

Василь ДОНЕНКО

*д.т.н., професор кафедри будівництва,
урбаністики та просторового планування*

ORCID: 0000-0002-5728-5081

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ОЦІНЮВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АДАПТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НА ЕТАПАХ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ

Забезпечення енергетичної адаптивності будівель формується як ключовий напрям підвищення ефективності функціонування об'єктів у змінних умовах середовища. Складність сучасних інженерних систем, варіативність режимів використання та вплив зовнішніх факторів зумовлюють необхідність переходу до динамічних підходів оцінювання енергетичних характеристик. У цьому контексті особливого значення набуває поєднання процедур оцінювання та моніторингу, що дозволяє сформувавши цілісне уявлення про стан будівлі та її здатність до адаптації.

Енергетична адаптивність розглядається як інтегральна властивість, що відображає здатність будівлі змінювати параметри енергоспоживання відповідно до умов функціонування при збереженні необхідного рівня комфорту та ефективності. Її кількісне визначення потребує використання системи взаємопов'язаних показників, які враховують технічні, експлуатаційні та економічні аспекти. Формування таких показників дозволяє здійснювати комплексне оцінювання та забезпечує підґрунтя для обґрунтованого прийняття рішень.

Моніторинг виступає інструментом безперервного спостереження за енергетичними параметрами, що забезпечує накопичення та аналіз даних у режимі реального часу. Це створює можливості для своєчасного виявлення відхилень, оцінювання тенденцій та прогнозування змін у функціонуванні будівель. Важливою складовою є використання цифрових технологій, які дозволяють інтегрувати різномірні інформаційні потоки та підвищити точність аналітичних процедур.

Поєднання оцінювання та моніторингу формує основу для реалізації адаптивного управління, спрямованого на підвищення енергоефективності та забезпечення стабільності функціонування будівель. Застосування запропонованих підходів сприяє оптимізації енергоспоживання, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності інженерних систем. Водночас ефективність реалізації таких підходів значною мірою залежить від якості інформаційного забезпечення, рівня автоматизації процесів та здатності систем управління до обробки великих обсягів даних.

Важливим аспектом є також узгодження технічних рішень із економічною доцільністю їх впровадження, що передбачає оцінювання ефектів від адаптивних заходів у довгостроковій перспективі. Формування механізмів інтегрованого управління енергетичними характеристиками будівель дозволяє підвищити їх стійкість до змін середовища, забезпечити раціональне використання ресурсів та покращити якість експлуатації. Такий підхід створює передумови для розвитку

інноваційних моделей управління будівлями та підвищення їх конкурентоспроможності в умовах сучасного ринку.

Ключові слова: енергетична адаптивність, оцінювання параметрів, моніторинг систем, енергоефективність, функціонування будівель, технічне оновлення, адаптивні системи, експлуатаційна надійність, управління якістю, якість проєктних рішень, якість будівництва, термомодернізація, оптимізація, цифрова трансформація, усунення колізій, узгодженість проєктних рішень, інтегроване проєктування, організаційно-технологічна модель, організація будівництва .

Вступ. Сучасні трансформації у будівельній галузі супроводжуються зростанням ролі енергоефективності як одного з визначальних факторів сталого розвитку. В умовах обмеженості енергетичних ресурсів та посилення екологічних вимог формуються нові підходи до забезпечення ефективного функціонування будівель. Однією з ключових характеристик, що визначає якість сучасних об'єктів, є їх здатність адаптуватися до змінних умов експлуатації.

Енергетична адаптивність відображає здатність будівлі реагувати на зміни зовнішніх і внутрішніх факторів шляхом оптимізації процесів енергоспоживання. Така властивість набуває особливого значення у контексті зростання складності інженерних систем та необхідності забезпечення комфортних умов перебування користувачів. Разом із тим, традиційні підходи до оцінювання енергетичних характеристик будівель залишаються переважно статичними, що обмежує їх застосування в умовах динамічного середовища.

Формування ефективних механізмів оцінювання та моніторингу дозволяє забезпечити своєчасне виявлення змін у функціонуванні будівель та підвищити якість управлінських рішень. Інтеграція сучасних інформаційних технологій у ці процеси відкриває нові можливості для аналізу, прогнозування та оптимізації енергетичних параметрів. У результаті створюється підґрунтя для переходу до адаптивних систем управління, орієнтованих на забезпечення стабільності та ефективності функціонування будівель.

