

В. П. Ковальський

А. П. Оленюк

П. О. Зоря

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ПРОЄКТУВАННІ ПІДЗЕМНИХ ПРОСТОРІВ БІЗНЕС-ЦЕНТРІВ

Вінницький національний технічний університет

Розглядаються об'ємно-планувальні рішення підземних просторів бізнес-центрів, що поєднують функції укриття та паркінгу. Це сприяє ефективному використанню обмежених міських територій, що є актуальним для сучасного урбаністичного розвитку. Такі багатофункціональні комплекси не лише вирішують проблему нестачі паркомісць, а й інтегруються в інфраструктуру міста, створюючи можливості для економічного та соціального життя.

Інтеграція укриттів і паркінгів є логічним кроком, що оптимізує використання земельних ресурсів та забезпечує цивільний захист населення, підкреслюючи подвійну цінність об'єктів. Проєктування цих просторів вимагає розуміння будівельних норм, вимог безпеки та ергономіки для максимальної функціональності та комфорту. Ефективне використання підземних площ також зменшує навантаження на наземні території, звільняючи їх для зелених зон та адміністративні та технічні зони, що відповідають вимогам міського середовища.

Проєктування підземних просторів базується на принципах гнучкості та адаптивності. Їх функція може змінюватися без значних капіталовкладень. Наприклад, частина паркінгу може тимчасово переобладнатися для виставок чи заходів. Ця гнучкість цінна для бізнес-центрів, що прагнуть максимізувати використання активів.

Поєднання функціональності та інженерних рішень визначає, що тенденції в проєктуванні підземних просторів спрямовані на створення багатофункціональних та гнучких середовищ. Вони адаптуються під різні цілі: паркування, торгові площі, спортзали, дата-центри. Це відображає глобальний тренд на мультифункціональність міського простору та сталий розвиток. Розробка таких проєктів вимагає залучення висококваліфікованих фахівців. Впровадження нових технологій є невід'ємною частиною процесу. У підсумку, ці підземні комплекси стають ключовим елементом сучасної інфраструктури, сприяючи розвитку економіки, якості життя та стійкості міст.

Ключові слова: *Об'ємно-планувальні рішення, підземний простір, бізнес-центр, сучасні тенденції в архітектурі, урбанізм, BIM-технології*

Вступ

У сучасному урбаністичному середовищі бізнес-центри відіграють ключову роль, забезпечуючи простір для ділової активності та сприяючи економічному розвитку міст. Зростання щільності забудови та необхідність ефективного використання територій спонукає до впровадження нових підходів у проєктуванні, зокрема до раціонального використання підземного простору. В останні роки спостерігається тенденція до інтеграції підземних рівнів у загальну концепцію багатофункціональних будівель, що дозволяє не лише розширювати доступні площі, а й покращувати умови експлуатації будівель.

Розробка підземного простору бізнес-центрів базується на комплексному підході, який враховує просторову організацію, інженерні рішення та вимоги безпеки. Сучасні методи проєктування, зокрема цифрове моделювання та BIM-технології, допомагають досягти високої функціональності підземних рівнів, забезпечуючи ефективне використання ресурсів і адаптивність до потреб користувачів. Крім того, інтеграція екологічних і енергоефективних рішень дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати та сприяти зниженню екологічного навантаження на місто.

Метою роботи є дослідження об'ємно-планувальних рішень підземного простору бізнес-центрів та визначення оптимальних підходів до їхнього проєктування. Особлива увага приділяється поєднанню функцій укриття, паркінгу, технічних приміщень і комерційних зон з урахуванням вимог сучасного міського середовища, безпеки та енергоефективності. Дослідження спрямоване на розробку рекомендацій щодо інтеграції підземних просторів у загальну структуру будівель та міських територій для покращення їхньої функціональності та стійкості.

