

*С.М. Скребнева, кандидат технічних наук, доцент  
А.С. Візір  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

## **Переваги застосування модульних будівель при реконструкції та розширенні аеропортів**

*Проаналізовано головні переваги модульного проєктування та будівництва в порівнянні з традиційним методом зведення будівель в аеропортах. На практичному досвіді різних країн, вивчено ефективність роботи аеропорту під час встановлення модульних будівель та окреслено можливі експлуатаційні наслідки.*

Будівництво та проєктування аеропортів відбувається відповідно до генерального плану, на основі якого визначають кошторисну вартість будівництва або реконструкції аеропорту і розробляють проєкт організації будівництва. При проєктуванні та реалізації планів розширення та реконструкції аеропортів використовують новітні будівельні технології, техніку та архітектурно-конструктивні рішення.

Модульне будівництво - це інноваційне рішення, яке поєднує гнучкість, масштабованість і адаптивність у транспортній галузі. 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, що допомагає підтримувати аеропорт якомога ближче до повної працездатності та здатності швидко задовольняти зростаючі потреби в пропускній здатності.

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.

Переваги модульних будівель:

1. *Встановлення модульних будівель швидше за традиційне будівництво.* Через зростання пасажиропотоку аеропорти потребують додаткового простору. Традиційні будівельні проєкти вимагають місяці на проєктування та роки на саме будівництво. А завдяки модульному зведенню термін будівництва скорочується на 40-50%. Це ключова перевага, яка зменшує небезпеку для пасажирів, оскільки більша частина робіт виконується за межами будівельного майданчика в контрольованому складському середовищі. Доставка, встановлення панелей або блоків та їх підключення до інженерних мереж завершується швидко, що дозволяє якнайшвидше повернутися до нормального режиму роботи.

2. *Модульні будівлі можуть бути індивідуальними.* «Модульний» не обов'язково означає сірий і нудний. Модульні будівлі можна налаштувати відповідно до вимог дизайну або брендингу. Успіх із модульним дизайном і конструкцією досягається завдяки правильному плануванню простору, розумінню розміру модуля та відповідності до зовнішнього вигляду оточуючих будівель.

3. *Модульні будівлі підвищують мобільність.* При традиційному будівництві сусідні будівлі можуть бути зупинені або закриті на час будівництва. При модульному будівництві сусідні будівлі можуть залишатися відкритим. Модульні будівлі можна легко розмістити, не порушуючи решту території. Крім того, модульні будівлі можна переміщати за потреби, що є важливим під час проекту розширення, коли потреби можуть змінюватися. Така гнучкість дозволяє аеропортам продовжувати роботу без перерв або з обмеженими перервами під час процесу розширення.

4. *Економічна ефективність.* Модульне будівництво є економічно вигідним рішенням, оскільки воно мінімізує потребу в значній кількості робочої сили на об'єкті і зменшує кількість відходів.

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.



Рис. 1. Комплекс модульних будівель Wilmot в міжнародному аеропорту Даллеса (фото з сайту <https://www.wilmotmodular.com>)

Розташування будівлі має значний вплив на те, яких правил необхідно дотримуватися. Наприклад, міжнародний аеропорт Балтимор/Вашингтон разом з

компанією Wilmot Modular Structures працювали над встановленням модульної будівлі за межами злітно-посадкової смуги терміналу. В результаті компанія Wilmot використовувала прокладки з АБС (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) і систему пірсів, тоді як будівля поруч зі злітно-посадковою смугою в проєкті аеропорту Даллеса вимагала дорогих структурних фундаментів зі сталевими і зварними плитами. Крім того, завдяки використанню модульної конструкції вдалося мінімізувати кількість робітників на будівельному майданчику та скоротити час перерв у їхній роботі.

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. Проєкт 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. Багатоступінний графік будівництва передбачає розміщення 19 попередньо сконструйованих модулів (рис. 2) у залі D, здійснюючи подорож довжиною мильо в один і той же день щотижня між 1-4 ранку.