Актуальність. Зростання вимог до енергоефективності будівель зумовлює необхідність удосконалення підходів до управління їх енергетичними характеристиками. Сучасні умови функціонування об'єктів характеризуються високим рівнем невизначеності, що пов'язано зі змінами кліматичних параметрів, коливанням вартості енергоресурсів та трансформацією режимів використання будівель. У таких умовах забезпечення стабільного рівня енергоефективності потребує врахування здатності будівель адаптуватися до змінних факторів. Традиційні методи оцінювання, орієнтовані на фіксовані показники, не дозволяють повною мірою відобразити динамічні процеси, що відбуваються в об'єктах. Це зумовлює необхідність впровадження нових підходів, заснованих на поєднанні оцінювання та моніторингу. Впровадження систем моніторингу забезпечує безперервний контроль за параметрами функціонування будівель, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення та формувати обґрунтовані рішення щодо їх удосконалення. Актуальність дослідження визначається потребою у створенні ефективних інструментів управління енергетичною адаптивністю будівель, які відповідають сучасним вимогам розвитку будівельної галузі.

Постановка проблеми. Підвищення рівня енергоефективності будівель супроводжується необхідністю врахування їх здатності до адаптації в умовах

змінного середовища. Водночас існуючі підходи до оцінювання енергетичних характеристик не забезпечують комплексного врахування динаміки експлуатаційних параметрів.

Відсутність інтегрованих систем, які поєднують процеси оцінювання та моніторингу, обмежує можливості ефективного управління будівлями. Значна частина методик орієнтована на разову оцінку показників, що не дозволяє відслідковувати зміни у часі та своєчасно реагувати на них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Сучасні дослідження у сфері енергоефективності будівель спрямовані на впровадження інноваційних технологій, оптимізацію енергоспоживання та підвищення ефективності інженерних систем. Значна увага приділяється використанню автоматизованих систем управління та цифрових інструментів аналізу даних. Попри значні наукові досягнення, питання енергетичної адаптивності будівель залишаються недостатньо розробленими. Більшість існуючих підходів не враховує комплексний характер цієї властивості та не забезпечує інтеграції процесів оцінювання і моніторингу. Невирішеними залишаються проблеми формування системи показників для оцінювання адаптивності, а також використання результатів моніторингу для удосконалення будівель. Це визначає необхідність подальших досліджень у даному напрямі.

Метою цієї статті є обґрунтування теоретичних і методичних засад оцінювання та моніторингу характеристик енергетичної адаптивності будівель на етапах їх практичної реалізації та подальшого удосконалення. Передбачається визначення ключових параметрів адаптивності, формування системи показників для їх оцінювання та дослідження ролі моніторингу у забезпеченні ефективного функціонування будівель.

Виклад основної інформації. Тенденції розвитку будівельної галузі характеризуються переходом до інтелектуалізованих систем управління ресурсами, що зумовлює необхідність переосмислення підходів до оцінювання енергетичних характеристик об'єктів. У цьому контексті енергетична адаптивність будівель виступає як інтегральна властивість, що визначає здатність об'єкта ефективно функціонувати в умовах змінних зовнішніх та внутрішніх впливів. Така властивість формується під впливом багатьох факторів, серед яких ключову роль відіграють технічні параметри інженерних систем, поведінкові характеристики користувачів та динаміка зовнішнього середовища [1].

Енергетична адаптивність не обмежується лише зниженням обсягів споживання ресурсів, а передбачає гнучкість функціонування систем, здатність до самоузгодження режимів роботи та оптимізації енергетичних потоків. У зв'язку з цим оцінювання даної характеристики потребує використання багатфакторного підходу, який дозволяє врахувати взаємозв'язок між різними компонентами будівлі як єдиної системи [2].

Для структуризації процесу оцінювання доцільно виділити три основні групи факторів: технічні (характеристики обладнання та інженерних систем), поведінкові (режими використання приміщень) та зовнішні (кліматичні умови, тарифи, енергетичне середовище). Узгодження цих факторів формує основу адаптивної поведінки будівлі. Концептуальна модель взаємодії зазначених компонентів наведена на рисунку 1.