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком міських агломерацій, що потребує ефективного використання територій та підвищення рівня безпеки будівель. Інтеграція багатофункціональних підземних рівнів у бізнес-центри дозволяє не лише зменшити навантаження на наземний простір, а й створити комфортні умови для користувачів, оптимізувати транспортну логістику та підвищити енергоефективність споруд. Важливим аспектом є впровадження сучасних будівельних технологій, таких як BIM-моделювання та інноваційні системи інженерного

забезпечення, що сприяють ефективному управлінню будівлею та її підземними рівнями.

Дослідження також є актуальним з точки зору безпеки, оскільки сучасні мегаполіси стикаються з ризиками техногенних аварій, природних катастроф та можливих загроз для населення. Проектування підземних укриттів у складі бізнес-центрів може стати важливим кроком у забезпеченні загальної безпеки міської інфраструктури. Крім того, аналіз закордонного досвіду дозволяє визначити найкращі практики та адаптувати їх до умов місцевої забудови.

Результати дослідження

Об'ємно-планувальні рішення підземного простору бізнес-центрів, що поєднують функції укриття та паркінгу, є важливим аспектом сучасного архітектурного проектування, оскільки вони дозволяють максимально ефективно використовувати обмежений простір і водночас підвищують рівень безпеки будівлі та її користувачів. Це не просто паркінг або сховище, а багатофункціональний простір, який можна адаптувати до різноманітних потреб. Підземні рівні, що виконують функції укриття, особливо актуальні в умовах постійної загрози природних або техногенних катастроф, а також в контексті забезпечення безпеки в умовах великих міських агломерацій. У таких приміщеннях можна облаштувати сховища для людей, що забезпечують захист від стихійних лих, терактів або іншого роду загроз. Наприклад, підземні укриття можуть бути обладнані спеціальними вентиляційними системами, фільтрацією повітря, автономними джерелами енергії та водопостачання, що дозволяють залишатися функціональними навіть при тривалому перебуванні людей в них [1-3].

Крім того, підземні рівні, що використовуються для паркування, часто виконують функції, які виходять за межі простої парковки автомобілів. Це можуть бути комерційні та адміністративні приміщення, технічні зони для обслуговування будівлі, складські приміщення або навіть торгові площі. Таким чином, підземний простір перетворюється на багатофункціональну зону, що відповідає різним вимогам міського середовища та потребам бізнес-центрів.

Наприклад, підземні паркінги, окрім того, що вони забезпечують зручне паркування для співробітників і клієнтів бізнес-центру, можуть бути організовані таким чином, щоб надавати можливість для зарядки електричних автомобілів, зберігання велосипедів, а також влаштування додаткових складських або сервісних приміщень. Залежно від потреб забудовників і орендарів, підземні рівні можуть бути адаптовані під різні функціональні зони, що дозволяють максимально використовувати доступний простір для різних типів діяльності [4].

Поєднання цих функцій дозволяє зменшити необхідність у будівництві окремих спеціалізованих споруд, таких як сховища чи паркінги, тим самим заощаджуючи земельні ресурси та знижуючи витрати на будівництво. У міських умовах, де простір є обмеженим, такі інтегровані об'ємно-планувальні рішення допомагають зберегти баланс між естетикою, функціональністю та безпекою. Окрім того, підземні рівні бізнес-центрів, сприяють підвищенню загального рівня безпеки будівлі. Вони можуть бути оснащені додатковими системами безпеки, зокрема камерами спостереження, системами контролю доступу, аварійними виходами та інші механізмами, що дозволяють гарантувати швидку евакуацію та доступ до укриття в разі потреби. Розглянемо кожен фактор, що відіграє ключову роль у функціонуванні підземного простору офісної будівлі [2-4].

Перше, на що необхідно звернути увагу, — це матеріали конструкцій. Для підземних рівнів бізнес-центрів часто використовують армований бетон як основний матеріал для стін, підлог і стель. Це обумовлено його високою міцністю та стійкістю до вологих умов, які є типовими для підземних приміщень. Армований бетон також забезпечує необхідний рівень звукоізоляції, що є важливим для комфортного перебування людей у підземних зонах.

