

УДК 624

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.11>

## ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНОГО ТА КОНСТРУКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОДУЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ АЕРОПОРТОБУДУВАННЯ

**Скребнєва Світлана Миколаївна<sup>1</sup>, Візір Ангеліна Сергіївна<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва,

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,  
e-mail: [svetaskreb@ukr.net](mailto:svetaskreb@ukr.net), orcid: 0000-0003-4082-5181

<sup>2</sup> магістрантка кафедри комп'ютерних технологій будівництва,

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,  
e-mail: [anhelinavizir@gmail.com](mailto:anhelinavizir@gmail.com), orcid: 0000-0002-0763-997X

*Анотація.* У роботі досліджуються особливості та переваги модульного принципу будівництва аеропортів в порівнянні з традиційним методом зведення будівель, окреслено основні типи модульних елементів, процес їхнього виготовлення та особливості з'єднання, досліджується зарубіжний досвід використання модульних будівельних компонентів в аеропортах.

**Мета** – дослідити та обґрунтувати тенденції впровадження модульних будівельних конструкцій в аеропортобудуванні. Окреслити основні фактори, які впливають на вибір та конструктивне застосування модульних елементів при реконструкції та розширенні аеропортів. Дослідити зарубіжний досвід використання модульних будівельних компонентів в аеропортах.

**Методологія** базується на використанні загально-наукових методів, таких як аналіз, систематизація, узагальнення, порівняння. Емпіричною базою для проведення наукової роботи став дистанційний аналіз об'єктів: наукових публікацій та статей.

**Результати.** Проаналізовано особливості та переваги модульного принципу будівництва аеропортів в порівнянні з традиційним методом зведення будівель; окреслено основні типи модульних елементів, процес їхнього виготовлення та особливості з'єднання; опрацьовано низку українських та закордонних джерел, що розглядають дану проблему.

Для створення уяви про те, яке практичне значення мають зведені модульні будівлі в аеропортах, було розглянуто та проаналізовано зарубіжні приклади. Зокрема, комплекс модульних будівель Wilmot в міжнародному аеропорту Даллеса, розширення залу D міжнародного аеропорту Хартсфілд-Джексон в Атланті та повністю модульний аеропорт в Сенегалі. Виявлено, що модульна технологія знижує вплив будівництва на навколишнє середовище, прискорює темпи зведення, забезпечує економію часу та матеріалів.

**Наукова новизна** полягає у комплексному аналізі практичності застосування модульних елементів в аеропортах, дослідження охоплює інтеграцію інноваційних комп'ютерних технологій на стадії проектування модулів та всього життєвого циклу будівлі.

**Практична значущість.** Впровадження модульних будівельних конструкцій є перспективним методом реконструкції та розширення аеропортів нашої

держави, постраждалих внаслідок повномасштабного вторгнення, особливо коли головним критерієм є швидкість зведення та економія витрат.

**Ключові слова:** аеропорт, комфорт, модуль, модульне будівництво, модульний елемент, модульні збірні конструкції, практичність, сталь, термінал, технології швидкого будівництва, швидкість, BIM-моделювання.

## ВСТУП

Модульне будівництво – це сучасний метод будівництва, який передбачає збирання збірних модулів за межами об'єкта та їх інтеграцію в загальну конструкцію на будівельному майданчику. Цей високоіндустріалізований процес в основному виконується на заводі, де може бути завершено приблизно 80% загального процесу будівництва. Стимулювання виробництва за межами підприємства та монтажу на місці підвищує ефективність будівництва, безпеку та продуктивність.

Аеропорти – це складні екосистеми, які повинні пристосовуватися до постійного зростання і змін. Модульне будівництво, з притаманною йому гнучкістю та масштабованістю, є ідеальним вибором для проєктів реконструкції та розширення аеропортів. Воно особливо цінне у сфері розширення аеропортів, де першочерговими вимогами є швидке завершення будівництва, мінімальні перебої у роботі, висока якість результатів та безпека пасажирів і працівників. Це також допомагає підтримувати аеропорт якомога ближче до повної працездатності та здатності швидко задовольняти зростаючі потреби в пропускній спроможності.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Останнім часом тема використання модульних технологій будівництва набирає актуальності для великих інфраструктурних об'єктів, таких як аеропорти. Накопичений зарубіжний досвід [2; 17; 18] показує, що завдяки практичним інноваціям і технологіям, таким як модульне будівництво за межами майданчика, будівлі вже досягають вищого рівня стійкості порівняно з будівництвом на місці. Інструменти параметричного проєктування прототипів аеропортів з розширенням BIM-моделюванням та точність комп'ютеризованих технологій виготовлення потенційно можуть надати архітекторам значно розширений контроль над архітектурними та конструктивними якостями модульних будівельних компонентів [13; 15].