Рис. 1. Концептуальна модель енергетичної адаптивності будівлі
(розроблено автором на основі [2])

У межах цієї моделі енергоспоживання розглядається як функція від множини змінних, що змінюються у часі. Узагальнене навантаження будівлі може бути описане наступною залежністю:

$$E(t) = \sum_{i=1}^n \alpha_i T_i(t) + \sum_{j=1}^m \beta_j U_j(t) \quad (1)$$

де $T_i(t)$ — технічні параметри систем, $U_j(t)$ — поведінкові змінні, α_i, β_j — коефіцієнти впливу.

Наведена залежність дозволяє врахувати як фізичні характеристики обладнання, так і варіативність використання будівлі, що є критично важливим для адекватного оцінювання енергетичної адаптивності. Разом із цим важливою характеристикою виступає рівень узгодженості роботи систем, який відображає стабільність функціонування об'єкта. Для його визначення доцільно використовувати коефіцієнт узгодженості:

$$C = 1 - \frac{1}{T} \int_0^T \frac{|E(t) - E_{opt}(t)|}{E_{opt}(t)} dt \quad (2)$$

де $E_{opt}(t)$ — оптимізований режим енергоспоживання. Використання даного показника дозволяє оцінити ступінь відхилення фактичного режиму функціонування від цільового, що є основою для подальшого вдосконалення систем управління.

З метою формалізації процесу оцінювання доцільно сформувану систему показників, що відображає ключові аспекти енергетичної адаптивності [3]. Така система включає показники інтенсивності споживання, рівня пікових навантажень, стабільності функціонування та ефективності реагування систем. Узагальнена структура показників наведена у таблиці 1.

Таблиця 1. Система показників оцінювання енергетичної адаптивності будівель
(розроблено автором на основі [3])

Група показників	Характеристика	Призначення
Енергетичні	Середньодобове споживання, пікове навантаження	Визначення ефективності використання ресурсів
Динамічні	Амплітуда коливань, частота змін режимів	Оцінка гнучкості систем
Експлуатаційні	Час реакції, стабільність параметрів	Аналіз якості функціонування
Інтегральні	Коефіцієнт узгодженості	Комплексна оцінка адаптивності

Представлена система показників дозволяє здійснювати комплексний аналіз стану будівлі та визначати напрями підвищення її ефективності. Важливо підкреслити, що саме інтеграція окремих показників у єдину аналітичну систему створює передумови для переходу до адаптивного управління [3]. Теоретичне обґрунтування оцінювання енергетичної адаптивності базується на поєднанні багатофакторного аналізу, математичного опису процесів та системного підходу до формування показників. Це забезпечує можливість подальшого розвитку інструментів моніторингу та управління, які дозволяють підвищити ефективність функціонування будівель у довгостроковій перспективі [4].

Подальший розвиток дослідження енергетичної адаптивності будівель обумовлює необхідність переходу від теоретичного опису до формування цілісної системи спостереження та аналітичного супроводу їх функціонування. У цьому контексті особливого значення набуває організація моніторингу, який забезпечує безперервне відстеження параметрів енергоспоживання та створює інформаційну основу для оцінювання адаптивності.

Функціонування сучасних будівель як складних енергетичних систем передбачає інтеграцію різнорідних потоків даних, що формуються на рівні інженерних підсистем, користувацьких сценаріїв та зовнішнього середовища. Збір, обробка та синхронізація таких даних здійснюється за допомогою цифрових платформ, які забезпечують їх структурування та подальший аналіз. У результаті формуються інформаційне середовище, здатне відображати як поточний стан об'єкта, так і динаміку його змін у часі [5].

Організаційно система моніторингу доцільно розглядати як багаторівневу структуру, що включає рівень збору даних, рівень їх аналітичної обробки та рівень прийняття управлінських рішень. На першому рівні відбувається фіксація параметрів функціонування будівлі (енергоспоживання, мікроклімат, режими роботи обладнання), на другому — їх інтерпретація та виявлення закономірностей, а на третьому — формування керуючих впливів. Узагальнена архітектура такої системи наведена на рисунку 2.



Рис. 2. Архітектура системи моніторингу та оцінювання енергетичної адаптивності будівель (розроблено автором на основі [5])

Зазначена структура забезпечує реалізацію замкненого циклу управління, у якому результати аналізу безпосередньо впливають на параметри функціонування будівлі. Важливою особливістю є наявність зворотного зв'язку, що дозволяє коригувати прийняті рішення відповідно до фактичних результатів їх реалізації.

