

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

*Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису*

БАХТІН ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ

УДК 725:697.1(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ
ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Спеціальність 191 – Архітектура та містобудування

Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Д. С. Бахтін

Науковий керівник:

Уреньов Валерій Павлович,
доктор архітектури, професор

ОДЕСА-2023

АНОТАЦІЯ

Бахтін Д. С. Принципи формування об'ємно-просторової організації енергоефективних громадських будівель – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури (доктора філософії) за спеціальністю 191 – Архітектура та містобудування. – Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, 2023.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету, задачі і методи дослідження, визначено результати дослідження, їх наукову новизну та практичну цінність і впровадження результатів в практику проєктування енергоефективних громадських будівель.

Перший розділ **«Передумови впровадження технологій енергоефективності в проєктування і будівництво громадських будівель»** присвячений дослідженню становлення, розвитку проєктування і будівництва енергоефективних громадських будівель, виникнення проблеми енергозбереження. У цьому розділі визначено основні тенденції проєктування та будівництва енергоефективних громадських будівель (ЕГБ), розглянуто та проаналізовано існуючий теоретичний та практичний досвід, проведено порівняльний аналіз застосування енергоефективних технологій в проєктуванні та будівництві ЕГБ.

У підрозділі 1.1 **«Науково-теоретичні дослідження і етапи розвитку енергоефективних громадських будівель»** на підставі аналізу та узагальнення спеціальної літератури та науково-дослідних робіт виявлено, що питання проблеми енергозбереження в архітектурі України розглядалися багатьма дослідниками.

У фундаментальній праці О. М. Берегового «Будівлі з енергозберігаючими конструкціями» розглянуто архітектурно-будівельні рішення, що забезпечують мінімізацію теплових втрат і сформовано засади створення комфортних умов мікроклімату в приміщеннях будівель в різних кліматичних районах.

В області розробки розрахунків параметрів форми житлових будинків, що дозволяють підвищити енергоефективність та знизити тепловитрати присвячена дисертаційна робота Т. О. Кащенко на тему «Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації їх форм».

Дослідження виявили, що вивчені лише окремі аспекти, які стосуються формування архітектури енергоефективності будинків різних функціональних призначень, при цьому, фундаментальних досліджень і рекомендацій з проектування ЕГБ на сучасному етапі не існує.

На основі історичного аналізу розвитку альтернативних джерел енергії та відношення до енергоресурсів виявлено 3 етапи, що охоплюють період з 1974 по нинішній час. Початком можна вважати світову енергетичну кризу 1973 року, коли перед суспільством з'явилася проблема виснаження природних енергетичних джерел (нафти, вугілля, газу). Таким чином, автором встановлено наступні етапи: 1 етап – Розділеність (1974-1998 рр.), характеризується непостійним використанням інноваційних технологій; 2 етап – Симбіоз (1998 - 2008 рр.) характеризується появою у 1998 році рейтингової системи LEED; 3 етап – Цілісність (2008 р. – наш час), характеризується використанням з 2005 року методу аналізу життєвого циклу (LCA і LCC) на економічному та екологічному рівнях.

У підрозділі 1.2. **«Світовий та вітчизняний досвід розгортання програм з будівництва енергоефективних громадських будівель»** розглянуті міжнародні стандарти і програми енергоефективності та здійснено порівняльний аналіз міжнародних стандартів LEED, BREEAM і WELL, програм енергоефективності в зарубіжних країнах та програми енергоефективності в країнах СНД. Визначено, що Міжнародне партнерство зі співробітництва в галузі енергоефективності (ІРЕЕС), Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА) та Директива про енергоефективність будівель (2010/31/ ЄС) є ключовим нормативним інструментом, спрямованим на підвищення енергоефективності будівельного сектора. Автором розглянуті основні концепції енергоефективних будівель в світовому досвіді, а саме: Концепція «пасивного будинку»

(Passivhaus), Концепція будівлі з нульовим енергоспоживанням, концепція «активного будинку» (Active house). Встановлено, що базовим прийомом активного будинку є поєднання рішень, розроблених Інститутом пасивного будинку (Німеччина), технологій «розумного дому» та використанням альтернативної енергетики; будинки, споруджені за цією концепцією витрачають на власні потреби мінімум енергії.