## МЕТА

Мета – проаналізувати головні переваги модульного проєктування та будівництва в порівнянні з традиційним методом зведення

будівель в аеропортах та на практичному досвіді різних країн вивчити ефективність роботи аеропорту під час встановлення модульних будівель та окреслити можливі експлуатаційні наслідки.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В аеропортах модульні будівлі можуть використовуватися як для тимчасових, так і для постійних рішень. В якості тимчасових, модульні будівлі можна встановити як офісний простір при проєктах реконструкції. Як основні, модульні будівлі можна встановити в місцях видачі багажу (особливо актуально для невеликих аеропортів з обмеженою кількістю таких місць), в зонах очікування (для створення більшого простору очікування), в якості нового терміналу, в ангарах (щоб мати оптимальний простір для ремонту та технічного обслуговування), а також як адміністративний офіс або офіс служби безпеки.

Модульні будівельні елементи можуть бути об'ємними (3D-об'ємні одиниці) та не-об'ємними (2D-збірні частини). Під об'ємним модульними елементами розуміють безпосередньо модулі, які потім з'єднуються у блоки для утворення цілісної будівлі. До не-об'ємних відносять такі конструктивні елементи як рами, балки, колони, стінові панелі, підлогові касети, ферми для даху. Хоча такі елементи вимагають додаткового монтажу та герметизації на місці, їх головною перевагою є значне зниження транспортних витрат в порівнянні з перевезенням об'ємних компонентів. Навіть не-об'ємні компоненти виграють і традиційному способу будівництва, так як загальний час та витрата праці значно менші.

Залежно від конкретних вимог на будівельному майданчику у проєкті можна одночасно інтегрувати як об'ємні, так і не-об'ємні модульні компоненти для заощадження часу.

Типи модулів можуть бути використані в проєктуванні будівель з використанням повністю модульної конструкції або змішаних форм сталевих конструкцій: а) 4-сторонні модулі; б) частково відкриті модулі; в) відкриті (з кутовою опорою) модулі; г) модулі, підтримувані основним структурним каркасом; д) не-несучі модулі; е) змішані модулі; ж) спеціальні сходові або ліфтові модулі.

На сьогодні центральну роль у виготовленні модульних елементів становлять засоби управління інформаційною моделлю будівлі (BIM), автоматизоване проектування (CAD), інструменти автоматизованого виробництва (CAM) і комп'ютерне програмне керування (CNC).

Ключова роль BIM – це забезпечення більшої гнучкості у проектуванні, що дозволяє створювати надійні віртуальні прототипи з підтримкою даних. Консолідує інформацію про проєкт, BIM також може підтримувати ефективність, мінімізуючи потребу в обміні даними між різними інструментами управління проектуванням, виробництвом і будівництвом, а також дозволяючи візуалізувати процес складання на місці [15].

Використання точних інструментів контролю виготовлення, таких як CAD/CAM, дозволяє здійснювати ретельний нагляд при встановленні чутливих високотехнологічних компонентів, таких як протипожежні, охоронні системи або датчики контролю навколишнього середовища. Підвищена точність у виготовленні компонентів зовнішніх стін також призводить до значно щільнішого огороження будівлі з меншою кількістю витоків повітря.

На відміну від традиційного будівництва на місці, коли будівлю зазвичай завершують ззовні всередину, збірні об'ємні будівельні модулі, як правило, будуються зсередини назовні. У таких випадках спочатку проектується коробчастий каркас модуля, потім додається внутрішня обробка, компоненти MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing elements), встановлюється утеплювач, і накладається зовнішня обшивка.

Головним аспектом доцільності модульного будівництва вважають витрати на транспортування модульних компонентів. Фаза транспортування, яка зазвичай відбувається одночасно з етапами виробництва та остаточного складання на місці, залежить від ряду змінних, включаючи, наприклад, відстань вантажівки між фабрикою виготовлення та місцем роботи, а також кількість необхідних поїздок. Відстань між заводом і місцем будівництва є найважливішим фактором транспортних витрат. У більшості випадків об'ємні модулі являють собою габаритні вантажі, і для їх перевезення по дорогах загального користування буде потрібен спеціальний дозвіл. Деякими дорогами можна користуватися лише в певні години дня, тому слід враховувати максимальні допустимі розміри елементів та їх вагу, особливо якщо перевезення буде в міських районах.

