

УДК 504:656.719(045)

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-312-8-7>

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ АВІАТЕРМІНАЛІВ В РАМКАХ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

О. В. Родченко

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції аеропортів
Національного авіаційного університету
ORCID: 0000-0001-7703-4936
oleksandr.rodchenko@npp.nau.edu.ua

О. Т. Єрмак

магістрант кафедри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції аеропортів
Національного авіаційного університету
ORCID: 0009-0003-3773-3689
5307273@stud.nau.edu.ua

Будівництво нових пасажирських авіатерміналів, реконструкція або розширення вже існуючих повинно відбуватися зі зменшенням впливу на навколишнє середовище з урахуванням стратегії сталого розвитку та екологічного, соціального і економічного аспектів рекомендованих Глобальною системою сертифікації LEED.

Будівельний сектор починає усвідомлювати, що стійкість є ключовим фактором, і технології відіграють важливу роль у сприянні досягненню Цілей сталого розвитку. Будівельне інформаційне моделювання (BIM) може допомогти досягти всіх Цілей сталого розвитку. BIM може вражати продуктивністю. В першу чергу BIM реалізує цю перевагу через свою здатність сприяти комунікації та координації, виявляти помилки та зменшувати витрати.

Цифрова модель будівлі пасажирського авіатерміналу містить не лише геометричні дані, але й усі енергетичні дані та інформацію, як тип ізоляції, непрозорі огорожувальні конструкції, засклені конструкції, джерела енергії, кліматичні дані, аспекти опалення, охолодження та вентиляції. У цьому випадку інженери можуть працювати з реальною енергетичною моделлю будівлі BEM.

Проектування, будівництво та експлуатація пасажирських авіатерміналів повинні відбуватися відповідно до проектних вимірів стійких терміналів, необхідно впроваджувати сучасні технологічні розробки, такі як, інтелектуальні системи, BIM-технології, екологічні та відновлювальні будівельні матеріали, альтернативні джерела енергії.

***Ключові слова:** аеропорт, пасажирський авіатермінал, сонячна енергія, стратегія сталого розвитку, екологічний пасажирський авіатермінал, Цілі сталого розвитку ЦСР, будівельне інформаційне моделювання BIM, будівельне енергетичне моделювання BEM.*

Oleksandr Rodchenko, Oleksii Yermak.
**THEORETICAL FUNDAMENTALS OF AIR PASSENGER
TERMINAL DESIGN IN THE FRAMEWORK OF THE SUSTAINABLE
DEVELOPMENT STRATEGY**

The construction of new passenger air terminals, reconstruction or expansion of existing ones should take place with a decreasing in the impact on the environment, taking into account the strategy of sustainable development and environmental, social and economic aspects recommended by the Global LEED certification system.

The construction sector is beginning to realize that sustainability is key and technology has an important role to play in helping to achieve the Sustainable Development Goals. Building information modeling (BIM) can help achieve all of the Sustainable Development Goals. BIM can impress with its performance. Primarily, BIM realizes this advantage through its ability to facilitate communication and coordination, identify clashes, and reduce costs.

The information model of the air passenger terminal contains not only geometric data, but also all energy data and information such as insulation type, opaque enclosure structures, glazed structures, energy sources, climate

data, aspects of heating, cooling and ventilation. In this case, engineers can work with building energy model BEM.

The design, construction and operation of air passenger terminals must be carried out in accordance with the design dimensions of sustainable terminals, it is necessary to implement modern technological developments, such as intelligent systems, BIM-technologies, ecological and renewable building materials, alternative energy sources.

Keywords: *airport, air passenger terminal, solar energy, sustainable development strategy, ecological air passenger terminal, Sustainable Development Goals SDG, building information modeling BIM, building energy model BEM.*

Постановка проблеми. Пасажирські авіатермінали є одними з основних об'єктів в аеропортах і одними з найбільш важливих частин транспортної інфраструктури, необхідні для регулярної роботи аеропортів, вони також відіграють життєво важливу роль у локальній та глобальній економіках і забезпечують чіткі соціальні переваги. Будівництво нових пасажирських терміналів, реконструкція або розширення вже існуючих повинно відбуватися зі зменшенням екологічних витрат та впливу їхньої діяльності за допомогою врахування стратегії сталого розвитку і реалізації різних інженерних практик для створення збалансованого підходу, що забезпечує максимальне використання можливостей і потенціалу, а також екологічний, соціальний та економічний ефект.

Екологічні пасажирські термінали можна визначити як ті, в яких дотримуються принципи сталого розвитку, що застосовуються при проектуванні нових та експлуатації і обслуговуванні існуючих терміналів з їх різними внутрішніми і зовнішніми просторами у рамках підходу, який поєднує екологічні, соціальні та економічні аспекти. Екологічні аспекти стосуються обмеження забруднення та зменшення його впливу на глобальному рівні, впровадження системи оцінки навколишнього середовища, тоді як соціальні аспекти передбачають досягнення найвищого рівня пасажир-задоволення.

У 2015 році Організація Об'єднаних Націй (ООН) представила Порядок денний сталого розвитку на період до 2030 року, який

базується на структурі 17 взаємопов'язаних цілей, відомих як Цілі сталого розвитку (ЦСР). Цей проект визначає шлях до більш справедливого та сталого світу. Однак для досягнення цих цілей до 2030 року потрібне стратегічне планування.

Варто навести короткий огляд 17 цілей розвитку разом із поясненням того, чому розуміння в реальному часі є настільки важливим для їх досягнення:

1. Жодної бідності.

Пандемія коронавірусу, зміна клімату та конфлікти створюють загрозу глобальному рівню бідності. Ця ціль ООН встановлює мету викорінення крайньої бідності, яка визначається як життя менш ніж на 1,25 долара на день.

2. Нульовий голод.

Приблизно від 720 до 811 мільйонів людей у всьому світі недоїдають. Ціль 2 спрямована на подолання голоду, покращення харчування, заохочення сталого сільського господарства та підвищення продовольчої безпеки.

3. Добре здоров'я та благополуччя.

Незалежно від віку та статі здоров'я має важливе значення. Ця мета визначає цілі щодо зниження рівня смертності, припинення епідемій, покращення доступу до медичної допомоги тощо.

4. Якісна освіта.

Розбіжності в освіті мають далекосяжні наслідки, впливаючи на гендерну рівність, бідність та інші соціальні проблеми. Ця ЦСР стосується рівноправної освіти для дітей і дорослих.

5. Гендерна рівність.

Жінки стикаються з широко поширеною нерівністю, включаючи дискримінацію, насильство, дитячі шлюби, неоплачувану роботу та недостатнє представництво в процесі прийняття рішень. Ця мета має на меті вирівняти умови гри.

6. Чиста вода та санітарія.