Аналітичний компонент системи базується на поєднанні процедур діагностики, прогнозування та впливу. Діагностичний блок спрямований на виявлення відхилень від нормативних або оптимальних режимів, прогнозний — на формування сценаріїв розвитку процесів, а блок впливу — на реалізацію коригувальних заходів. Така структура дозволяє перейти від реактивного управління до прогнозно-адаптивного, що є необхідною умовою підвищення енергоефективності [6].

Циклічність процесу прийняття рішень, що базується на даних моніторингу, представлена на рисунку 3.

Кількісна оцінка ефективності функціонування системи моніторингу може бути здійснена за допомогою інтегрального показника, що враховує точність реагування та стабільність параметрів:

$$I_{eff} = \frac{C \times (1 - \delta)}{1 + \tau} , \quad (3)$$

де C — коефіцієнт узгодженості, δ — відносне відхилення параметрів, τ — середній час реакції системи.

Застосування даного показника дозволяє оцінити ефективність роботи системи моніторингу з урахуванням як точності, так і швидкості реагування. Зокрема,

зменшення часу реакції та відхилень сприяє зростанню інтегральної ефективності, що підтверджується результатами досліджень у сфері інтелектуальних будівель [7].

Особливу роль у забезпеченні ефективності моніторингу відіграє використання цифрових технологій, зокрема концепції цифрового двійника, яка дозволяє створити віртуальну модель будівлі та відстежувати її стан у режимі реального часу. Це забезпечує можливість моделювання різних сценаріїв функціонування та оцінювання їх впливу на енергетичні характеристики [5].

Подальший розвиток дослідження передбачає перехід до прикладної оцінки ефективності удосконалення енергетичних характеристик будівель на основі впровадження адаптивних підходів управління. З цією метою розглянемо умовний адміністративно-офісний будівельний проєкт загальною площею 12 000 м², обладнаний системами вентиляції, кондиціонування (HVAC), освітлення та автоматизованого управління інженерними мережами.

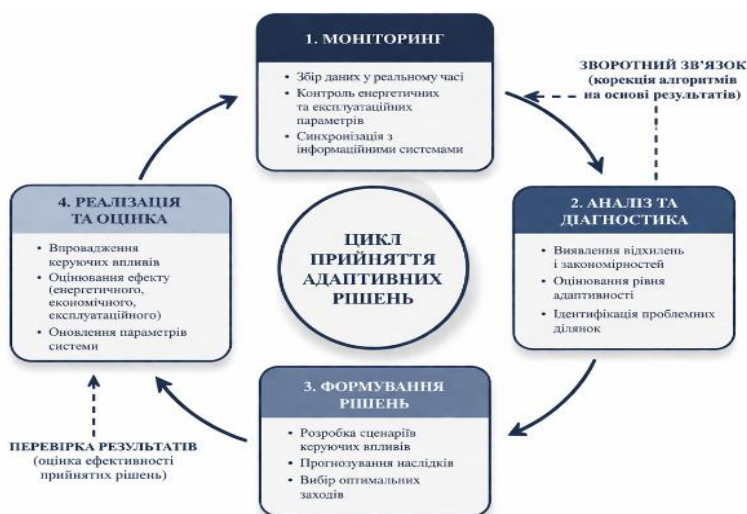


Рис. 3. Цикл прийняття адаптивних управлінських рішень на основі моніторингу (розроблено автором на основі [7])

Базовий режим функціонування об'єкта характеризується фіксованими графіками роботи систем, що не враховують реальні профілі використання приміщень та зміну зовнішніх умов. За результатами моніторингу встановлено, що середньодобове енергоспоживання будівлі становить 1620 кВт·год, при цьому пікові навантаження досягають 255 кВт у ранкові години, а частка нічного надлишкового споживання складає близько 35 % від добового обсягу [8].

У межах удосконалення було впроваджено адаптивний сценарій управління, який передбачає динамічне регулювання інтенсивності роботи вентиляційних установок відповідно до фактичної присутності користувачів, автоматичне коригування освітлення залежно від рівня природної інсоляції та оптимізацію режимів роботи обладнання у пікові тарифні періоди. Динаміка зміни

енергоспоживання для базового та оптимізованого сценаріїв наведено на рисунку 4.