Автором здійснений огляд української нормативної та правової бази та розглянуте законодавче закріплення політики впровадження технологій енергоефективності. Встановлено, що чинна нормативна база не забезпечує необхідної нормативної бази для проектування енергоефективних громадських будівель з використанням відновлюваних джерел енергії, а лише визначає параметри мікроклімату та моніторинг стандартизованих теплоенергетичних параметрів під час будівництва.

У підрозділі 1.3. **«Аналіз успішних об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель»** розглянуто приклади практичного впровадження об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель. На основі аналізу проектування та будівництва виявлена тенденція впливу застосування ПДЕ на формування об'ємно-просторових рішень громадських будівель. Для підвищення швидкості вітру з подальшим застосуванням його енергії застосовуються в об'ємно-планувальних рішеннях вертикальні, горизонтальні отвори, будівництво декількох корпусів для створення «пастки» для вітру; застосовуються форми будівель з похилими поверхнями, подвійними фасадами (включаючи динамічні), що мають впорядковану геометричну «текстуру» для використання фотоелектричних панелей і т. д. Встановлено, що включення в структуру ЕГБ електростанції, яка працює на поновлювальних джерелах енергії впливає на архітектуру будинку.

У результаті аналізу виявлено, що залежно від обраного джерела енергії, об'ємно-просторове рішення будівлі набуває певної форми, яка сприяє отриманню шуканої енергії. Автором проведений порівняльний аналіз застосування енергоефективних технологій. Визначено відсоткове

співвідношення застосування ПДЕ в енергоефективних будівлях: енергія сонця - 47,82%, енергія вітру - 31,52%, енергія води - 8,69%, енергія землі - 6,52%, енергія біомаси - 5,45%.

У другому розділі **«Методичні основи формування об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель»** розглянуто провідні науково-дослідні методи, що виступають базою для формування методологічного апарату данного дослідження; розроблена методика проведення дослідження енергоефективності громадських будівель; проаналізовані фактори впливу на формування енергоефективних громадських будівель; надана методика ефективності вибору об'ємно-просторового рішення громадських будівель за критеріями екологічності; дана класифікація ЕГБ залежно від вибору типу джерел енергії.

У підрозділі 2.1 **«Методика дослідження енергоефективності громадських будівель»** викладені основні групи методів проведення дослідження ЕГБ: метод кількісних характеристик енергоефективності будівель; метод моделювання енергоефективних громадських будівель. Виявлено, що поєднання даних методів дає змогу визначити архітектурно-планувальні параметри громадської будівлі, створити базову архітектурну модель та провести розрахунки енергоефективності. Критерії оцінки архітектурних рішень для громадських енергоефективних будівель були розроблені з такими параметрами: висота будівлі, обриси плану, форма будівлі, яка впливає на енергоефективність та наявність відновлюваних джерел енергії.

У підрозділі 2.2 **«Методи оцінки факторів впливу на формування енергоефективних громадських будівель»** за допомогою методу факторного аналізу дана методична оцінка основних факторів впливу на формування ЕГБ. До групи зовнішніх факторів належать містобудівний, природно-кліматичний, соціально-економічний, екологічний; до групи внутрішніх факторів - архітектурно-художній, функціонально-планувальний, конструктивний, інженерно-технічний. Аналіз факторів дозволяє запропонувати відповідні заходи щодо забезпечення оптимальної енергоефективності. Виявлено, що при

проектуванні енергоефективних громадських будівель недоцільно застосовувати типові проекти. У кожному конкретному випадку дія факторів нерівнозначна і в залежності від конкретної ситуації мають значення різні складові, що індивідуально впливає на об'ємно-просторове рішення ЕГБ.