Другою важливою конструктивною особливістю є гідроізоляція. Оскільки підземні рівні розташовані нижче рівня ґрунтових вод, вони потребують особливої уваги до захисту від вологи. Неналежа гідроізоляція може призвести до серйозних проблем, таких як корозія металевих елементів, руйнування бетону та утворення плісняви. Зазвичай для цього використовуються спеціальні мембрани та інші водонепроникні матеріали, що створюють бар'єр для проникнення води. Особливо важливим є пожежний захист. Підземні рівні часто є важкодоступними для швидкої евакуації людей, тому необхідно впроваджувати додаткові заходи безпеки. Системи пожежогасіння, включаючи автоматичні спринклерні системи, повинні бути встановлені в підземних паркінгах і технічних приміщеннях. Крім того, важливо продумати належну вентиляцію для запобігання накопиченню токсичних газів у разі пожежі [5].

Ще однією важливою частиною конструктивного проекту є система вентиляції та кондиціонування. Підземні рівні мають підвищену потребу в регулярному оновленні повітря, оскільки в умовах

обмеженого простору накопичуються вихлопні гази та інші шкідливі речовини. Тому проектується спеціальні вентиляційні шахти, що забезпечують циркуляцію повітря і сприяють комфортним умовам для перебування людей.

Не менш важливим є питання освітлення. Оскільки підземні приміщення не мають природного освітлення, їх обладнують потужними світлодіодними системами, що дозволяє створити ефективне та енергоощадне освітлення для робочих зон та паркінгів. Крім того, проектується аварійні освітлювальні системи для забезпечення видимості під час надзвичайних ситуацій. Усі ці конструктивні особливості визначають функціональність, безпеку та комфорт підземних рівнів бізнес-центрів. Правильне планування та застосування сучасних технологій дозволяють створити зручні та безпечні умови для користувачів, що є важливим аспектом для будь-якої сучасної будівлі.

Щодо інженерних систем та комунікацій, варто відзначити, що інженерні системи підземних рівнів включають водопостачання, водовідведення, електричне постачання, систему опалення, вентиляції, кондиціонування, а також безпеку та автоматизацію. Кожна з цих систем повинна функціонувати в комплексі, забезпечуючи безперервність роботи будівлі та комфорт її користувачів.

1. Водопостачання та водовідведення

Для підземних рівнів важливо забезпечити надійне водопостачання і водовідведення. Підземні приміщення потребують безперебійного постачання води, пожежогасіння, санітарних та інших технічних потреб. У разі використання підземних рівнів як паркінгів, система водовідведення повинна ефективно справлятися з водою, яка може потрапити через ґрунт або бути наслідком технічних процесів, таких як миття автомобілів або інші роботи.

Важливою складовою є також захист від підтоплення. Тому в підземних рівнях часто використовуються дренажні системи, які знижують ризик накопичення води та перешкоджають затопленню. Система водовідведення повинна бути спроектована таким чином, щоб мінімізувати ризик корозії та утворення засмічень.

2. Електричне постачання

Система електричного постачання підземних рівнів повинна бути надійною і безпечною, оскільки підземні приміщення зазвичай є важливими для функціонування бізнес-центру. Особливо важливо забезпечити безперебійне живлення для систем освітлення, вентиляції, кондиціонування, а також для технологічних та безпекових систем. Зазвичай для цього в підземних рівнях використовуються додаткові трансформаторні станції або автономні джерела живлення, щоб уникнути перебоїв у випадку несправностей. Для безпеки та енергоефективності в підземних рівнях важливо забезпечити правильне прокладання електричних кабелів, заземлення та встановлення систем захисту від коротких замикань і перевантажень [6].

3. Система опалення та кондиціонування

Враховуючи, що підземні рівні не мають прямого доступу до зовнішнього повітря, створення комфортної температури є важливою задачею для забезпечення оптимальних умов. Важливу роль тут відіграють системи опалення та кондиціонування повітря. Вони повинні бути спроектовані таким чином, щоб підтримувати стабільну температуру протягом року, незалежно від зовнішніх погодних умов. Також важливо, щоб ці системи були енергоефективними, оскільки на підземних рівнях зазвичай є велика кількість електронних і механічних систем, що потребують значного енергоспоживання. Використання сучасних технологій, таких як теплові насоси та системи рециркуляції повітря, дозволяє досягти більш високої енергоефективності та знизити витрати [5].