У 2020 році 2 мільярди людей не мали безпечної питної води, а 3,6 мільярда людей не мали безпечної санітарії, що створює значні ризики для здоров'я людей і навколишнього середовища.

Ціль 6 спрямована на покращення доступу до безпечної питної води та справедливих санітарних умов, одночасно захищаючи пов'язані з водою екосистеми.

7. Доступна чиста енергія.

Понад 750 мільйонів людей не мають доступу до електроенергії. Ця мета зосереджена на розширенні відновлюваної енергії та забезпеченні загального доступу до доступних послуг.

8. Гідна праця та економічне зростання.

Безробіття та неформальна робота без достатнього соціального захисту збільшують ризик бідності. Ціль 8 зосереджена на покращенні економічного зростання та продуктивності, одночасно підтримуючи працівників за допомогою належного захисту.

9. Промисловість, інновації та інфраструктура.

Глобальне виробництво різко впало внаслідок кризи COVID-19, що призвело до поновлення зусиль щодо розширення промисловості та стійкості інфраструктури. Стійкість, інклюзивність та інновації лежать в основі цієї мети.

10. Зменшені нерівності.

Нерівність у доходах, інтеграції, законодавстві, міграції та інших сферах ставить громадян країн, що розвиваються, у явно не вигідне становище. Подолання нерівності всередині та між країнами може покращити життя.

11. Сталі міста та громади.

Ця мета спрямована на те, щоб зробити поселення більш безпечними, стійкими та інклюзивними за допомогою громадського транспорту, громадських місць, доступного житла та послуг, планування розвитку та захисту навколишнього середовища.

12. Відповідальне споживання та виробництво.

Виробництво та споживання завдають великої шкоди навколишньому середовищу. Зосередження на відповідальних, стійких практиках може зменшити вплив.

13. Кліматичні дії.

Кліматична криза створює серйозні загрози для людства, що вимагає термінового реагування. Ціль 13 визначає п'ять цілей для боротьби зі зміною клімату.

14. Життя під водою.

Океани знаходяться під загрозою через забруднення пластиком, потепління, евтрофікацію, підкислення та занепад рибальства. Щоб захистити цей життєво важливий ресурс, ця мета спрямована на збереження морських і прибережних екосистем.

15. Життя на суші.

Ціль 15 зосереджена на збереженні наземних і прісноводних екосистем, включаючи ліси, водно-болотні угіддя, гори та посушливі території. Він також спрямований на захист видів флори та фауни.

16. Мир, справедливість і сильні інституції.

Для сприяння миру ця мета пропонує зменшити насильство, зловживання, експлуатацію, організовану злочинність і корупцію, а також забезпечити справедливі закони та політику з рівним доступом до правосуддя.

17. Партнерство для досягнення цілей.

Особливо для країн, що розвиваються, досягнення цілей сталого розвитку потребує партнерства та ресурсів. Ця мета сприяє міжнародній підтримці та співпраці.

Цілі розвитку ООН є амбітними, тому їх досягнення потребує ретельного планування. Однак без належної інформації впровадження політики може бути хаотичним і недостатньо цілеспрямованим, щоб задовольнити громадян під час внесення істотних змін.

Мета дослідження — розробка рекомендацій для проектування пасажирських авіатерміналів з урахуванням стратегії сталого розвитку ООН.

Стійкий пасажирський авіатермінал

Вимоги та рекомендації до енергоефективного та екологічного будівництва були впорядковані Глобальною системою сертифікації LEED (Leadership in Energy and Environmental Design — Супровід у сфері енергоефективного та екологічного проектування). Рекомендації LEED відповідно до кліматичного середовища в рамках проектування аеропортів:

1. Розташування та транспорт.

Цей рівень стосується характеру планування та проектування місць пасажирських терміналів і прийняття транспортних засобів:

- розвиток ділянки: з точки зору розміщення станції поблизу автостоянок, зон прокату автомобілів і центру обслуговування, а також централізації розташування між злітно-посадковими смугами [1];
- охорона земель: з точки зору вибору відповідних ділянок у межах біологічного розвитку, зменшення впливу ділянки на навколишнє середовище та екологічно чутливих земель з точки зору уникнення великих сільськогосподарських угідь, заплавл, ареалів, водних просторів і заболочених угідь [2];
- альтернативний транспорт: запровадження альтернативного транспорту (пішохідний, велосипедний, громадський транспорт, дистанційна робота, неофіційні варіанти транспорту, екологічні транспортні засоби тощо) та сприяння доступу до якісного транзиту (кілька видів транспорту), таких як автобусні зупинки, трамвайні зупинки та залізничні станції [3].

2. Екологічне розташування.

Цей рівень представлений критеріями, які необхідно враховувати під час вибору стійкого місця та зменшення впливу нового аеропорту на навколишнє середовище, а також можливості, які можна застосувати при розробці та реконструкції ділянки існуючого аеропорту відповідно до наступного:

- передпроектна оцінка ділянки: топографічна зйомка, визначення гідрології, аналіз клімату, дослідження рослинності, дослідження ґрунту, аналіз впливу на здоров'я людини;
- зменшення забруднення під час будівельної діяльності: ерозія ґрунту та контроль відкладень у водних шляхах, а також зменшення пилу в повітрі [3];
- розбудова території — захист середовища проживання: відновлення уражених територій та збереження запасних зелених зон;
- зменшення теплового острова: зменшення надмірної забудови та обробки горизонтальних поверхонь шляхом

покриття паркінгів рослинними стелями або системами виробництва сонячної енергії тощо;

- затінення деревами, рослинами та енергетичними спорудами, використання різноманітних сонячних вимикачів, світлих полиць, ширм [4–5].

3. Ефективність використання води.

Цей рівень представлений важливістю збереження води та використання стійких підходів для зменшення її споживання та раціоналізації її використання відповідно до наступного:

- зменшення споживання води всередині приміщень: встановлення чутливих установок (автоматичне вимірювання), постійне обслуговування та виявлення витоків, використання ефективного обладнання та впровадження водозберігаючої системи поливу для внутрішніх садів;
- зменшення використання води у відкритому ґрунті: використання місцевих посухостійких рослин, впровадження водозберігаючої системи зрошення тощо;
- вимірювання води: вимірювання рівня споживання води шляхом встановлення лічильників, використання вторинної води для баштохолоджувачів, зберігання та збору дощової води для непитних потреб тощо [3; 6].

4. Енерго- та атмосферозбереження.