У підрозділі 2.3 *«Класифікація енергоефективних громадських будівель»* визначено класифікацію типів енергоефективних громадських будівель. Вона включає моноенергетичні і поліенергетичні типи будівель. Класифікація проведена на основі аналізу 45 будівель та проектів. У п'яťох моноенергетичних типах застосовуються такі джерела енергії, як сонце або вітер, в поліенергетичних типах застосовується комбінація джерел енергії.

Розділ III. **«Принципи підвищення енергоефективності будівель шляхом об'ємно-планувальних трансформацій»** присвячений пошуку ефективних шляхів формування енергоефективних громадських будівель; автором сформовано принципи підвищення енергоефективності ЕГБ; розроблено рекомендації щодо проектування енергоефективних громадських будівель.

У підрозділі 3.1 *«Принципи проектування енергоефективних громадських будівель»* на основі аналізу структурних елементів громадських будівель та засобів підвищення їх енергоефективності розроблені принципи підвищення енергоефективності при проектуванні енергоефективних громадських будівель, а саме: принципи просторового розміщення, принцип формування архітектури залежно від природно-кліматичних факторів, принцип підбору функції залежно від типу джерел енергії, принцип вибору інженерного обладнання, що працює на основі поновлювальних джерел енергії, принцип включення джерел енергії в об'ємно-планувальну структуру будівлі, принцип розміщення поновлювальних джерел енергії в об'ємно-планувальній структурі комплексу, принцип формування поліенергетичних громадських будівель з поновлювальних джерел енергії та методи їх реалізації.

У підрозділі 3.2 *«Прийоми формування енергоефективних громадських будівель та теоретичні моделі об'ємно-просторового рішення за*

критеріями екологічності» розроблена модель організації ЕГБ, яка умовно поділяється на два рівні відповідно до містобудівної ієрархії. Перший рівень містить такі підрівні як *містобудівний* (транспортні вузли, розміщення ділянки, інженерні мережі), *регіональний* (місцеві особливості, культурні, природно-кліматичні), *соціально-економічний* (економіка, соціальний, державні програми), *екологічний* (безвідходне будівництво, сталий розвиток, зменшення використання ресурсів). Другий рівень складається з наступних підрівнів: *функціонально-планувальний* (взаємозв'язок з внутрішнім та зовнішнім середовищем, взаємозв'язок з функціями та образом, організація групи приміщень), *конструктивний* (унікальність конструктивних рішень, енергоефективність конструктивних рішень, сучасні інженерні рішення), *архітектурно-художній* (естетика архітектурного образу, взаємозв'язок з місцевими умовами, якість, своєчасність, довговічність), *інженерні* (енергоефективні інженерні рішення, енергоефективні технічні рішення, інженерні рішення комбінованого типу).

Сформульовані об'ємно-просторові прийоми проектування енергоефективних громадських будівель: прийом застосування екологічних технологій, прийом вдосконалення планувальних рішень в контексті енергоефективності, прийом виразності архітектурно-художнього рішення, прийом концептуальності розробки.

У підрозділі 3.3 **«Пропозиції щодо розміщення енергоустановок в архітектурних рішеннях громадських будівель і перспективи розвитку даного типу об'єктів»** сформульовані прийоми об'ємно-просторових рішень громадських будівель та наведено опис впровадження в структуру поліенергетичних громадських будівель технологій, які використовують енергію сонця і вітру, що впливає на об'ємно-просторове і архітектурно-художнє рішення.

Надано пропозиції щодо розташування поновлювальних джерел енергії (ПДЕ) в структурі ЕГБ: верхня частина будівлі, середня частина будівлі, нижня частина будівлі, комбіноване розташування. Автором запропоновані об'ємно-

просторові прийоми використання альтернативних джерел енергії: активний силует, пластика об'ємів, орієнтація за сонцем, пластика фасаду, плавні форми, перфорація, висотність, розділення об'ємів. Виявлено, що перспективами розвитку ЕГБ є їх трансформація в поліфункціональні енергоефективні комплекси.

