

УДК 725.39

DOI <https://doi.org/10.32782/apcmj.2023.2.6>**Родченко Олександр Васильович,**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних
технологій будівництва та реконструкції аеропортів
факультету архітектури, будівництва та дизайну,
Національний авіаційний університет,
просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7703-4936>
E-mail: oleksandr.rodchenko@npp.nau.edu.ua

Єрмак Олексій Тимофійович,

магістрант кафедри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції аеропортів,
Національний авіаційний університет,
просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна
E-mail: 5307273@stud.nau.edu.ua

ПРОЄКТУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО АВІАТЕРМІНАЛА В РАМКАХ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Анотація. Будівництво нових пасажирських авіатерміналів, реконструкція або розширення вже наявних мають відбуватися зі зменшенням впливу на навколишнє середовище, з урахуванням стратегії сталого розвитку й екологічного, соціального й економічного аспектів, рекомендованих Глобальною системою сертифікації LEED.

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

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

Проекткування, будівництво й експлуатація пасажирських авіатерміналів повинні відбуватися відповідно до проектних вимірів стійких терміналів, необхідно впроваджувати сучасні технологічні розроблення, як-от 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, будівельне інформаційне моделювання BIM, будівельне енергетичне моделювання BEM.

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

Abstract. 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.

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

Вступ. 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 і глобальній економіках і забезпечують чіткі соціальні переваги. Будівництво нових пасажирських терміналів, реконструкція або розширення вже наявних мають відбуватися зі зменшенням екологічних витрат та впливу їхньої діяльності за допомогою врахування стратегії сталого розвитку та реалізації різних інженерних практик для створення збалансованого підходу, що забезпечує максимальне використання можливостей і потенціалу, а також екологічний, соціальний і економічний ефект.

Екологічні пасажирські термінали можна визначити як ті, у яких дотримуються принципи сталого розвитку, що застосовуються у проєктуванні нових і експлуатації й обслуговуванні наявних терміналів із їхніми різними внутрішніми та зовнішніми просторами в рамках підходу, який поєднує екологічні, соціальні й економічні аспекти. Екологічні аспекти стосуються обмеження забруднення, зменшення його впливу на глобальному рівні, упровадження системи оцінки навколишнього середовища, тоді як соціальні аспекти передбачають досягнення найвищого рівня задоволення пасажирів.

У 2015 р. Організація Об'єднаних Націй (далі – ООН) представила Порядок денний сталого розвитку на період до 2030 р., який базується на структурі 17 взаємопов'язаних цілей, відомих як Цілі сталого розвитку (далі – ЦСР). Цей проєкт визначає шлях до більш справедливого та сталого світу. Однак для досягнення цих цілей до 2030 р. потрібне стратегічне планування.

Результати. 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 глобального рівня бідності. Ця ціль ООН встановлює мету викоринення 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 велике 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, впливають на гендерну рівність, бідність та інші соціальні проблеми. Ця ЦСР стосується рівноправної освіти для дітей і дорослих.

5. Гендерна рівність.

Жінки стикаються з поширеною нерівністю, включаючи дискримінацію, насильство, дитячі шлюби, неоплачувану роботу та недостатнє представництво у процесі ухвалення рішень. Мається на меті вирівняти умови гри.

6. Чиста вода та санітарія.

У 2020 р. 2 мільярди людей не мали безпечної питної води, а 3,6 мільярди 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, водночас захищає пов'язані з водою екосистеми.

7. Доступна чиста енергія.

Понад 750 мільйонів людей не мають доступу до електроенергії. Ця мета зосеред-

жена на розширенні відновлюваної енергії та забезпеченні загального доступу до послуг.

8. Гідна праця й економічне зростання.

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

9. Промисловість, інновації й інфраструктура.

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

10. Зменшення нерівності.

Нерівність у доходах, інтеграції, законодавстві, міграції й 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 й 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 піддаються забрудненню пластиком, зазнають потепління, евтрофікації, підкислення, занепадає рибацтво. 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. Також на захист 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 не досить цілеспрямованим, щоб задовольнити громадян під час внесення істотних змін.

Відставання результатів традиційних методів дослідження, як-от опитування, може уповільнити процес. Сучасні рішення на основі штучного інтелекту пропонують швидший спосіб збору інформації, таким чином допомагають підтримувати швидкий темп, необхідний для досягнення Цілей розвитку ООН до 2030 р.