4. Вентиляція

Ефективна система вентиляції є критично важливою для підземних рівнів. Оскільки ці приміщення знаходяться під землею і не мають природного повітрообміну, необхідно проектувати механічні системи, які будуть забезпечувати постійне оновлення повітря. Вентиляція повинна бути налаштована так, щоб гарантувати як свіжість повітря, так і комфортну температуру. Особливо важливо це в паркінгах, де можуть накопичуватися вихлопні гази, і їх потрібно своєчасно видаляти. Системи вентиляції можуть бути поділені на загальні та локальні. Загальна вентиляція відповідає за обмін повітря в усьому підземному просторі, тоді як локальні системи застосовуються для конкретних зон, наприклад, паркінгів або технічних приміщень.

5. Пожежна безпека

Для підземних рівнів важливою є наявність систем пожежної безпеки. Це може включати спринклерні системи, автоматичне виявлення диму та температури, а також аварійне освітлення та евакуаційні шляхи. У разі виникнення пожежі в підземному рівні, важливо забезпечити наявність можливості для швидкої евакуації людей, а також ефективного гасіння вогню.

6. Система автоматизації та моніторингу

Всі ці інженерні системи повинні бути інтегровані в загальну систему автоматизації будівлі. Вона дозволяє здійснювати моніторинг та управління всіма інженерними комунікаціями, включаючи регулювання температури, освітлення, а також стану систем вентиляції, водопостачання та електроживлення. Впровадження сучасних технологій автоматизації забезпечує підвищення енергоефективності та зменшення витрат на експлуатацію будівлі.

Приклади реалізації та сучасні тенденції. Проектування та реалізація підземних рівнів бізнес-центрів відображають сучасні тенденції в архітектурі та будівництві, що включають зростаючу необхідність використання обмежених міських просторів та впровадження інноваційних технологій для забезпечення комфорту, безпеки та енергоефективності. Підземні рівні все частіше використовуються не тільки для паркування автомобілів, але й для розміщення технічних приміщень, комунікацій, торговельних зон або навіть офісних приміщень. Об'ємно-планувальні рішення підземного простору бізнес-центрів відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності та функціональності будівлі. Сучасні тенденції в цьому напрямі спрямовані на максимальне використання підземних рівнів для різних потреб, що підвищує загальну ефективність використання простору [2]. Основні тенденції включають:

1. Багатофункціональність підземних просторів. Підземні рівні бізнес-центрів все частіше використовуються не лише для паркінгів, але й для розміщення торговельних площ, спортивних залів, конференц-залів та інших об'єктів інфраструктури. Це дозволяє оптимізувати використання площі та забезпечити додаткові послуги для орендарів та відвідувачів. Наприклад, у багатьох сучасних комплексах підземні рівні включають ресторани, фітнес-центри та зони відпочинку, що створює комфортне середовище для роботи та дозвілля [6-8].

2. Гнучкість планувальних рішень. Використання модульних конструкцій та трансформованих просторів дозволяє швидко адаптувати підземні приміщення під різні потреби, забезпечуючи їх універсальність та зручність експлуатації. Наприклад, простори можуть використовуватися як паркінг у будні дні, а у вихідні перетворюватися на виставковий зал або місце для проведення заходів.

3. Інтеграція з міською інфраструктурою. Підземні простори бізнес-центрів часто поєднуються з міськими транспортними мережами, такими як метро чи підземні переходи, що забезпечує зручний доступ та підвищує привабливість об'єкта. Прикладом є див. рис. 1 – Бізнес-центр “Торонто-Київ”, що має прямий вихід до станції метро, що значно покращує транспортну доступність.