Цей рівень представлений використанням обладнання в терміналі, що зменшує споживання енергії, можуть бути використані при проектуванні нового терміналу або експлуатації та технічному обслуговуванні існуючого терміналу, а також дизайні інтер'єру. Ефективне управління навколишнім середовищем та впровадження відновлюваних джерел енергії реалізується відповідно до наступного:

- мінімальна енергоефективність: завдяки покращенню енергоефективності шляхом впровадження теплоізоляції терміналу, розподілу та відбиття світла, а також використання енергозберігаючих конструкцій з точки зору використання світлодіодних ламп, викритання робочих датчиків через моніторинг CO₂, використання ефективних пристроїв

- та установок, використання системи керування освітленням та визначення правильних розмірів обладнання;
- розширений облік енергії: встановлення лічильників для підтримки управління та визначення додаткових можливостей енергозбереження, а також плану використання енергії та майбутніх потреб [4; 5];
 - ефективне управління: прийняття впорядкованої послідовності в експлуатації будівлі, прийняття графіків будівельних робіт, прийняття робочого графіка обладнання, будь то обладнання для кондиціонування повітря чи освітлення, враховуючи мінімальні вимоги до охолодження, коригування змін до графіків споживання для різних сезонів, днів тижня чи часу доби, використання систем опису механічного та електричного обладнання в будівництві, розробка плану профілактичного обслуговування будівельного обладнання та сприяння управлінню охолодженням повітря за допомогою природного або промислового охолодження, що зменшує руйнування озонового шару, а також управління основними енергетичними системами [3];
 - виробництво відновлюваної енергії: сонячна енергія, енергія вітру, гідроенергія, геотермальної енергії, енергія біомаси тощо [7].

Використання сонячної енергії — один із пріоритетних напрямків розвитку альтернативної енергетики у світі. Сонячна енергія — практично невичерпний безкоштовний ресурс, це абсолютно екологічно нейтральне джерело енергії, що не шкодить навколишньому середовищу. Використання сонячної енергії можна розділити на пасивне та активне.

Пасивне використання сонячної енергії — це спеціальні будівельні технології, що дозволяють використовувати сонячну енергію для обігріву та освітлення будівель. Фактично при правильному проектуванні будівля перетворюється на сонячний колектор, що здатний накопичувати сонячну енергію. Це досягається за рахунок використання спеціальних технологій, правильної орієнтації будівлі (в північних регіонах вікна житлових приміщень

орієнтують на південь для збільшення надходження тепла, а в південних — на захід чи схід для скорочення попадання сонячного випромінювання влітку).

Виділяють два основних способи активного застосування сонячної енергії:

- сонячні батареї — за допомогою спеціальних напівпровідникових матеріалів сонячна енергія перетворюється в електричну. Завдяки вдосконаленню технологій, сонячна енергетика стала одним з векторів розвитку світової енергетики. Завдяки зниженню цін на обладнання (за останні 5 років на 30 %) і підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) сонячних батарей, вартість так званої «зеленої» електрики стає конкурентоспроможною в порівнянні з традиційними джерелами енергії. Сумарна потужність сонячних електростанцій становить близько 500 ГВт, про прогнозами фахівців вже до 2025 року вона перевищить позначку в 1 ТВт;
- сонячні колектори — це пристрої, що дозволяють перетворювати сонячну енергію в теплову енергію. Найпростіший сонячний колектор — це літній душ, ємність з водою якого пофарбована в чорний колір для ефективного поглинання сонячних променів. Сучасні сонячні колектори можуть бути вакуумними та плоскими і дозволяють забезпечувати будинок гарячою водою та частково опаленням. Сумарна потужність сонячних колекторів у світі становить понад 300 ГВт.

5. Матеріали та ресурси.

Цей рівень — це прийняття стратегій для вдосконалення та переробки матеріалів, а також впровадження екологічних практик закупівель, а саме:

- розкриття інформації та оптимізація продукту: представлено гнучкістю екологічних даних продукту з використанням екологічних матеріалів, які відповідають світовим стандартам, визначення джерел сировини (біоматеріали, вироби з деревини, перероблений вміст, місцеві джерела), низькі викиди летких органічних речовин,

визначення їх ризиків шляхом прийняття програм охорони здоров'я та безпеки [6; 8];

- планування управління відходами будівництва, експлуатації та знесення;
- створення майданчиків для зберігання та збору вторсировини;
- зелені закупівлі: екологічно вигідна політика закупівель (EPP) для продуктів під час регулярних операцій будівлі, придбання пристроїв відповідно до сертифікатів Energy Star / енергоефективності, використання екологічно чистих засобів для чищення, перегляд закупівель хімічних речовин і визначення можливостей зниження токсичності або придбання інших матеріалів, розробка та впровадження специфікацій на паливо та обладнання для зменшення викидів тощо [1; 9].

6. Якість внутрішнього середовища.

Цей рівень представлений на основі прийняття міркувань якості повітря, освітлення, теплового комфорту та звукових характеристик:

- якість повітря всередині приміщень: використання установок для обробки повітря в будівлі пасажирського терміналу, встановлення установок обробки повітря для відтоку повітря, проектування приміщень для вентиляції, термічного поділу зон на багаторазове охолодження та запобігання паління всередині будівлі, за винятком місць, призначених для паління, а також сприяння стратегіям якості повітря в приміщеннях шляхом впровадження систем входу для очищення від бруду та твердих часток, розміщення фільтрів у системах вентиляції, впровадження системи для генерації сигналу високого рівня CO₂, використання автоматичної сигналізації, пристроїв для мінімального відкриття, а також зменшення летких органічних сполук (ЛОС), що впливають на дихання людини, тощо [1; 8];
- внутрішнє освітлення: забезпечення високоякісних джерел освітлення з терміном служби не менше 24 000 годин [7];
- управління тепловим комфортом: впровадження систем постійного відстеження температури, випромінювання,

- вологості та швидкості повітря, постійний моніторинг, періодичне тестування та обслуговування [10];
- акустичні характеристики: зниження внутрішнього шуму за допомогою ефективного звукового дизайну, зниження зовнішнього шуму за допомогою матеріалів, оздоблення та застосування кутових зовнішніх стін для зменшення шуму;
 - зелене прибирання: представлене політикою управління з точки зору стандартних операційних процедур для очищення, технічного обслуговування, з управлінням і постійним контролем, захистом пасажирів, яким загрожує ризик під час прибирання, вибір відповідних матеріалів і дезінфікуючих засобів для використання, безпечне поводження та зберігання хімікатів для миття посуду, сприяння збереженню енергії, води та хімікатів під час прибирання, стратегії покращення та просування гігієни рук, а також продуктів і матеріалів з точки зору зменшення впливу засобів для чищення на навколишнє середовище, конвертованого паперу та мішків для сміття, а також інтегрованої боротьби з шкідниками з точки зору забезпечення інтегрованих груп боротьби зі шкідниками, безперервних інспекцій і нагляду, нехімічних заходів профілактики шкідників [9].

7. Інновації.