Вимоги та рекомендації до енергоефективного й екологічного будівництва були впроваджені Глобальною системою сертифікації LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – Супровід у сфері енергоефективного й 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 погляду розміщення станції поблизу автостоянок, зон прокату автомобілів і центру обслуговування, а також централізації розташування між злітно-посадковими смугами [1];

– охорона земель: з погляду вибору відповідних ділянок у межах біологічного розвитку, зменшення впливу ділянки на навколишнє середовище й екологічно чутливих земель з погляду уникнення великих сільськогоспо-

дарських угідь, заплав, 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), як-от 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 в розробці та реконструкції ділянки наявного аеропорту, як-от:

- 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 і збереження запасних зелених зон;

- зменшення теплового острова: зменшення надмірної забудови й обробки горизонтальних поверхонь шляхом покриття паркінгів рослинними стелями або системами виробництва сонячної енергії тощо;

- затінення деревами, рослинами й 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, раціоналізації її використання відповідно до такого:

- зменшення споживання води всередині приміщень: установлення чутливих установок (автоматичне вимірювання), постійне обслуговування та виявлення витоків, вико-

ристання ефективного обладнання та впровадження водозберезувальної системи поливу для внутрішніх садів,

- зменшення використання води у відкритому ґрунті: використання місцевих посухостійких рослин, запровадження водозберігаючої системи зрошення тощо;

- вимірювання води: вимірювання рівня споживання води шляхом установлення лічильників, використання вторинної води для баштохолоджувачів, зберігання та збору дощової води для непитних потреб тощо [3; 6].

4. Енерго- й атмосферозбереження.

Цей рівень представлений використанням обладнання в терміналі, що зменшує споживання енергії, може бути використано під час проектування нового терміналу або експлуатації та технічного обслуговування наявного, а також у дизайні інтер'єру. Ефективне управління навколишнім середовищем і впровадження відновлюваних джерел енергії реалізується відповідно до такого:

- мінімальна енергоефективність: завдяки покращенню енергоефективності шляхом упровадження теплоізоляції терміналу, розподілу та відбиття світла, а також використання енергозберігаючих конструкцій з погляду використання світлодіодних ламп, робочих датчиків через моніторинг CO₂, використання ефективних пристроїв і установок, системи керування освітленням і визначення правильних розмірів обладнання;

- розширений облік енергії: установлення лічильників для підтримки управління та визначення додаткових можливостей енергозбереження, а також плану використання енергії та майбутніх потреб [4; 5];

- ефективне управління: упорядкування послідовності в експлуатації будівлі, ухвалення графіків будівельних робіт, робочого графіка обладнання, чи то обладнання для кондиціонування повітря чи освітлення, з урахуванням мінімальних вимог до охолодження, коригування змін до графіків споживання для різних сезонів, днів тижня чи часу доби, використання систем опису механічного й електричного обладнання в будівництві, розроблення плану профілактичного обслуговування будівельного обладнання та

сприяння управлінню охолодженням повітря за допомогою природного або промислового охолодження, що зменшує руйнування озонного шару, а також управління основними енергетичними системами [3];

– виробництво відновлюваної енергії, як-от: сонячна енергія, енергія вітру, гідроенергія, геотермальної енергії, енергія біомаси тощо [7].

5. Матеріали та ресурси.

Цей рівень – це ухвалення стратегій для вдосконалення та перероблення матеріалів, а також упровадження екологічних практик закупівель, а саме:

– розкриття інформації й 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 їхніх ризиків шляхом ухвалення 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, розроблення та впровадження специфікацій на паливо й обладнання для зменшення викидів тощо [1; 9].

6. Якість внутрішнього середовища.

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

– якість повітря всередині приміщень: використання установок для обробки повітря в будівлі пасажирського термінала, установлення установок обробки повітря для відтоку повітря, проектування приміщень для вентиляції, термічного поділу зон на багаторазове охо-

дження та запобігання палінню всередині будівлі, за винятком місць, призначених для паління, а також сприяння стратегіям якості повітря у приміщеннях шляхом упровадження систем входу для очищення від бруду та твердих часток, розміщення фільтрів у системах вентиляції, упровадження системи для генерації сигналу високого рівня CO₂, використання автоматичної сигналізації, пристроїв для мінімального відкривання, а також зменшення летких органічних сполук (далі – 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: упровадження систем постійного відстеження температури, випромінювання, вологості та швидкості повітря, постійний моніторинг, періодичне тестування й 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 погляду 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 для зменшення впливу засобів для чищення на навколишнє середовище, конвертованого паперу та мішків для сміття, а також інтегрованої боротьби із шкідниками для забезпечення інтегрованих груп боротьби зі шкідниками, безперервних інспекцій і нагляду, нехімічних заходів профілактики появи шкідників [9].