Ключові слова: громадські будівлі, енергетична ефективність, архітектурно-планувальна організація, об'ємно-просторові рішення, поновлювальні джерела енергії, технології енергоефективності, типологія будівель.

ABSTRACT

Bakhtin D. S. Principles of forming volume-spatial solutions of energy-efficient public buildings. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of architecture (doctor of philosophy) in specialty 191 - Architecture and urban planning. – Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa, 2023.

The **introduction** substantiates the relevance of the topic, defines the connection of the work with scientific programs, formulates the purpose, tasks and research methods, defines the research results, their scientific novelty and practical value, and the implementation of the results in the practice of designing energy-efficient public buildings.

The first section "**Prerequisites for the implementation of energy efficiency technologies in the design and construction of public buildings**" is dedicated to the study of the formation and development of the design and construction of energy efficient public buildings, the emergence of the problem of energy saving, the main trends in the design and construction of energy efficient public buildings (EGB) are defined, the existing theoretical and practical experience, conducted a comparative analysis of the use of energy-efficient technologies in the design and construction of EGB.

In subsection 1.1 "*Scientific and theoretical studies and stages of development of energy-efficient public buildings*" based on the analysis and generalization of special literature and scientific research works, it was found that the issue of the problem of energy saving in the architecture of Ukraine was considered by researchers: S. G. Buravchenko, G. V. Kazakov, T. O. Kashchenko, G. N. Khavhun, L. O. Shuldan, V. F. Hershkovich, V. L. Martynov, O. V. Farenjuk, R. A. Firt, L. P. Khokhlova, H. F. Chernykh, O. B. Vasylenko, O. V. Sergeychuk, I. N. Skryl, P. I. Skryl, I. P. Kozyatnik, and others.

In the fundamental work of O. M. Berehovoy "Buildings with energy-saving structures" consider architectural and construction solutions that ensure the

minimization of heat losses and the principles of creating comfortable microclimate conditions in the premises of buildings in different climatic regions are formed.

The dissertation work of T. O. Kashchenko on the topic "Increasing the energy efficiency of residential buildings based on the optimization of their shapes" is devoted to the development of calculations of the parameters of the shape of residential buildings, which allow to increase energy efficiency and reduce heat consumption.

The research revealed that only certain aspects of the formation of the energy efficiency architecture of buildings of various functional purposes have been studied, while there are no fundamental studies and recommendations on the design of EGB at the current stage.

As a result of the etymological analysis, the following interpretation of the concept of energy-efficient public buildings is proposed.

An energy-efficient public building is a building whose design, construction, and operation take into account the characteristics of efficient consumption of energy resources and provision of a comfortable microclimate, and contains all the essential features of an energy-efficient building.

Based on a retrospective analysis of the development of renewable energy sources and energy paradigms abroad, 3 stages were identified, covering the time period from 1974 to 2023. The world energy crisis of 1973 can be considered a starting point, when humanity faced the problem of depletion of traditional natural energy sources (oil, coal, gas). Thus, the author established the following stages: 1st stage - Separation (1974-1998), characterized by non-constant use of innovative technologies; Stage 2 – Symbiosis (1998-2008) is characterized by the appearance of the LEED rating system in 1998; The 3rd stage - Integrity (2008 - present time), is characterized by the use since 2005 of the life cycle analysis method (LCA and LCC) at the economic and ecological levels.

In subsection 1.2. *"Global and domestic experience of deploying programs for the construction of energy-efficient public buildings"* considered international standards and programs of energy efficiency and carried out a comparative analysis

of international standards LEED, BREEAM and WELL, energy efficiency programs in foreign countries and energy efficiency programs in the CIS countries. The International Partnership for Energy Efficiency Cooperation (IPEEC), the International Energy Agency (IEA) and the Energy Performance of Buildings Directive (2010/31/EU) have been identified as key regulatory instruments aimed at improving the energy efficiency of the building sector. The author considers the key concepts of energy-efficient buildings in the world experience, namely: the concept of a "passive house" (Passivhaus), the concept of a building with zero energy consumption, the concept of an active house (Active house). It has been established that the basic technique of an active house is a combination of solutions developed by the Passive House Institute (Germany), "smart house" technologies and the use of alternative energy; houses built according to this concept use a minimum of energy for their own needs.