Це впровадження інноваційних стратегій у проектуванні та експлуатації терміналу, а також сертифікати екологічної оцінки:

- дизайн мультисенсорної станції візуально з точки зору мас, матеріалів і кольорів, акустично за допомогою звуків, запахів, за допомогою запахів і дотику, за допомогою мас і матеріалів;
- симуляція природи: імітація внутрішнього середовища через природні внутрішні сади, зелені стіни, вбудовування води у вигляді водоспадів, внутрішніх струмків, басейнів, відкритих просторів і представлення сонця тощо, а також імітація природи всередині зовнішнього середовища через ділянку та навколишнє середовище, особливості території, навколишні будівлі тощо [4];

- фізичний експресивний рівень: за рівнем вираження походження та рівнем вираження функції;
- впровадження інноваційних процедур, які сприяють отриманню визнаних сертифікатів екологічної оцінки (таких як LEED) тощо [6].

Пасажи́рський авіа́термінал є першою та останньою точкою прибуття та відбуття пасажира в країну, а отже, він повинен бути запроектований таким чином, щоб відображати прогрес національної та регіональної авіації, а також прогрес і розвиток країни та культурне багатство [11].

8. Досягнення задоволеності пасажирів.

При проектуванні пасажирських терміналів архітектори та інженери прагнуть досягти соціального виміру стійкості шляхом досягнення загального задоволення пасажирів дизайном, прийнятим у терміналі, що забезпечує відмінний досвід відповідно до вимог епохи, а також досягнення рівня комфорту та швидкості надання послуг:

- повага до місцевого контексту: важливо розробити місцеву структуру, яка відображатиме культуру та середовище країни, щоб підвищити її привабливість і просторовий сенс, з характерним місцевим контекстом адаптованим до навколишнього середовища, відповідно до клімату, рослинності та виду навколишніх будівель у регіоні, місцева культура та суспільні цінності або наявність місцевої спадщини цивільної авіації можуть зробити її інтегрованою структурою з навколишнім середовищем, дослідження [4] також наголошує на підвищенні якості та стійкості за допомогою використання місцевого географічного та культурного середовища;
- забезпечення привабливості: важливо забезпечити привабливість відкриттям назовні, видом на літак, висотою просторів, різноманітністю функцій і просторів [11]. На основі цього маніпулюють масштабом, сприяють різноманітності та балансу, а також приймають ритм і повторення;
- сприяння мистецтву: з точки зору прийняття мистецтва фресок і скульптур, що відображають місцеву чи глобальну

оригінальність загалом і навіть тих, що пов'язані з авіацією зокрема [12], у різних частинах терміналу (горизонтальні та вертикальні поверхні), а також проведення художніх виставок (постійних та тимчасових);

- покращення досвіду мандрівників: багато туристичних терміналів прагнуть зламати традиційні стереотипи шляхом проведення заходів, які покращують досвід мандрівників, таких як розваги та культурні виступи, на додаток до рекламних акцій тощо;
- інтерактивна соціальна комунікація: сучасні пасажирські авіатермінали сьогодні використовують найновіші інтерактивні технології в їх різноманітних функціях;
- досягнення комфорту у швидкості надання послуг [10].

9. Обізнаність і освіта.

Підкреслюється важливість активації програм навчання та підвищення кваліфікації для працівників для розвитку можливостей інженерів, які працюють у секторі цивільної авіації, щодо проектування стійких аеропортів та вкорінення культури сталого дизайну, покращуючи контекст взаємодії між державними службовцями, власниками магазинів, власниками акцій аеропорту, авіакомпаній і мандрівників, а також забезпечити поширення обізнаності та освіти різними засобами та створення фондів і семінарів, сприяючи громадському здоров'ю, добробуту та командній роботі серед працівників [12].

Соціальний вимір є важливим фактором у проектуванні багатьох пасажирських терміналів у світових аеропортах. Термінал Сінгапурського аеропорту Чангі, наприклад, подбав про соціальний дизайн, забезпечуючи привабливість, поєднуючи численні функції та вбудовуючи природні багатства, а також покращуючи досвід мандрівників шляхом проведення різноманітних свят і вистав, а також для досягнення соціального спілкування між мандрівниками через прозорі стіни та різноманітні інтерактивні послуги. Термінал забезпечив зручності для мандрівників і скоротив час за допомогою інтелектуальних систем самообслуговування, а також сприяв мистецтву та промисловому виробництву, щоб зменшити час очікування мандрівників [13].

Аеропорт Сеул Інчхон, розроблений для задоволення соціальних вимог, має привабливу водну стихію в пасажирському терміналі, забезпечує сприяння стародавньому мистецтву для документування історії країни, покращення досвіду мандрівників за допомогою різних музеїв та виставок, а також безкоштовними транзитними турами та соціальними мережами шляхом включення роботів та інтерактивних екранів. Термінал відображає місцевий контекст і культуру та додає просторове відчуття країни, забезпечуючи зручність і час для мандрівників, які використовують різні розумні системи самообслуговування [14].

Термінал аеропорту Баку в Азербайджані характеризується інноваціями в дизайні внутрішніх приміщень у природний експериментальний спосіб, який відображає гостинність країни та дає можливість зустрічатися та спілкуватися між мандрівниками, одночасно досягаючи соціального виміру, надаючи привабливість і пошук балансу між блоками та декораціями, плануванням тіні та світла, водночас інтегруючи величезний масштаб та людський масштаб у внутрішній простір, щоб підсилити відчуття інтимності та аналогії терміналу з селом, а також використання природних матеріалів таких як дерево, камінь і текстиль [15].

Дизайн терміналу аеропорту Доха Хамад відображає культурну спадщину та природне середовище країни та підкреслює місцевий імідж як ворота в країну у світі. Мистецтво в терміналі було масштабно представлено, а громадська культура країни була покращена з точки зору підтримки роботи місцевих художників, документування величезних фресок, просування скульптур та об'єктів, проведення тимчасових і постійних виставок, а також інтелектуальних та інтерактивних електронних систем [16].

Термінал Токійського аеропорту Ханеда характеризується інноваційним мультисенсорним дизайном, що створює перше враження про країну, надаючи послуги для зручності мандрівників, використовуючи різні механічні засоби для скорочення відстані, багатомовність, а також обслуговування людей з обмеженими можливостями, людей похилого віку та немовлят [17].

Пасажирський термінал повинен мати економічну стійкість. Його економічна привабливість полягає в тому, що він забезпечує доступ, швидкість і гнучкість до глобального експортного ланцюга, з'єднуючи підприємства з клієнтами та партнерів для надання послуг, які задовольняють потреби мільйонів авіапасажирів, туристів і відвідувачів, таким чином сприяючи розвитку робочого місця, шопінгу, туризму, торгівлі [18].