Клас В+: “Торонто-Київ” (Київ, Україна): Цей комплекс має багаторівневий підземний паркінг, торговельні площі та прямий доступ до станції метро, що забезпечує зручність для відвідувачів та працівників. Підземний рівень включає не лише паркування, а й комерційні приміщення, що робить його більш ефективним з точки зору використання простору. (див. рис. 1 – Бізнес-центр “Торонто-Київ”. м. Київ)



Рисунок 1 — Бізнес-центр “Торонто-Київ”

Клас А+: Бізнес-центр “La Défense” (Париж, Франція): Один з найбільших ділових районів Європи, де підземні рівні використовуються для паркінгів, торговельних центрів та транспортних вузлів, що інтегруються з міською інфраструктурою. Підземні галереї з'єднують основні будівлі комплексу між собою, створюючи комфортне середовище для пересування пішоходів. (див. рис. 2 – Бізнес-центр “La Défense”. м. Париж, Франція).



Рисунок 2 — Бізнес-центр “La Défense”

Клас А: One Raffles Place (м. Сінгапур, Сінгапур). Розташований у фінансовому районі Сінгапуру. Його підземні рівні містять торговельні площі, зони громадського харчування, технічні приміщення та зручний доступ до міського метро. Завдяки інтеграції з міською інфраструктурою, One Raffles Place забезпечує ефективне використання підземного простору та створює комфортні умови для орендарів і відвідувачів. (див. рис. 3 – Бізнес-центр “One Raffles Place”. м. Сінгапур, Сінгапур)



Рисунок 3 — “One Raffles Place”

Перспективи розвитку підземних рівнів. Сучасні мегаполіси стикаються з викликами ефективного використання простору, що стимулює розвиток підземної інфраструктури як повноцінного елемента міського середовища. Завдяки інноваційним технологіям та урбаністичним підходам підземні рівні бізнес-центрів і громадських споруд перетворюються на інтегровані багатофункціональні простори, що забезпечують не лише транспортні та комерційні потреби, а й культурний та соціальний розвиток міст [7].

Одним із ключових напрямків є впровадження концепції «розумного міста», де підземні приміщення стають частиною єдиної системи управління ресурсами. Автоматизовані технології дозволяють контролювати енергоспоживання, вентиляцію, безпеку та адаптивність простору. Наприклад, інтеграція сенсорних систем допомагає регулювати мікроклімат, мінімізувати витрати на електроенергію та підвищити рівень комфорту.

Гнучкість використання підземних рівнів також стає важливим фактором. Завдяки трансформованим конструкціям та мобільним перегородкам, простір може змінювати функціональне призначення. Наприклад, паркінг у будні може виконувати стандартну функцію стоянки, а у вихідні дні використовуватися як виставковий або концертний майданчик. Такі адаптивні рішення дозволяють оптимізувати простір відповідно до змінних потреб міста.

Окрему увагу привертає екологічний аспект підземних споруд. «Зелена» архітектура сприяє зменшенню вуглецевого сліду та підвищенню енергоефективності. Наприклад, використання природної вентиляції, систем збору дощової води, світлових колодязів та екологічних матеріалів дозволяє створювати більш стійкі та екологічно дружні міські рішення.