Основні будівельні матеріали, яким надається перевага при виготовленні модулів – це деревина, сталь, бетон. Також можливе поєднання цих матеріалів для різних частин конструкцій, залежно від кліматичних, геоморфологічних та економічних умов, передбачених в проєкті.

Деревина вважається універсальним і корисним будівельним матеріалом з високою екологічною цінністю, оскільки поглинає вуглець з атмосфери. На сьогодні спостерігається тенденція використання деревини як основного будівельного матеріалу у великих інфраструктурних будівлях. Яскравим прикладом є нещодавно реалізований проєкт у Портландському міжнародному аеропорту, в якому дах виконаний зі збірних дерев'яних конструкцій, що тримаються на Y-подібних сталевих колонах [8].

Хоча ідея застосування деревини в конструкціях для аеропортів все більше впроваджується в майбутні проєкти, сталь і бетон все одно залишаються лідерами у використанні.

Сталь використовується в проєктах, які вимагають більш міцної конструктивної системи, ніж дерев'яні модульні споруди. Знижений відсоток вуглецю в складі сталі відрізняє його від звичайного заліза, забезпечуючи вищі показники механічної міцності та пластичності за менших витрат. Сталеві рами досить міцні та жорсткі, тому їх не потрібно надто структурувати для етапу транспортування та розміщення. Модулі, як правило, вже на етапі збирання на заводі, окрім готового каркасу, мають електропроводку та повітропроводи. Це значно збільшує час і, отже, заощаджує кошти [11].

У поєднанні з іншими матеріалами в сталевих модулях зазвичай використовують бетонний настил для перекриття, щоб додати жорсткості конструкції, додаткову теплоізоляцію та акустику. У зв'язку з тим, що сталеві конструкції мають низьку межу вогнестійкості (для більшості незахищених сталевих конструкцій і в залежності від товщини металу становить 10–15 хв), необхідно докласти максимум зусиль для вогнезахисту ключових з'єднань і елементів. Міцність, яку надає сталь структурі, особливо її стійкість до бічних сил, робить її основним варіантом для висотних будівель. Жорстка та міцна конструкція забезпечує більші прольоти, зменшує потребу в бічних розкосах і забезпечує більшу гнучкість конструкції [6]. Бетонні модулі не дуже поширені.

Через можливі розриви, які є властивими об'єднанню незалежних елементів модульних

одиниць, особлива увага приділяється з'єднанням.

З'єднання поділяються на три види: міжмодульні (модуль-модуль); внутрішньомодульні (всередині модуля) і з'єднання модуля з фундаментом [10; 12].

Будівельна діяльність і антропогенне середовище мають величезний вплив на навколишнє середовище, здоров'я людей і економіку в цілому. Модульні технології будівництва дають змогу оптимізувати:

- придбання та використання будівельних матеріалів, мінімізуючи відходи на місці (виробники закупають матеріали оптом і часто заздалегідь або відразу після виконання контракту, що допомагає уникнути ескалації витрат на матеріали;
- зменшення шумового забруднення від будівельних робіт;
- мінімізація проблем транспортного руху у міських районах.

На традиційних будівельних об'єктах модульного офісного вагончика було б достатньо для забезпечення офісного простору проекту. Проекти в аеропортах часто більші за масштабом, а це означає, що потрібно більше місця для розміщення підрядників і робітників. Багатоповерхова модульна будівля або великий модульний комплекс, який можна переміщати по ходу будівництва, є оптимальним рішенням. Будівельні офіси в проектах аеропортів часто доводиться розташовувати в нетрадиційних місцях. Наприклад, комплекс модульних будівель Wilmot в міжнародному аеропорту Даллеса (рис. 1). Цей комплекс використовувався як офіс для проекту розширення, а потім був перенесений поруч зі злітно-посадковою смугою і дообладнаний спринклерною системою для використання в якості станції антиобледеніння [16].