7. Інновації.

Це впровадження інноваційних стратегій у проектуванні й експлуатації термінала, а також сертифікати екологічної оцінки:

- дизайн мультисенсорної станції візуально щодо мас, матеріалів і кольорів, акустично, за допомогою запахів, дотику;

- 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 і рівнем вираження функції;

- упровадження інноваційних процедур, які сприяють отриманню визнаних сертифікатів екологічної оцінки (як-от LEED) тощо [6].

Пасажирський авіатермінал є першою й останньою точкою прибуття пасажирів у країну та відбуття, а отже, він повинен бути спроектований таким чином, щоб відображати прогрес національної та регіональної авіації, а також прогрес і розвиток країни та культурне багатство [11].

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

Дехто може стверджувати, що інформаційне моделювання будівель (далі – ВІМ) може допомогти досягти всіх ЦСР одним способом, формою. Зосередження на термінових цілях, на які ми можемо вплинути нині, завтра, у 2030 р. 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 цільове завдання 3.9: «До 2030 р. 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 у приміщенні. Забруднювачі у приміщенні, які часто називають леткими

органічними сполуками (далі – 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.

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

ЦСР 6: забруднення, високий попит і скорочення запасів загрожують наявності та доступності води у світі. За даними ООН, 33% населення планети не мають доступу до безпечної питної води. Проблема поглиблюється, адже 80% стічних вод скидається в річки або моря без будь-якого видалення забруднення (ВОДА ООН).

Політичний тиск, зростання ринкового попиту на екологічно чисті будівлі та ставлення промисловості спонукають до нового погляду на використання води в будівельній галузі. Але яку роль може відіграти ВІМ? ВІМ можна застосувати для оптимізації ефективності використання води за допомогою проектування на основі даних і ухвалення операційних рішень.

На етапі проектування та будівництва ВІМ може підвищити ефективність використання води шляхом аналізу характеристик будівлі та вибору найкращих компонентів. Це може бути що завгодно: від ізоляції водопровідних труб, яку можна використовувати для мінімізації витоків, до використання водоефективних кранів, душів і туалетів. Окрім того, ВІМ дає змогу проектним групам зменшити кількість відходів, а командам із 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 спрямоване на досягнення економічної продуктивності, серед іншого, шляхом техно-

логічної модернізації й інновацій у трудомістких секторах.

ООН прогнозує 230 мільярдів квадратних метрів нового будівництва до 2060 р. Цей сплеск попиту створює робочі місця, але галузь має нарощувати продуктивність.

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

BIM також може відповідати Цілі 8.8. Дані, згенеровані моделлю, збираються у 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 і 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 Ecomy зазначено, що в наступне десятиліття в інфраструктурний сектор необхідно інвестувати 90 трильйонів доларів, щоб досягти процвітаючого майбутнього з нульовими викидами.

Ключ – в обміні інформацією. BIM 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 усуває роз'єднаність, покращує співпрацю та забезпечує ефективне проєктування, будівництво й управління життєвим циклом активів.

Ще один важливий аспект – економія. Детальні розрахунки та тривимірні візуалізації, що створює BIM, спрощують і знижують вартість для команд планування структур, що залишатимуться безпечними й експлуатаційними впродовж багатьох років. Окрім 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 р. приблизно 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.

BIM отримує максимальну віддачу від обмежених коштів. Згідно з інформаційним моделюванням будівель ECSO у будівельному секторі ЄС, повномасштабна цифровізація в нежитловому будівництві приведе до щорічної економії витрат на 13–21% на етапах проєктування та будівництва, на 10–17% на етапі експлуатації – гроші, які можна вкласти в лікарні, школи, соціальне житло, утилізацію відходів, водопостачання, електроенергію, зелені зони, інфраструктуру.

Окрім того, BIM у формі технології цифрових близнюків також може допомогти у плануванні міст і управлінні ризиками від стихійних лих.

ЦСР 11. Якщо до 2050 р. населення світу досягне 9,6 мільярдів, нам знадобляться три планети, щоб забезпечити досить 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 може дати потрібний поштовх:

– Завдання 12.2 стосується сталого управління й ефективного використання природних ресурсів. BIM-модель дає проєктним командам можливість проводити моделювання витрат енергії впродовж усього життєвого

циклу будівлі пасажирського авіатермінала 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, дозволяє проєктним командам прогнозувати обсяги та запобігати зіткненням ще до того, як будівля пасажирського авіатермінала буде побудована. Окрім 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 й інформацію, як-от 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.

