykh sporud enerhetychnoi infrastruktury z vrakhuvanniam bezpekovoii sytuatsii [Determination of tilts of tower structures of energy infrastructure taking into account the safety situation]. Proceedings of the Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya «Innovatsiini tekhnologii v budivnytstvi» (Ukraine, Vinnytsia, November, 22-24, 2024). Vinnytsia: VNTU, pp. 282-283.
20. Voloshyna Yu.V., Ratushniak H.S. (2025) Heodezychni monitorynh tekhnichnoho stanu truboprovodnykh merezh v umovakh bezpekovoii sytuatsii [Geodetic monitoring of the technical condition of pipeline networks in a security situation]. Proceedings of the Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiya «Molod v nautsi: doslidzhennia, problemy, perspektyvy» (Ukraine, Vinnytsia, June, 15-16, 2025). Vinnytsia: VNTU.

Дата першого надходження рукопису до видання: 19.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.12.2025

Дата публікації: 30.12.2025