Спектр неавіаційних видів діяльності, таких як логістичні послуги, торговельні кіоски, промисловість, дослідження та розробки, готелі, розваги, офіси, виставкові центри та інші послуги всередині та навіть навколишні території терміналу, такі як паркування та зони багаторазового використання, є економічно вигідними, оскільки вони надають багато можливостей для роботи, з одного боку, і як фінансові ресурси, з іншого [18; 19].

Наприклад, термінал амстердамського аеропорту Схіпхол досяг високих економічних доходів завдяки атракціонам для своїх мандрівників, включаючи музеї, бібліотеки, фітнес-зали, місця відпочинку [20], термінал аеропорту Дубай також досяг різних економічних доходів від довгострокових угод, послуг ресторанів, магазинів, різноманітних брендів, ресурсів для оренди приміщень станцій та реклами, а також плата за паркування та транспорт [21].

Експлуатація та управління різноманітною діяльністю аеропорту, загалом, і пасажирського терміналу, зокрема, сприяють підтримці доходу та місцевого виробництва. Економічна діяльність, створена працівниками компаній, прямо чи опосередковано пов'язаних з аеропортом, дохід яких витрачається на національну економіку, наприклад, працівник авіакомпанії може витратити свій дохід на продуктивні магазини, ресторани, догляд за дітьми, стоматологічні послуги, ремонт будинків і інші матеріали, які, у свою чергу, створюють роботу в широкому діапазоні секторів загальної економіки [18].

Багато терміналів прагнуть надати численні економічні концесії. Наприклад, сингапурський термінал Чангі отримав вигоду від збільшення кількості рейсів на високому рівні, щоб збільшити дохід авіакомпанії. Термінал аеропорту Гонконгу розширив зону

радіоінтерфейсу, щоб збільшити дохід від плати за паркування літаків [22]. Термінал аеропорту Франкфурта отримав економічну вигоду від накладення зборів і податків на авіакомпанії через шкідливі викиди в навколишнє середовище та авіаційний шум [23]. Термінал аеропорту Дубай інвестував у концесії, наземне управління та економію палива, щоб покращити свої економічні аспекти [21].

Будівельний сектор починає усвідомлювати, що стійкість є ключовим фактором, і приємно повідомити, що технології відіграють важливу роль у сприянні досягненню деяких Цілей сталого розвитку (ЦСР).

Дехто може стверджувати, що інформаційне моделювання будівель (ВІМ) може допомогти досягти всіх ЦСР одним способом, формою. Зосередження на термінових цілях, на які ми можемо вплинути сьогодні, завтра, у 2030 році — і далі.

ЦСР 3: SGD 3 спрямований на сприяння здоровому способу життя та сприяння благополуччю людей будь-якого віку. Хоча ми не можемо досягти всіх цільових показників у ЦСР 3, ми можемо вирішити цільову задачу 3.9: «До 2030 року суттєво зменшити кількість смертей і захворювань, спричинених небезпечними хімічними речовинами, а також забрудненням і зараженням повітря, води та ґрунту (ООН)».

Комфортність будівлі тісно пов'язана з якістю повітря в приміщенні. Забруднювачі в приміщенні, які часто називають леткими органічними сполуками (ЛОС), можуть завдати шкоди здоров'ю. Створення інтегрованого робочого процесу через ВІМ дає змогу перевіряти та контролювати викиди ЛОС із будівельних матеріалів. Це важливо, оскільки краща якість повітря та циркуляція всередині будівель знижують ризик розвитку легеневих і респіраторних захворювань у користувачів.

Всесвітня рада екологічного будівництва, глобальний керівний орган сертифікації LEED, також робить висновок, що екологічні будівлі покращують здоров'я та добробут, забезпечуючи екологічні зручності та зменшуючи вплив екологічних небезпек.

ЦСР 6: Забруднення, високий попит і скорочення запасів загрожують наявності та доступності води у світі. За даними Організації

Об'єднаних Націй, 33 % населення планети не мають доступу до безпечної питної води. Проблема поглиблюється, враховуючи, що 80 % стічних вод скидається в річки або моря без будь-якого видалення забруднення (ВОДА ООН).

Політичний тиск, зростаючий ринковий попит на екологічно чисті будівлі та ставлення промисловості спонукають до нового погляду на використання води в будівельній галузі. Але яку роль може зіграти BIM? BIM можна застосувати для оптимізації ефективності використання води за допомогою проектування на основі даних і прийняття операційних рішень.

На етапі проектування та будівництва BIM може підвищити ефективність використання води шляхом аналізу характеристик будівлі та вибору найкраще підходящих компонентів. Це може бути що завгодно: від ізоляції водопровідних труб, яку можна використовувати для мінімізації витоків, до використання водоефективних кранів, душів і туалетів. Крім того, BIM дає змогу проектним групам зменшити кількість відходів, а командам з руйнування — інформацію, необхідну для належної утилізації матеріалів.

ЦСР 8: Ціль 8 спрямована на сприяння стійкому, інклюзивному та сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній роботі для всіх. Завдання 8.2 спрямована на досягнення економічної продуктивності шляхом, серед іншого, технологічної модернізації та інновацій у трудомістких секторах.

Організація Об'єднаних Націй прогнозує 230 мільярдів квадратних метрів нового будівництва до 2060 року. Цей сплеск попиту створює робочі місця, але галузь має нарощувати продуктивність.

Будівельне інформаційне моделювання може вражати продуктивністю. В першу чергу BIM реалізує цю перевагу через свою здатність сприяти комунікації та координації, виявляти помилки та зменшувати витрати. Показовий приклад: мандат Малайзії на BIM призвів до збільшення продуктивності на 60 % за 5 років.

BIM також може відповідати Цілі 8.8. Дані, згенеровані моделлю, збираються в спільне середовище даних, що покращує координацію на місці та сприяє безпечному робочому середовищу.

ЦСР 9: Дев'ята ціль сталого розвитку стосується створення стійкої інфраструктури, сприяння інклюзивній та сталій індустріалізації та заохочення інновацій. Промисловість, зокрема глобальне виробництво, діє як каталізатор глобального порядку денного розвитку, спрямованого на викорінення бідності та сприяння сталому розвитку.

Ключову роль у досягненні мети відіграє інфраструктура. Однак у звіті New Climate Economy зазначено, що в наступне десятиліття або близько того в інфраструктурний сектор необхідно інвестувати 90 трильйонів доларів, щоб досягти процвітаючого майбутнього з нульовими викидами.

Ключ — в обміні інформацією. ВІМ полегшує обробку та переклад великої кількості будівельних даних для проєктних груп. Зацікавлені сторони можуть отримати доступ до інформації про проєкт через загальне середовище даних, що, у свою чергу, усуває роз'єднаності, покращує співпрацю та забезпечує ефективне проєктування, будівництво та управління життєвим циклом активів.