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

Така модель потребує розроблення інноваційних сценаріїв щодо

- дизайну;
- будівлі;
- контролю;
- управління;
- обслуговування.

Для успішного проведення енергетичної оцінки модель будівлі пасажирського авіатермінала повинна містити принаймні конструк-

ції, що складають будівлю, і віконні отвори, а також основні внутрішні конструкції, що утворюють основну теплоакуючу масу.

Зони Archicad повинні бути розміщені в кожному просторі, що кондиціонується, бо 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 (ВЕМ) 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.

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

Аналіз видимих конструкцій і прорізів (двері та вікна) з урахуванням їхньої орієнтації та розташування щодо зон, а також створення їхніх просторових кордонів. Просторові межі описують геометрію будівлі у форматі, який необхідний для енергетичної імітації.

Створює список просторових меж. У цьому списку є конструкції й отвори разом з їхніми 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, додавати інформацію, яка не може бути отримана з архітектурної моделі будівлі пасажирського авіатермінала.

Установлення 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.

Установлення властивостей отворів: дані про скління та палітурки отворів.

Параметри довкілля: розташування проєкту, 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 теплонадходжень.

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, унаслідок якої обчислюється погодинний енергетичний баланс, виводиться звіт енергетичної оцінки будівлі пасажирського авіатермінала. У звіті міститься інформація про енергоефективність запроєктованих конструкцій, річне енергоспоживання, баланс енергії та викиди CO₂.

Отже, можна дійти таких висновків:

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

2. Сучасний пасажирський аеровокзал повинен задовольняти потреби населення України й 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 аеровокзалу, що спрямовано на забезпечення відповідності обсягам транспортних і комерційних послуг, чинним нормативним вимогам, міжнародним стандартам і цілям сталого розвитку.

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

5. Розроблення управлінських і організаційних планів і стратегій має відбуватися на основі принципів стійкості, визначення пріоритетів, механізмів і необхідних періодів, а також операційних процедур щодо створення сталого пасажирського термінала.

6. Проєктування, будівництво й експлуатація пасажирських авіатерміналів повинні відбуватися відповідно до проєктних вимірів стійких авіатерміналів, необхідно впроваджувати різноманітні сучасні технологічні розробки, як-от інтелектуальні системи, BIM-технології, екологічні та відновлювальні будівельні матеріали, альтернативні джерела енергії тощо, щоби сприяти сталому розвитку та поширювати обізнаність і освіту серед нинішніх і майбутніх поколінь.

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

8. Фундаменти та конструкції пасажирського авіатермінала повинні проєктуватися, зводитися й експлуатуватися з урахуванням стратегії сталого розвитку.

Список використаних джерел:

1. Wilding James. Airport Passenger Terminal Planning and Design [online]. Report № 25. ACRP, Washington, USA, 2010. URL: 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. URL: 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. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC-150-5360-13A-Airport-Terminal-Planning.pdf.

4. Babu Annie Diana. 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 22nd to 24th October. A Low Energy Passenger Terminal Building for Ahmedabad Airport, India : Building Envelope as an Environment Regulator, 2008. P. 2–7.
5. Conci Mira. A Zero Energy terminal building for Amsterdam Airport Schiphol [online]. Urbanism and Building Sciences. 2014. P. 20–63. URL: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:9de65cc9-cf4a-44cc-9ec3-db8a9f95d74f>.
6. Waheeb Sahel Abdullah Saadeddine. 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. 2017. № 7. P. 12–14.
7. Dulmski Wojciech. Sustainable Airport Passenger Terminal Design. The Review of Selected Examples technical transactions. 2015. 4-B. P. 95–97. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.408.5039.
8. LEED v4.1. Interior design and construction [online]. U.S. Green Building Council, 2019. URL: 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. URL: https://wapsustainability.com/wp-content/uploads/2020/11/LEED_v4.1_O_M_Guide.pdf.
10. Investigation of indoor environment quality of Chinese large-hub airport terminal buildings through longitudinal field measurement and subjective survey / Zhe Wang et al. *Building and Environment*. 2015. Volume 94. Part 2. P. 593–605. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.10.014.
11. Edwards B. The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture. 2nd ed. Taylor & Francis, 2005. DOI: 10.4324/9780203646878.

References:

1. James Wilding (2010). Airport Passenger Terminal Planning and Design [online]. Report № 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, 22nd to 24th 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. DOI: 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, 593–605. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.10.014.
11. Edwards, B. (2005). The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture. 2nd ed. Taylor & Francis. DOI: 10.4324/9780203646878.