Висновки

- Об’ємно-планувальні рішення підземного простору бізнес-центрів, що поєднують функції укриття та паркінгу, є важливим напрямом сучасного архітектурного проектування. Вони дозволяють максимально ефективно використовувати міський простір, забезпечуючи при цьому безпеку користувачів та зручність експлуатації будівлі. Інтеграція сховищ та паркінгів у підземний простір значно розширює функціональність об’єкта та сприяє його ефективнішій адаптації до різних потреб. Підземні рівні, що виконують функції укриття, є особливо актуальними в умовах урбанізованого середовища, де є загроза природних або техногенних катастроф. Вони можуть бути обладнані сучасними системами безпеки, автономним енергопостачанням та системами життєзабезпечення, що дозволяє використовувати їх як тимчасові сховища у разі надзвичайних ситуацій. Одночасно, підземні паркінги виконують не лише основну функцію розміщення транспортних засобів, а й можуть бути оснащені зарядними станціями для електромобілів, зонами зберігання велосипедів, комерційними приміщеннями, складами та технічними зонами.
- Важливими аспектами при проектуванні підземного простору є вибір будівельних матеріалів, які забезпечують міцність та довговічність конструкції. Використання армованого бетону та якісних гідроізоляційних матеріалів сприяє захисту споруди від впливу ґрунтових вод і механічних навантажень. Також важливу роль відіграє вентиляційна система, яка гарантує якісний повітрообмін у замкненому просторі, особливо в умовах наявності автомобільного транспорту.
- Ефективне проектування інженерних систем є ключовим для забезпечення безперебійної роботи підземних рівнів. До таких систем належать водопостачання, електропостачання, опалення, вентиляція, кондиціонування, пожежна безпека та система моніторингу. Зокрема, сучасні системи автоматизації дозволяють інтегрувати всі інженерні мережі в єдину керовану систему, що підвищує енергоефективність та безпеку експлуатації.
- Таким чином, комплексний підхід до проектування підземного простору бізнес-центрів дозволяє створити безпечне, функціональне та комфортне середовище, яке відповідає сучасним вимогам містобудування. Використання передових технологій, матеріалів та інженерних рішень сприяє оптимальному використанню підземного простору, знижує витрати на будівництво додаткових об’єктів та покращує якість міського середовища. В майбутньому розвиток таких концепцій стане невід’ємною частиною сталого містобудування, спрямованого на гармонійне поєднання функціональності, безпеки та економічної доцільності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ковальський В. П. Особливості формування бізнес-центрів [Текст] / В. П. Ковальський, О. П. Терещенко, О. О. Шамраєва // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2018. – № 2. – с. 122-128.
- [2] Постолатій М. О. Об’ємно-планувальні рішення багатоповерхових будівель [Текст] / М. О. Постолатій, А. В. Ковальський, В. П. Ковальський // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2020), м. Вінниця, 18-29 травня 2020 р. с. 219-221, 2020.
- [3] Шамраєва О. О. Міжнародний досвід та проблеми формування бізнес-центрів і [Текст] / О. О. Шамраєва, В. П. Ковальський // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 159-160.
- [4] Пандас А. В. Функціональне зонування як інструмент регулювання просторового потенціалу великого міста [Текст] // Економіка: реалії часу. випуск №1(17), с. 43-47, 2015.
- [5] Кознарьська Г., Освоєння підземного простору як засіб раціонального використання території для розвитку сучасного міста [Текст] // Серія: «Архітектура» № 1 (9), с. 98-103, 2023.
- [6] В. Р. Сердюк і О. В. Косаківський, «ЗАБУДОВА ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ СУЧАСНИХ МІСТ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ», Вісник ВПІ, вип. 2, с. 14–24, квіт. 2024.
- [7] С. В. Риндюк, і М. А. Максименко, «Освоєння підземного простору як вирішення проблем урбанізації міст» Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, НТЖ, т. 29, № 2, с. 101-107, 2020.
- [8] Kalafat K. Technical research and development [Text]: collective monograph / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., etc. – International Science Group. – Boston, : Primedia eLaunch 2021. – 616 p

REFERENCES

- [1] Kovalsky V. P. Features of the formation of business centers [Text] / V. P. Kovalsky, O. P. Tereshchenko, O. O. Shamraeva // Modern technologies, materials and structures in construction. – 2018. – No. 2. – pp. 122-128.
- [2] Postolatiy M. O. Spatial planning solutions for multi-storey buildings [Text] / M. O. Postolatiy, A. V. Kovalsky, V. P. Kovalsky // Abstracts of reports of the All-Ukrainian scientific and practical Internet conference of students, postgraduates, and young scientists "Youth in science: research, problems, prospects" (MN-2020), Vinnytsia, May 18-29, 2020. pp. 219-221, 2020.
- [3] Shamraeva O. O. International experience and problems of forming business centers [Text] / O. O. Shamraeva, V. P. Kovalsky // Collection of materials of the International Scientific and Technical Conference "Innovative Technologies in Construction (2018)",

November 13-15, 2018. – Vinnytsia: VNTU, 2018. – pp. 159-160.