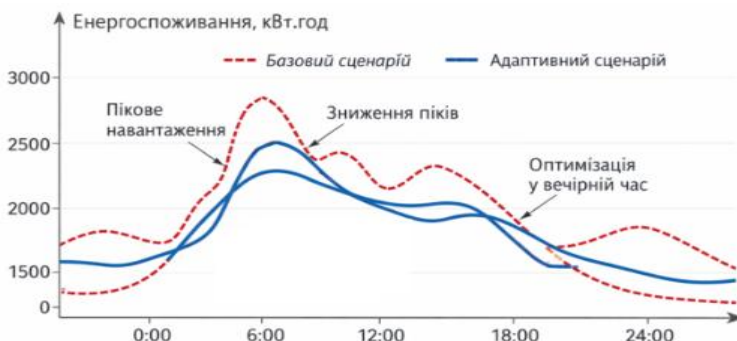


Рис. 4. Порівняння базового та адаптивного профілю енергоспоживання адміністративної будівлі (розроблено автором на основі [8])

Як видно з рис. 4, оптимізований профіль характеризується зменшенням амплітуди пікових навантажень та більш рівномірним розподілом енергоспоживання протягом доби [10]. Це досягається за рахунок узгодження режимів роботи інженерних систем із фактичними умовами експлуатації. Кількісна оцінка результатів удосконалення наведена у таблиці 2.

Отримані результати свідчать про суттєве підвищення ефективності функціонування будівлі, зокрема за рахунок зменшення нераціонального споживання енергії у періоди низької активності.

Таблиця 2. Порівняльні показники енергоспоживання будівлі до і після впровадження адаптивного управління (розроблено автором на основі [10])

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна
Середньодобове споживання, кВт·год	1620	1315	-18,8%
Пікове навантаження, кВт	255	198	-22,4%
Нічне надлишкове споживання, %	35	14	-21 п.п.
Коефіцієнт узгодженості, %	80	93	+13 п.п.
Час реакції системи, хв	16	6	-10

Для оцінювання інтегрального ефекту розрахуємо накопичену економію електроенергії за період експлуатації $T=30$ діб. Використовуючи різницю між базовим та оптимізованим споживанням, отримаємо:

$$E_{sav}=(1620-1315)\cdot 30=305\cdot 30=9150 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Таким чином, за один місяць експлуатації економія становить понад 9 МВт·год, що підтверджує високу ефективність впроваджених рішень.

Додатково визначимо інтегральний показник ефективності удосконалення, який враховує як енергетичний ефект, так і стабільність функціонування систем:

$$R = \frac{E_{sav}}{E_{tot}} \times C, \quad (4)$$

$$\text{де } E_{tot}=1620\cdot 30=48600 \text{ кВт}\cdot\text{год}, C=0,93$$

Підставляючи значення, отримаємо:

$$R = \frac{9150}{48600} \times 0,93 \approx 0,175.$$

Отже, інтегральний ефект становить 17,5 %, що свідчить про значне підвищення ефективності функціонування будівлі після впровадження адаптивного управління.

Важливим є також якісний ефект, що проявляється у зниженні кількості перемикачів обладнання, що, у свою чергу, зменшує механічне навантаження на системи та підвищує їх ресурс. Одночасно спостерігається покращення параметрів мікроклімату, що забезпечує підвищення комфорту користувачів.

Отримані результати підтверджують, що застосування адаптивних підходів до управління енергоспоживанням дозволяє не лише знизити обсяги використання ресурсів, але й забезпечити стабільність функціонування будівельних систем у довгостроковій перспективі. Це узгоджується з сучасними дослідженнями, які підкреслюють ефективність інтеграції даних моніторингу та алгоритмів управління у процеси експлуатації будівель [9].

Висновок

Енергетична адаптивність будівель визначається як одна з ключових характеристик, що забезпечує ефективність їх функціонування в умовах динамічних змін зовнішнього та внутрішнього середовища. Формування цієї властивості пов'язане з необхідністю інтеграції технічних, експлуатаційних і економічних параметрів у єдину систему оцінювання та управління.

Використання комплексного підходу до оцінювання дозволяє врахувати багатofакторний характер функціонування будівель та забезпечити більш об'єктивне визначення їх енергетичних характеристик. Запровадження систем моніторингу створює можливості для безперервного контролю та своєчасного реагування на зміни, що відбуваються в процесі функціонування об'єктів.

Інтеграція сучасних інформаційних технологій у процеси оцінювання та моніторингу сприяє підвищенню точності аналізу та ефективності управління. Це забезпечує формування обґрунтованих рішень щодо удосконалення будівель та підвищення їх енергоефективності.

Отже, розвиток підходів до оцінювання та моніторингу енергетичної адаптивності будівель є важливим напрямом удосконалення сучасної будівельної практики та забезпечення сталого розвитку.