Ще одним яскравим прикладом є розширення залу D міжнародного аеропорту Хартсфілд-Джексон в Атланті, яке розпочалося наприкінці квітня цього року і стало кульмінацією двох років ретельної підготовки з використанням менш руйнівного підходу до вдосконалення найзавантаженішого аеропорту світу. Проект поєднує в собі модульне і традиційне будівництво та має на меті збільшити площу терміналу D, розширивши його з 18 до 30 метрів і збільшивши його загальну довжину на 87 метрів. Багатоетапний графік будівництва передбачає розміщення 19 попередньо сконструйованих модулів (рис. 2) у залі D, здійснюючи подорож довжиною миль в один і той же день щотижня між 1–4 ранку [14].



Рис. 1. Комплекс модульних будівель Wilmot в міжнародному аеропорту Даллеса



Рис. 2. Перевезення одного з модулів до зали D

Реалізація чеського проекту в Сенегалі (Західна Африка) наглядно продемонструвала як принцип модульного будівництва може вирішити проблеми та мінімізувати ризики, пов'язані з життям місцевої громади. Модулі були виготовлені на 80% у виробничому цеху в Чехії, а потім окремі модулі були перевезені до Сен-Луїса, що знаходиться на відстані більш ніж 4500 км, де були потім зібрані. Складені модулі утворили шість рядів, між якими розташована сталева конструкція, що підтримує дах. Завдяки такій системі побудови були створені великі відкриті простори – головний зал аеропорту, де розташовані зали реєстрації, безпеки та вильоту, зал вильоту, прийом багажу та зони паспортного контролю. Територія аеропорту площею 2700 м<sup>2</sup> складається з 111 модулів. Ангар площею 738 м<sup>2</sup> складається з 31 модуля. Будівлі відповідають вимогам протипожежної безпеки стандартів NFPA (The National Fire Protection Association) та оснащені системою вентиляції та вогнегасниками з водяним туманом. Вікна оснащені антисонячними фільтрами. Попереднє будівництво тривало лише два місяці – будівлю

звели за півроку – це приблизно в чотири рази швидше, ніж при традиційних методах будівництва [7].



Рис. 3. Зовнішній та внутрішній вигляд модульного терміналу в Сенегалі

## ВИСНОВКИ

Враховуючи закордонний досвід аеропортобудування та реконструкцій аеропортів світу, можна зробити висновок щодо можливості впровадження модульного проектування та будівництва, використовуючи будівлі аеропортів як для тимчасових, так і для постійних проектних рішень. Швидкість доставки, зниження витрат на оплату праці та мінімізація впливу на роботу самого аеропорту – є одними з головних переваг, тому це може бути раціональним рішенням для розширення та реконструкції аеропортів в Україні.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] ДБН В.2.6-198:2014: Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1- [Чинний від 2014-06-10]. К.: УкрНДІпроектстальконструкція», 2014, 290 с.
- [2] Інженерні основи аеропортобудування : (Лаленко О.І., Родченко О.В., Скребнева С.М., Омельченко К.В., Іваннікова В.Ю.) Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» К.: НАУ, 2017.320с.
- [3] Проектування та будівництво аеродромних комплексів : монографія / За заг. ред. Карпова В. В. Херсон : Олді+, 2022. 336 с.

[4] Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навчальний посібник /Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира. Київ : НУБіП України, 2024. 264 с.

[5] Alfredo Augusto Vieira Soeiro, «Analysis of modular construction techniques advantages and disadvantages», 2023.

[6] En-Feng, Deng, Liang Zongb, Yang Dingb, Zhe Zhanga, Jun-Feng Zhanga, Feng-Wei Shib, Li-Ming Cai, Shu-Cai Gao (2020). Performance of mid-to-high rise modular steel construction – A critical review. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7386282/pdf/main.pdf>

[7] First Modular Airport in Senegal: веб-сайт. URL: <https://www.koma-modular.cz/en/references/first-modular-airport-in-world> (дата звернення 26.10.2024)

[8] Forest to Frame: Why Portland's Airport is a New Milestone for Mass Timber: веб-сайт. URL: <https://metropolismag.com/projects/portland-airport-mass-timber/> (дата звернення 26.10.2024)

[9] Kamali M., Hewage K. «Life Cycle Performance of Modular Buildings: A Critical Review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62, 1171–1183. May 2016.

[10] Lacey A. W., Chen W., Hao H., Bi K. «Structural response of modular buildings – An overview», *Journal of Architectural Engineering*, 2018. Vol. 16 pp. 45–56.

[11] Lawson R. M., Ogden R. G. and Bergin R., *Design in Modular Construction*. CRC Press New York, NY, USA. 2014.

[12] Lawson M.R. «Design of high-rise modular open buildings» *Open and Sustainable Buildings*. Surrey, UK. 2010.