Ще один важливий аспект — економія. Детальні розрахунки та тривимірні візуалізації, що створює ВІМ, спрощують та знижують вартість для команд планування структур, що залишатимуться безпечними та експлуатаційними впродовж багатьох років. Крім того, у модель можна внести правки, перш ніж витратити один євро, долар, фунт або гривню на будівництво, залишаючи більше можливостей для інвестування в інші критично важливі інфраструктурні проєкти, що покращують сталий розвиток у світі.

ЦСР 11: ООН заявляє, що до 2030 року близько 60 % населення світу житимуть у містах. Хоча міста є економічно гарячими точками, вони також спричиняють 70 % усіх викидів вуглецю. А перенаселені міста створюють величезний тиск на інфраструктуру та послуги.

ВІМ отримує максимальну віддачу від обмежених коштів. Згідно з інформаційним моделюванням будівель ECSO у будівельному секторі ЄС, повномасштабна цифровізація в нежитловому будівництві призведе до щорічної економії витрат на 13–21 % на етапах

проектування та будівництва та 10–17 % на етапі експлуатації — гроші, які можна вкласти в лікарні, школи, соціальне житло, утилізацію відходів, водопостачання, електроенергію, зелені зони, інфраструктуру.

Крім того, BIM у формі технології цифрових близнюків також може допомогти в плануванні міст та управлінні ризиками від стихійних лих.

ЦСР 11: Якщо до 2050 року населення світу досягне 9,6 мільярдів, нам знадобляться три планети, щоб забезпечити достатньо природних ресурсів для підтримки нинішнього способу життя (за даними ООН). ЦСР 12 має на меті змінити цей жахливий прогноз, забезпечивши ефективне використання природних ресурсів, покращивши енергоефективність, стійку інфраструктуру та надати доступ до базових послуг, екологічних робочих місць, а також забезпечити кращу якість життя для всіх землян.

Будівельна індустрія не зовсім застосовує практику «робити більше з меншими витратами». Однак попит на енергоефективні екологічні будівлі та ширше впровадження BIM можуть дати потрібний поштовх:

- Завдання 12.2 стосується сталого управління та ефективного використання природних ресурсів. BIM-модель дає проектним командам можливість проводити моделювання витрат енергії впродовж всього життєвого циклу будівлі пасажирського авіатерміналу та перевіряти стійкість і довговічність, перш ніж їх побудувати. Включення систем енергоменеджменту також може забезпечити економію енергії на 20–30 %.
- Завдання 12.5 стосується зменшення відходів. BIM зупиняє нескінченні поїздки на сміттєзвалище, дозволяючи проектним командам прогнозувати обсяги та запобігати зіткненням ще до того, як будівля пасажирського авіатерміналу буде побудована. Крім того, об'єкти BIM містять інформацію про склад будівельних матеріалів, а також про потенційну переробку та повторне використання.

Цифрова модель будівлі містить не лише геометричні дані, але й усі енергетичні дані та інформацію, як тип ізоляції, непрозорі

огорожувальні конструкції, засклені конструкції, джерела енергії, кліматичні дані, аспекти опалення, охолодження та вентиляції.

У цьому випадку інженери можуть працювати з реальною енергетичною моделлю будівлі, яка дозволяє використовувати весь потенціал BIM.

Завдяки енергетичній моделі проєктувальник зможе провести необхідний аналіз на різних етапах проєктування та передбачити, якими будуть реальні характеристики будівлі після того, як вона буде побудована. Таким чином будуть визначені оптимальні конструктивні рішення.

BEM, надає переваги застосування в галузі теплотехніки та енергоефективності, приймаючи як вхідні дані опис будівлі, включаючи геометрію, будівельні матеріали та освітлення, систему опалення, вентиляції, кондиціонування, охолодження, нагріву води та конфігурації систем відновлюваної генерації, ефективність компонентів та стратегії контролю.

Така модель вимагає розробки інноваційних сценаріїв з точки зору:

- дизайн;
- будівля;
- контроль;
- управління;
- обслуговування.

Для успішного проведення енергетичної оцінки модель будівлі пасажирського авіатерміналу повинна містити принаймні конструкції, що складають будівлю, і віконні отвори, а також основні внутрішні конструкції, що утворюють основну теплоізолюючу масу.

Більш того, зони в програмі Archicad повинні бути розміщені в кожному просторі, що кондиціонується, так як аналіз геометрії моделі ґрунтується на зонах Archicad.

Перегляд енергетичної моделі діє лише для видимих елементів, тому необхідно налаштувати відповідним чином модельний вигляд Archicad для енергетичної моделі.

Усі простори в енергетичній моделі будівлі (BEM) визначаються 3D-зонами. Термоблоки є наборами з одного або декількох

приміщень або просторів будівлі, що мають однакову орієнтацію, профіль експлуатації (функціональне призначення) та внутрішній температурний режим. Зони, що становлять один термоблок, не обов'язково повинні бути суміжними між собою.

Після визначення термоблоків, будівельна інформаційна модель перетворюється на енергетичну модель будівлі (ВЕМ) за допомогою функції автоматичного аналізу геометрії моделі та властивостей матеріалів. Цей аналіз виконує наступне:

- аналіз видимих конструкцій та прорізів (двері та вікна) з урахуванням їхньої орієнтації та розташування щодо зон, а також створення їх просторових кордонів. Просторові межі описують геометрію будівлі у форматі, який необхідний для енергетичної імітації;
- створює список просторових меж. У цьому списку є конструкції та отвори разом з їх реквізитами, які є суттєвими для енергетичної імітації. Більшість просторових кордонів витягується з архітектурної моделі за допомогою автоматичного аналізу геометрії моделі та властивостей матеріалів. Керування параметрами просторових кордонів дозволяє користувачеві робити точне налаштування даних та додавати інформацію, яка не може бути отримана з архітектурної моделі будівлі пасажирського авіатерміналу;
- встановлення властивостей конструкцій: калькулятор U-значень або заміну U-значень ($U=1/R$), а також параметри інфільтрації (повітропроникності) та покриття поверхонь для визначення фізичних характеристик непрозорих просторових меж, наведених у списку конструкцій;
- встановлення властивостей отворів: дані про скління та палітурки отворів;
- параметри довкілля: розташування проекту, кліматичні дані, захист від вітру. Також можна встановити рівень ґрунту, тип ґрунту та характеристику навколишнього середовища;
- профіль експлуатації: функціональне призначення будівлі для встановлення відповідних параметрів температурного режиму та теплонаходжень;

- системи будівлі: інженерні систем будівлі (опалення, охолодження, вентиляції та теплопостачання), необхідні для розрахунку енергоспоживання.