- [4] Pandas A. V. Functional zoning as a tool for regulating the spatial potential of a large city [Text] // Economy: realities of time. Issue No. 1(17), pp. 43-47, 2015.
- Koznarska G., Development of underground space as a means of rational use of territory for the development of a modern city [Text] // Series: "Architecture" No. 1 (9), pp. 98-103, 2023.
- [5] V. R. Serdyuk and O. V. Kosakivsky, "DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE IN MODERN CITIES TO IMPROVE THE ENVIRONMENT," Bulletin of the VPI, issue 2, pp. 14–24, April 2024.
- [6] S. V. Rindyuk and M. A. Maksymenko, "Development of underground space as a solution to urbanization problems," Modern Technologies, Materials, and Structures in Construction, NTZ, vol. 29, no. 2, pp. 101–107, 2020.
- [7] Kalafat K. Technical research and development [Text]: collective monograph / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., etc. – International Science Group. – Boston, : Primedia eLaunch 2021. – 616 p

Ковальський Віктор Павлович – к.т.н., доцент, доцент кафедри доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.

Оленюк Анастасія Павлівна – студентка групи БМ-24м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olenuknasta@gmail.com

Зоря Павло Олегович – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: pavlo.zorja@gmail.com.

V. Kovalskyi
A. Olenyuk
P. Zoria

CURRENT TRENDS IN THE DESIGN OF UNDERGROUND SPACES IN BUSINESS CENTERS

Vinnytsia National Technical University

The spatial and planning solutions of underground spaces in business centers are considered, combining the functions of shelters and parking. This approach promotes the efficient use of limited urban areas, which is highly relevant for modern urban development. Such multifunctional complexes not only address the issue of parking shortages but also integrate into the city's infrastructure, creating opportunities for economic and social activity.

The integration of shelters and parking facilities is a logical step that optimizes land use and provides civil protection for the population, highlighting the dual value of such structures. Designing these spaces requires an understanding of construction standards, safety requirements, and ergonomics to ensure maximum functionality and comfort. Efficient use of underground areas also reduces the load on surface land, freeing it up for green zones and sustainable urban development. These spaces serve not only as parking facilities but may also include commercial, administrative, and technical zones that meet the demands of the urban environment.

The shelter function is fundamental in contemporary design amid conflicts and emergencies. Underground parking facilities can be quickly transformed into fully functional civil protection shelters equipped with life-support systems. This dual-purpose use of space demands a special approach to planning and engineering systems to ensure rapid transformation and compliance with safety regulations (DBN). Such solutions increase urban resilience and population safety.

Underground spaces are equipped with modern engineering systems: water supply, ventilation, fire safety, heating, cooling, and automation. These systems enhance both efficiency and safety. Ventilation ensures air quality, while fire safety systems provide automatic suppression and evacuation. Automation optimizes system operations and reduces energy consumption. Modern monitoring systems and intelligent parking management improve functionality. The implementation of BIM technologies supports coordination and resource management.

The design of underground spaces is based on the principles of flexibility and adaptability. Their function can change without significant capital investment. For example, part of a parking facility can be temporarily converted for exhibitions or events. This flexibility is valuable for business centers aiming to maximize asset utilization.

The combination of functionality and engineering solutions defines the current trend in underground space design — the creation of multifunctional and adaptable environments. These can serve various purposes: parking, retail spaces, gyms, or data centers. This reflects the global trend toward multifunctionality in urban spaces and sustainable development. The development of such projects requires the involvement of highly qualified specialists. The implementation of new technologies is an integral part of the process. Ultimately, these underground complexes become key elements of modern infrastructure, contributing to economic growth, quality of life, and urban resilience.

Keywords: Volume-planning solutions, underground space, business center, modern architectural trends, urbanism, BIM technologies.

Kovalskyi Viktor Pavlovych – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Construction, Urban Economy, and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.

Oleniuk Anastasia Pavlivna, – student of BM-20b group, Faculty of Heat and Power Engineering and Gas Supply Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olenuknasta@gmail.com

Pavlo Zoria Olegovich – Postgraduate student of the Department of Civil Engineering, Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, email: pavlo.zorja@gmail.com