[13] Lu N. «Opportunities for Advancement of Modular Construction Projects using Building Implementation Modelling (BIM)». University of North Carolina, Charlotte, NC, USA. 2015.

[14] Modular Construction Adds Efficiency to Hartsfield-Jackson Airport Expansion: веб-сайт. URL: <https://www.wsp.com/en-gl/insights/2024-atlanta-hartsfield-jackson-airport-concourse-d-expansion> (дата звернення 26.10.2024)

[15] Na Lu, Korman Tomas Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Modular Construction: Benefits and Challenges. 2010. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Na-Lu\\_5/publication/269142172\\_Implementation\\_of\\_Building\\_Information\\_Modeling\\_of\\_Building\\_Information\\_Modeling\\_BIM\\_in\\_Modular\\_Construction\\_Benefits\\_and\\_Challenges/links/5adfd68aca272fdaf8b52be/Implementation-of-Building-Information-Modeling-BIM-in-Modular-Construction-Benefits-and-Challenges.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Na-Lu_5/publication/269142172_Implementation_of_Building_Information_Modeling_of_Building_Information_Modeling_BIM_in_Modular_Construction_Benefits_and_Challenges/links/5adfd68aca272fdaf8b52be/Implementation-of-Building-Information-Modeling-BIM-in-Modular-Construction-Benefits-and-Challenges.pdf)

[16] The Expert Guide to Planning for Airport Facility Expansion Using Modular Construction: веб-сайт. URL: <https://www.wilmotmodular.com/the-expert-guide-to-planning-for-airport-facility-expansion-using-modular-construction> (дата звернення 26.10.2024)

[17] Top 5 Benefits of Using Modular Construction for Airport Expansion: веб-сайт. URL: <https://www.wilmotmodular.com/blog/top-5-benefits-of-using-modular-construction-for-airport-expansion> (дата звернення 26.10.2024)

[18] Salama T. «Optimized Planning and Scheduling for Modular and Offsite Construction», PhD

thesis, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, 2018.

[19] Smith R. E., Prefab architecture. A guide to modular design and construction. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA. 2010.

[20] Wilson J., BuildingGreen, Inc. "Design for modular construction: an introduction for architects". 2018.

## REFERENCES

[1] Stalevi konstruktsiyi. Normy proektuvannya [Steel structures. Design standards]. With Amendment No. 1: *DBN V.2.6-198:2014 from 10<sup>th</sup> June 2014*. K.: UkrNDIproektstakonkstruktsionisia [in Ukrainian].

[2] Lapenko, O.I., Rodchenko, O.V., Skrebneva, S.M., Omelchenko, K.V., & Ivannikova, V.Yu (2017) *Inzhenerni osnovy aeroportobuduvannya* [Engineering basics of airport construction]. K.: NAU, [in Ukrainian].

[3] Karpov, V. V. (Ed.). (2022) *Proyektuvannya ta budivnytstvo aerodromnykh kompleksiv* [Design and construction of airfield complexes: monograph]. Kherson: Oldi+. [in Ukrainian].

[4] Bakulin, E.A., Bakulina, V.M., & Kostyra, N.O. (2024). *Ob'yemno-prostorovi rishennya budivel' i sporud* [Volumetric-spatial solutions of buildings and structures]. Kyiv: NUBiP of Ukraine. [in Ukrainian].

[5] Alfredo Augusto Vieira Soeiro, (2023). Analysis of modular construction techniques advantages and disadvantages [in English].

[6] En-Feng, Deng, Liang Zongb, Yang Dingb, Zhe Zhanga, Jun-Feng Zhanga, Feng-Wei Shib, Li-Ming Cai, Shu-Cai Gao (2020). Performance of mid-to-high rise modular steel construction – A critical review. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7386282/pdf/main.pdf> [in English].

[7] First Modular Airport in Senegal. Retrieved from: <https://www.koma-modular.cz/en/references/first-modular-airport-in-world> (access 26.10.2024) [in English].

[8] Forest to Frame: Why Portland's Airport is a New Milestone for Mass Timber. Retrieved from: <https://metropolismag.com/projects/portland-airport-mass-timber>. (access 26.10.2024) [in English].

[9] Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life Cycle Performance of Modular Buildings: A Critical Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62, 1171–1183. May [in English].

[10] Lacey, A. W., Chen, W., Hao, H., & Bi, K. (2018). «Structural response of modular buildings – An

overview», *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 16, pp. 45–56 [in English].