Вбудований в Archicad сертифікований механізм VIP-Core виконує динамічну енергетичну імітацію, внаслідок якої обчислюється погодинний енергетичний баланс та виводиться звіт енергетичної оцінки будівлі пасажирського авіаерміналу. У звіті міститься інформація про енергоефективність запроєктованих конструкцій, річне енергоспоживання, баланс енергії та викиди CO₂.

Висновки. 1. Стратегія сталого розвитку виступає не тільки інструментом обґрунтування, розробки та реалізації екологічного будівництва пасажирських авіаерміналів, але одночасно як засіб формування зеленої транспортної інфраструктури та рушійна сила екологічного будівництва у світі.

2. Сучасний пасажирський термінал повинен задовольняти потреби населення України та інших країн світу в авіаційних послугах, а також ефективно експлуатувати та розширювати виробничі потужності відповідно до потреб авіаційного ринку та цілей сталого розвитку.

3. Розвиток міжнародного аеропорту — це процес збільшення пропускної спроможності пасажирського терміналу, перш за все, що спрямовано на забезпечення відповідності обсягам транспортних і комерційних послуг, чинним нормативним вимогам, міжнародним стандартам та цілям сталого розвитку.

4. Будь-яке проєктування або реконструкція пасажирських авіаерміналів має здійснюватися відповідно до екологічних, соціальних та економічних аспектів стійких пасажирських терміналів.

5. Розробка управлінських та організаційних планів і стратегій повинна відбуватися на основі принципів стійкості, визначення пріоритетів, механізмів і необхідних періодів, а також операційних процедур до створення сталого пасажирського терміналу.

6. Проєктування, будівництво та експлуатація пасажирських авіаерміналів повинні відбуватися відповідно до проектних вимірів стійких авіаерміналів, необхідно впроваджувати різноманітні сучасні технологічні розробки, такі як, інтелектуальні

системи, ВІМ-технології, екологічні та відновлювальні будівельні матеріали, альтернативні джерела енергії, тощо, для того, щоб сприяти сталому розвитку та поширювати обізнаність і освіту серед нинішніх і майбутніх поколінь.

7. Виникає необхідність перегляду поточних затверджених проектів експлуатації та технічного обслуговування, а також нового будівництва в аеропортах та їх коригування відповідно до екологічних, соціальних та економічних аспектів сталого розвитку, щоб відповідати вимогам епохи.

8. Фундаменти та несучі конструкції пасажирського авіатерміналу повинні проектуватися, зводитися та експлуатуватися з урахуванням стратегії сталого розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. James Wilding. (2010). Airport Passenger Terminal Planning and Design [online]. Report No. 25, ACRP, Washington, USA. Available from Internet: https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_025v1.pdf
2. LEED v4.1. Building design and construction [online]. U.S. Green Building Council, 2019. Available from Internet: https://dcqpo543i2ro6.cloudfront.net/sites/default/files/file_downloads/LEED_v4.1_BD_C_Beta_Guide_1_22_19___with_requirements_final.pdf
3. Advisory Circular 150/5360-13A. Airport Terminal Planning [online], US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2018. USA. Standard. Available from Internet: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC-150-5360-13A-Airport-Terminal-Planning.pdf
4. Babu Annie Diana 2008 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture (Dublin, 22–24 October). A Low Energy Passenger Terminal Building for Ahmedabad Airport, India: Building Envelope as an Environment Regulator 2–7.
5. Conci, Mira. (2014). A Zero Energy terminal building for Amsterdam Airport Schiphol [online]. Urbanism and Building Sciences, P. 20–63. Available from Internet: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:9de65cc9-cf4a-44cc-9ec3-db8a9f95d74f>
6. Waheeb Sahel Abdullah Saadeddine. (2017). The possibility of benefiting from the concepts of sustainability in the future of airport design in Saudi Arabia Journal of Umm Al-Qura University for Engineering, Architecture and Computer 7, 12–14.

7. Dulmski, Wojciech. (2015). Sustainable Airport Passenger Terminal Design, the Review of Selected Examples technical transactions 4-B, 95–97. URL: <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.15.408.5039>
8. LEED v4.1. Interior design and construction [online]. U.S. Green Building Council, 2019. Available from Internet: https://dcqpo543i2ro6.cloudfront.net/sites/default/files/file_downloads/LEED_v4.1_IDC_Credits.pdf
9. LEED v4.1. Operations and maintenance [online]. U.S. Green Building Council, 2019. Available from Internet: https://wapsustainability.com/wp-content/uploads/2020/11/LEED_v4.1_O_M_Guide.pdf
10. Zhe Wang, Haitian Zhao, Borong Lin, Yingxin Zhu, Qin Ouyang, Juan Yu. (2015). Investigation of indoor environment quality of Chinese large-hub airport terminal buildings through longitudinal field measurement and subjective survey, *Building and Environment*. Volume 94, Part 2. P. 593–605. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.10.014>
11. Edwards, B. (2005). *The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture* (2nd ed.). Taylor & Francis. URL: <https://doi.org/10.4324/9780203646878>
12. Harrison, Anna, Popovic, Vesna, Kraal, Ben, & Kleinschmidt, Tristan. (2012). Challenges in passenger terminal design: A conceptual model of passenger experience [online]. In Durling D., Israsena P., & Tangsantikul J. (Eds.) *DRS 2012 Bangkok — Research: Uncertainty, Contradiction and Value*. Department of Industrial Design, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand, 1–12. Available from Internet: <https://dl.designresearchsociety.org/cgi/viewcontent.cgi?article=2412&context=drs-conference-papers>
13. Changi Airport Group. (2018). *Taking Flight The Changi Airport Terminal 4 Story* [online]. Singapore, 68–72. Available from Internet: <https://gallery.changiairport.com/content/dam/cacorp/publications/T4%20CommemorativeBook.pdf>
14. Incheon International airport Report (2018) “smart, art & green airport” [online], 27–30. Available from Internet: https://www.airport.kr/co_file/en/file01/2018_brochure_en.pdf
15. Heydar Aliyev International Airport Baku / Autoban [online]. Available from Internet: <https://www.archdaily.com/532770/heydar-aliyev-international-airport-baku-autoban>
16. Hamad International Airport Named World’s Best Airport for 2021 [online]. Available from Internet: <https://www.hok.com/news/2021-08/hamad-international-airport-named-worlds-best-airport-for-2021/>
17. Energy conservation and CO2 reduction of Haneda Airport International Passenger Terminal [online]. Available from Internet: <https://www.tiat.co.jp/en/environment/eco.html>