Література

1. Yan D., O'Brien W., Hong T., Feng X., Gunay H. B., Tahmasebi F., Mahdavi A. Occupant behavior modeling for building performance simulation: Current state and future challenges // *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 107. P. 264–278. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.032>
2. International Energy Agency. *Energy Efficiency 2022*. Paris: IEA, 2022. 386 p.
3. de Dear R., Brager G. S. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions*. 1998. Vol. 104(1). P. 145–167. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2597.5040>
4. Чуприна Ю., Молодько О., та Буняк С.. Методологічні основи екологічного управління зацікавленими сторонами енергоефективності в контексті сталого енергетичного розвитку. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, вип. 2(53), С. 302–320. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(2\).302-320](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).302-320)
5. Boje C., Guerriero A., Kubicki S., Rezgui Y. Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research // *Automation in Construction*. 2020. Vol. 114.
6. Федорова Я., Петренко Г., Гриненко І., Рижакова Г., Чуприна Ю. і Ніколаєва, М. 2021. Методико-аналітичні компоненти та базові функціонали управління підприємством в сучасній системі будівельного розвитку. *Управління розвитком складних систем*. 47 (Вер 2021), 130–137. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.130-137>.
7. Dong B., O'Neill Z., Li Z. A BIM-enabled information infrastructure for building energy Fault Detection and Diagnostics // *Automation in Construction*. 2014. Vol. 44. P. 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.007>
8. Фаренюк Г. Г. Енергоефективність будівель: сучасні підходи та методи оцінювання [Електронний ресурс]. Київ: КНУБА, 2017. Режим доступу: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3bad8cb8-7b0c-4029-a53b-1d83ebefeedf/content>
9. Mitukiewicz G. Steel cruciform sample with nitrided arms achieves higher plastic strain in the gauge region. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12(6). Article 3124. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12063124>
10. Berdnyk O. Yu., Lastivka O. V., Maystrenko A. A., Amelina N. O. Processes of structure formation and neof ormation of basalt fiber in an alkaline environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 907. Article 012036. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012036>

V.I. Donenko

Assessment and monitoring of energy adaptivity characteristics of buildings at the stages of practical implementation and improvement

Ensuring the energy adaptivity of buildings is emerging as a key direction for improving the efficiency of facility operation systems under changing environmental conditions. The complexity of modern engineering systems, variability of usage modes, and the influence of external factors necessitate a transition to dynamic approaches for evaluating energy performance. In this context, the integration of assessment and monitoring procedures becomes particularly important, as it enables the formation of a comprehensive understanding of a building's condition and its capacity for adaptation.

Energy adaptivity is considered an integral property reflecting a building's ability to adjust its energy consumption parameters in accordance with operating conditions while

maintaining the required level of comfort and efficiency. Its quantitative determination requires the use of a system of interrelated indicators that take into account technical, operational, and economic aspects. The development of such indicators enables comprehensive assessment and provides a foundation for informed decision-making.

Monitoring serves as a tool for continuous observation of energy parameters, ensuring the collection and analysis of data in real time. This creates opportunities for the timely detection of deviations, evaluation of trends, and forecasting of changes in building performance. An essential component is the application of digital technologies, which allow the integration of heterogeneous data flows and improve the accuracy of analytical procedures.

The combination of assessment and monitoring forms the basis for implementing adaptive management aimed at enhancing energy efficiency and ensuring the stability of building operation. The application of these approaches contributes to the optimization of energy consumption, reduction of operational costs, and improvement of the reliability of engineering systems. At the same time, the effectiveness of such approaches largely depends on the quality of information support, the level of process automation, and the ability of management systems to process large volumes of data.

An important aspect is also the alignment of technical solutions with their economic feasibility, which involves evaluating the effects of adaptive measures in the long term. The formation of integrated management mechanisms for energy characteristics of buildings makes it possible to increase their resilience to environmental changes, ensure rational use of resources, and improve operational quality. Such an approach creates prerequisites for the development of innovative building management models and enhances their competitiveness in the modern market.

Keywords: energy adaptability, parameter assessment, system monitoring, energy efficiency, building operation, technical upgrade, adaptive systems, operational reliability, quality management, quality of design solutions, construction quality, thermal modernization, optimization, digital transformation, collision elimination, consistency of design solutions, integrated design, organizational and technological model, construction organization.