The author reviewed the Ukrainian regulatory and legal framework and considered the legislative consolidation of the policy of implementing energy efficiency technologies. It was found that the current system of rules and standards does not provide the necessary regulatory framework for the design of energy-efficient public buildings with PDE, but only establishes the parameters of the microclimate and the control of standardized thermal and energy parameters during the operation of the building.

In subsection 1.3. *"Analysis of successful volume-spatial solutions of energy-efficient public buildings"* examines examples of practical implementation of volume-spatial solutions of energy-efficient public buildings. Based on the analysis of design and construction, the trend of the influence of the use of renewable energy sources on the formation of volumetric and spatial solutions of public buildings was revealed. To increase the speed of the wind with the subsequent use of its energy, vertical and horizontal openings, construction of several buildings to create a "trap" for the wind are used in volume-planning solutions; forms of buildings with sloping surfaces, double facades (including dynamic ones) are used, which have an ordered geometric "texture" for the use of photovoltaic panels, etc. It is established that the

inclusion of a power plant operating on renewable energy sources in the structure affects the architecture of the building.

As a result of the analysis, it was found that depending on the chosen source of energy, the volumetric and spatial solution of the building acquires a certain form, which contributes to obtaining the desired energy. The author conducted a comparative analysis of the use of energy-efficient technologies. The percentage ratio of the use of renewable energy sources (RES) in energy-efficient buildings was determined: solar energy - 47.82%, wind - 31.52%, water - 8.69%, land - 6.52%, biomass 5.45%.

In the second chapter "**Methodical foundations of the formation of volume-spatial solutions of energy-efficient public buildings**"

The section provides for the use of a number of scientific and research methods that serve as a basis for the formation of the methodological apparatus of this study; developed a methodology for researching the energy efficiency of public buildings; an analysis of influencing factors on the formation of energy-efficient public buildings was carried out; provided a methodology for choosing the volumetric-spatial solution of public buildings according to environmental criteria; this classification of EGB depends on the type of choice of type of energy sources.

Subsection 2.1 "*Methodology for researching the energy efficiency of public buildings*" outlines the main groups of methods for conducting EGB research: the method of quantitative characteristics of the energy efficiency of buildings; method of modeling energy-efficient public buildings. It was found that the combination of these methods makes it possible to determine the architectural and planning parameters of a public building, create a basic architectural model and perform energy efficiency calculations. Criteria for evaluating the architectural solutions of public energy-efficient buildings were developed using the following parameters: object height, plan shape, openings for wind amplification, the shape of the building that captures the wind, the external blowing frame into which photovoltaic modules are integrated, systems that monitor the trajectory of the sun, piezoelectric elements and the presence of renewable energy sources.

Subsection 2.2 *"Methods of assessment of influencing factors on the formation of energy-efficient public buildings"* using the method of factor analysis provides a methodical assessment of the main influencing factors on the formation of EGB. The group of external factors includes urban planning, natural-climatic, socio-economic, ecological; the group of internal factors includes: architectural-artistic, functional-planning, constructive, engineering-technical factors. The analysis of factors allows us to propose appropriate measures to ensure optimal energy efficiency. It was found that it is impractical to use standard designs when designing energy-efficient public buildings. In each specific case, the effect of the factors is not equal, and depending on the specific situation, different components are important, which individually affects the volumetric and spatial solution of the EGB.

Subsection 2.3 *"Classification of energy-efficient public buildings"* contains a classification of types of energy-efficient public buildings. It includes 5 mono-energy and 5 poly-energy types of buildings. The classification was formed based on the analysis of 55 objects and projects. Among the mono-energy types, the sun and wind became the most common renewable energy sources, and among the poly-energy types, type 1 (use of solar energy) is the leader.