18. Guidelines for Decision Makers. (2018). Sustainable Airport Areas [online]. Paris Region Urban Planning and Development Agency Available from Internet: https://www.metropolis.org/sites/default/files/resources/2018.03_Sustainable_Airport_Areas_Guidelines_for_decision_makers_0.pdf
19. Kalinke, Lydia. (2013). Innovations in Sustainable Airport Planning Efforts. A Case Study for Hartsfield-Jackson International Airport [online]. School of City and Regional Planning, Georgia Institute of Technology. P. 26. Available from Internet: https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/48763/LydiaKalinke_A%20Case%20Study%20for%20Hartsfield-Jackson%20Intl%20Airport.pdf?sequence=1&isAllowed=y
20. Amsterdam Airport Schiphol Terminal [online]. Available from Internet: <https://archello.com/project/amsterdam-airport-schiphol-terminal>
21. The Yearbook. (2012). Dubai Airports [online]. Available from Internet: <https://www.dubaiairports.ae/docs/default-source/Publications/dubai-airports-yearbook-2012.pdf>
22. HKIA, Hong Kong International Airport, Building Journal, Hong Kong, 2011, August. Available from Internet: http://www.building.hk/feature/2011_0922airport2.pdf
23. Fraport AG. (2021). Visual Fact Book, Frankfurt Airport [online]. Germany. Available from Internet: https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/investoren/termine-und-publikationen/visual-fact-book/2020_FY_Visual_Fact_Book.pdf/_jcr_content/renditions/original/2020_FY_Visual_Fact_Book.pdf

REFERENCES

1. James Wilding. (2010). Airport Passenger Terminal Planning and Design [online]. Report No. 25, ACRP, Washington, USA. Available from Internet: https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_025v1.pdf
2. LEED v4.1. Building design and construction [online]. U. S. Green Building Council, 2019. Available from Internet: https://dcqpo543i2ro6.cloudfront.net/sites/default/files/file_downloads/LEED_v4.1_BD_C_Beta_Guide_1_22_19__with_requirements_final.pdf
3. Advisory Circular 150/5360-13A. Airport Terminal Planning [online], US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2018. USA. Standard. Available from Internet: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC-150-5360-13A-Airport-Terminal-Planning.pdf
4. Babu Annie Diana 2008 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture (Dublin, 22–24 October). A Low Energy Passenger

- Terminal Building for Ahmedabad Airport, India: 'Building Envelope as an Environment Regulator 2–7.
5. Conci, Mira. (2014). A Zero Energy terminal building for Amsterdam Airport Schiphol [online]. *Urbanism and Building Sciences*, 20–63. Available from Internet: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:9de65cc9-cf4a-44cc-9ec3-db8a9f95d74f>
 6. Waheeb Sahel Abdullah Saadeddine. (2017). The possibility of benefiting from the concepts of sustainability in the future of airport design in Saudi Arabia *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering, Architecture and Computer* 7, 12–14.
 7. Dulmski, Wojciech. (2015). Sustainable Airport Passenger Terminal Design, the Review of Selected Examples *technical transactions* 4-B, 95–97. URL: <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.15.408.5039>
 8. LEED v4.1. Interior design and construction [online]. U. S. Green Building Council, 2019. Available from Internet: https://dcqpo543i2ro6.cloudfront.net/sites/default/files/file_downloads/LEED_v4.1_IDC_Credits.pdf
 9. LEED v4.1. Operations and maintenance [online]. U. S. Green Building Council, 2019. Available from Internet: https://wapsustainability.com/wp-content/uploads/2020/11/LEED_v4.1_O_M_Guide.pdf
 10. Zhe Wang, Haitian Zhao, Borong Lin, Yingxin Zhu, Qin Ouyang, Juan Yu. (2015). Investigation of indoor environment quality of Chinese large-hub airport terminal buildings through longitudinal field measurement and subjective survey, *Building and Environment*. Volume 94, Part 2. P. 593–605. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.10.014>
 11. Edwards, B. (2005). *The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture* (2nd ed.). Taylor & Francis. URL: <https://doi.org/10.4324/9780203646878>
 12. Harrison, Anna, Popovic, Vesna, Kraal, Ben, & Kleinschmidt, Tristan. (2012). Challenges in passenger terminal design: A conceptual model of passenger experience [online]. In Durling D., Israsena P., & Tangsantikul J. (Eds.) *DRS 2012 Bangkok — Research: Uncertainty, Contradiction and Value*. Department of Industrial Design, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand, 1–12. Available from Internet: <https://dl.designresearchsociety.org/cgi/viewcontent.cgi?article=2412&context=drs-conference-papers>
 13. Changi Airport Group. (2018). *Taking Flight The Changi Airport Terminal 4 Story* [online]. Singapore, 68–72. Available from Internet: <https://gallery.changiairport.com/content/dam/cacorp/publications/T4%20CommemorativeBook.pdf>

14. Incheon International airport Report. (2018) “smart, art & green airport” [online], 27–30. Available from Internet: https://www.airport.kr/co_file/en/file01/2018_brochure_en.pdf
15. Heydar Aliyev International Airport Baku / Autoban [online]. Available from Internet: <https://www.archdaily.com/532770/heydar-aliyev-international-airport-baku-autoban>
16. Hamad International Airport Named World’s Best Airport for 2021 [online]. Available from Internet: <https://www.hok.com/news/2021-08/hamad-international-airport-named-worlds-best-airport-for-2021/>
17. Energy conservation and CO2 reduction of Haneda Airport International Passenger Terminal [online]. Available from Internet: <https://www.tiat.co.jp/en/environment/eco.html>
18. Guidelines for Decision Makers. (2018). Sustainable Airport Areas [online]. Paris Region Urban Planning and Development Agency. Available from Internet: https://www.metropolis.org/sites/default/files/resources/2018.03_Sustainable_Airport_Areas_Guidelines_for_decision_makers_0.pdf
19. Kalinke, Lydia. (2013). Innovations in Sustainable Airport Planning Efforts. A Case Study for Hartsfield-Jackson International Airport [online]. School of City and Regional Planning, Georgia Institute of Technology. P. 26. Available from Internet: https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/48763/LydiaKalinke_A%20Case%20Study%20for%20Hartsfield-Jackson%20Intl%20Airport.pdf?sequence=1&isAllowed=y
20. Amsterdam Airport Schiphol Terminal [online]. Available from Internet: <https://archello.com/project/amsterdam-airport-schiphol-terminal>
21. The Yearbook. (2012). Dubai Airports [online]. Available from Internet: <https://www.dubaiairports.ae/docs/default-source/Publications/dubai-airports-yearbook-2012.pdf>
22. HKIA, Hong Kong International Airport, Building Journal, Hong Kong, 2011, August. Available from Internet: http://www.building.hk/feature/2011_0922airport2.pdf
23. Fraport AG. (2021). Visual Fact Book, Frankfurt Airport [online]. Germany. Available from Internet: https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/investoren/termine-und-publikationen/visual-fact-book/2020_FY_Visual_Fact_Book.pdf/_jcr_content/renditions/original./2020_FY_Visual_Fact_Book.pdf