[11] Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Bergin, R. (2014). *Design in Modular Construction*. CRC Press New York, NY, USA [in English].

[12] Lawson, M.R. (2010). *Design of high-rise modular open buildings*. Open and Sustainable Buildings. Surrey, UK [in English].

[13] Lu, N. (2015). Opportunities for Advancement of Modular Construction Projects using Building Implementation Modelling (BIM). University of North Carolina, Charlotte, NC, USA [in English].

[14] Modular Construction Adds Efficiency to Hartsfield-Jackson Airport Expansion. Retrieved from: <https://www.wsp.com/en-gl/insights/2024-atlanta-hartsfield-jackson-airport-concourse-d-expansion> (access 26.10.2024) [in English].

[15] Na, Lu, & Korman, Tomas (2010). Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Modular Construction: Benefits and Challenges. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/profile/Na-Lu\\_5/publication/269142172\\_Implementation\\_of\\_Building\\_Information\\_Modeling\\_BIM\\_in\\_Modular\\_Construction\\_Benefits\\_and\\_Challenges/links/5adfde68aca272fdaf8b52be/Implementation-of-Building-Information-Modeling-BIM-in-Modular-Construction-Benefits-and-Challenges.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Na-Lu_5/publication/269142172_Implementation_of_Building_Information_Modeling_BIM_in_Modular_Construction_Benefits_and_Challenges/links/5adfde68aca272fdaf8b52be/Implementation-of-Building-Information-Modeling-BIM-in-Modular-Construction-Benefits-and-Challenges.pdf) (access 26.10.2024) [in English].

[16] The Expert Guide to Planning for Airport Facility Expansion Using Modular Construction. Retrieved from: <https://www.wilmotmodular.com/the-expert-guide-to-planning-for-airport-facility-expansion-using-modular-construction> (access 26.10.2024) [in English].

[17] Top 5 Benefits of Using Modular Construction for Airport Expansion. Retrieved from: <https://www.wilmotmodular.com/blog/top-5-benefits-of-using-modular-construction-for-airport-expansion> (access 26.10.2024) [in English].

[18] Salama, T. (2018). *Optimized Planning and Scheduling for Modular and Offsite Construction*, PhD thesis, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada [in English].

[19] Smith, R. E. (2010). Prefab architecture. A guide to modular design and construction. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA [in English].

[20] Wilson, J. (2018). BuildingGreen, Inc. "Design for modular construction: an introduction for architects" [in English].

## ABSTRACT

### **Skrebneva S., Vizir A. Features of architectural and constructive application modular building elements for airport construction**

*Investigate and justify the trends in the implementation of modular building structures in airport construction. Outline the main factors that influence the choice and constructive application of modular elements in the reconstruction and expansion of airports.*

**Methodology.** *General scientific methods are used, such as analysis, systematization, generalization, comparison. Remote analysis of objects: scientific publications and articles became the empirical base for conducting scientific work.*

**The results.** The article examines the features and advantages of the modular principle of airport construction in comparison with the traditional method of constructing buildings. The main types of modular elements, the process of their manufacture and the peculiarities of connection are outlined. A number of Ukrainian and foreign sources dealing with this problem have been studied. To create an idea of the practical significance of erected modular buildings in airports, foreign examples were considered and analyzed. In particular, the Wilmot modular building complex at Dulles International Airport, the expansion of Concourse D at Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport, and a fully modular airport in Senegal. It was found that modular technology reduces the impact of construction on the environment, accelerates the pace of construction, saves time and materials.

**The scientific novelty** of this study consists in a comprehensive analysis of the practicality of using modular elements in airports. Also, the study covers the integration of innovative computer technologies at the stage of designing modules and the entire life cycle of the building.

**Practical significance.** The implementation of modular building structures is a promising method of reconstruction and expansion of airports affected by the full-scale invasion of our country, especially when the main criteria are the speed of construction and cost savings.

**Keywords:** modular construction, module, modular element, modular prefabricated structures, airport, rapid construction technologies, speed, comfort, practicality, BIM modeling, steel, terminal.

#### **AUTHOR'S NOTE:**

**Skrebnieva Svitlana**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Computer Technologies of Airport Construction and Reconstruction, State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: svetaskreb@ukr.net, orcid: 0000-0003-4082-5181

**Vizir Anhelina**, Master's degree student, Department of Computer Science of Construction Technologies, State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: anhelinavizir@gmail.com, orcid: 0000-0002-0763-997X