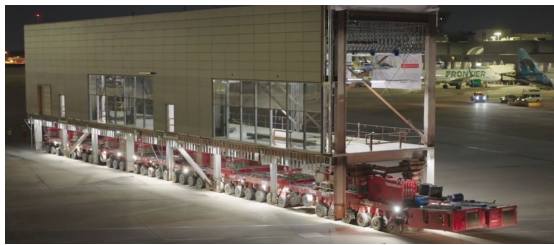


Рис. 2. Перевезення одного з модулів до залу D (фото з сайту <https://www.wsp.com>)

Цей метод дозволяє тримати якомога більше воріт відкритими під час будівництва. Проєктування було розпочато в квітні 2022 року, а підземні роботи по підключенню комунікацій розпочалися в листопаді 2023 року. Робота над модулями почалася в січні 2024 року.

Реалізація чеського проєкту в Сенегалі (Західна Африка) наглядно продемонструвала як принцип модульного будівництва може вирішити проблеми та ризики пов'язані з життям місцевої громади. Реконструкція аеропорту в Сен-Луїсі вимагала перенесення місцевого цвинтаря, розташованого на місці розширеної злітно-посадкової смуги, що майже неможливо уявити в ісламському світі. Це також призвело до переривання міграційних шляхів місцевих скотарів, які звикли переганяти свою худобу через територію аеропорту. Це лише кілька очевидних речей, які місцева громада оголосила на обіцянку робочих місць під час будівництва аеропорту та в результаті його майбутньої роботи. Майбутні можливості включають, зокрема, розвиток туризму (у місті, яке є об'єктом всесвітньої спадщини ЮНЕСКО), розвиток матеріально-технічної бази для видобутку природного газу (з атлантичних вод Сенегалу), а також покращення

зв'язку з метрополією Дакар та інші частини країни. Тому чеська команда поставила в пріоритеті залишитися в гарних стосунках із місцевою громадою. У результаті роботи в Сен-Луїсі близько п'ятдесяти місцевих робітників працювали разом із чеськими техніками та інженерами та навчилися від них модульного способу будівництва будівель, який не так часто зустрічається в африканських умовах.

Вже у середині липня 2022 року в Сен-Луї на півночі Сенегалу відкрили перший модульний аеропорт. 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 вони 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 (рис. 3).

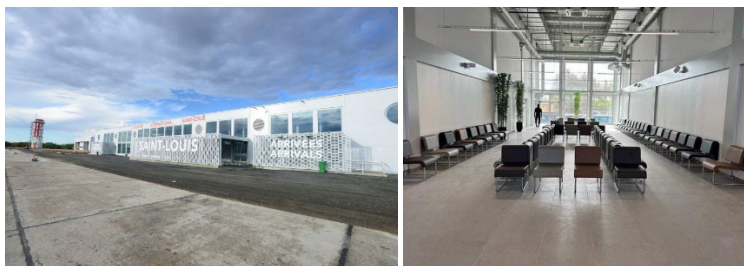


Рис. 3. Зовнішній та внутрішній вигляд модульного терміналу в Сенегалі (фото з сайту <https://www.koma-modular.cz>)

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.

### Висновок

Враховуючи закордонний досвід аеропортобудування та реконструкції аеропортів світу, можна зробити висновок щодо можливості впровадження модульного проєктування та будівництва, використовуючи модульні будівлі як для тимчасових, так і для постійних проєктних 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.

## Список літератури

1. Інженерні основи аеропортобудування : (Лапенко О.І., Родченко О.В., Скребнєва С.М., Омельченко К.В., Іваннікова В.Ю.) Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» К.: НАУ, 2017.-320с.

2. Top 5 Benefits of Using Modular Construction for Airport Expansion. URL:<https://www.wilmotmodular.com/blog/top-5-benefits-of-using-modular-construction-for-airport-expansion> (Last accessed: 08.09.2024).

3. Modular Construction Adds Efficiency to Hartsfield-Jackson Airport Expansion. URL: <https://www.wsp.com/en-gl/insights/2024-atlanta-hartsfield-jackson-airport-concourse-d-expansion> (Last accessed: 08.09.2024).

4. First Modular Airport in Senegal. URL: <https://www.koma-modular.cz/en/references/first-modular-airport-in-world> (Last accessed: 08.09.2024).

5. The Expert Guide to Planning for Airport Facility Expansion Using Modular Construction. URL: <https://www.wilmotmodular.com/the-expert-guide-to-planning-for-airport-facility-expansion-using-modular-construction> (Last accessed: 08.09.2024).