Chapter III. **"Principles of increasing the energy efficiency of buildings through volume-planning transformations."** The section is dedicated to finding effective ways to form energy-efficient public buildings; the author formed the principles of increasing the energy efficiency of EGB; recommendations for the design of energy-efficient public buildings have been developed.

In subsection 3.1 *"Principles of designing energy-efficient public buildings"* based on the analysis of structural elements of public buildings and means of increasing their energy efficiency, the principles of increasing energy efficiency in the design of energy-efficient public buildings are developed, namely the principles of spatial arrangement, the principle of the formation of architecture depending on natural and climatic factors, the principle function selection depending on renewable energy sources, the principle of accounting selection in the architectural and planning decision of engineering equipment operating on renewable energy sources, the

principle of placing renewable energy sources in the volume-planning structure of an energy-efficient complex, the principle of placing renewable energy sources in the volume capacity-planning structure of the complex, the principle of forming multi-energy public buildings from renewable energy sources and methods of their implementation.

In subsection 3.2 *"Techniques for the formation of energy-efficient public buildings and theoretical models of volumetric-spatial solutions according to ecological criteria"* a model of the EGB organization was developed, which is conditionally divided into two levels according to the urban planning hierarchy. The first level includes such sub-levels as urban planning (transport hubs, location of the site, engineering networks), regional (local features, cultural, natural and climatic), socio-economic (economy, social, state programs), ecological (waste-free construction, sustainable development, reducing the use of resources). The second level includes the following sub-levels: functional-planning (relationship with the internal and external environment, relationship of functions and image, organization of a group of premises), constructive (uniqueness of constructive solutions, energy efficiency of constructive solutions, modern engineering solutions), architectural - artistic (e aesthetics of the architectural image, relationship with local conditions, quality, originality, durability), engineering (energy-efficient engineering solutions, energy-efficient technical solutions, combined engineering solutions).

Formulated volumetric and spatial methods of designing energy-efficient public buildings: the use of ecological technologies, the method of improving planning decisions in the context of energy efficiency, the use of the expressiveness of an architectural and artistic solution, the use of conceptual development.

Subsection 3.3 *"Proposals for the placement of power plants in the architectural solutions of public buildings and prospects for the development of this type of objects"* formulates the methods of volumetric and spatial solutions of public buildings and describes the introduction of technologies that use solar and wind energy into the structure of multi-energy public buildings. which affects the volume-spatial and architectural-artistic decision.

Proposals are provided for the location of renewable energy sources (RES) in the EGB structure: upper part of the building, middle part of the building, lower part of the building, combined location. The author proposed volumetric and spatial methods of using alternative energy sources: active silhouette, volume plasticity, sun orientation, facade plasticity, smooth forms, perforation, height, volume separation. It was found that the prospects for the development of EGB are the transformation of such in the field of functional energy-efficient complexes.

Keywords: public buildings, energy efficiency, architectural and planning organization, volumetric and spatial solutions, renewable energy sources, energy efficiency technologies, typology of buildings.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Ключові концепції енергоефективних будівель у світовому досвіді. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2019. №17-18. С. 445-450.

<https://drive.google.com/file/d/1ECXqedMF1o0HEtPvuctIP7Go4R0Hcug9/view>

Особистий внесок здобувача: аналіз світового і вітчизняного досвіду застосування і впровадження концепцій енергоефективних будівель.

2. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Принципи створення стійкої архітектури громадських будівель на прикладі світової практики. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2020. №20. 2020. С.8-18.

<https://doi.org/10.31650/2519-4208-2020-20-8-18>

Особистий внесок здобувача: формулювання принципів створення стійкої архітектури громадських будівель на основі аналізу світового досвіду.

3. Бахтін Д. С. Впровадження енергоефективних технологій при будівництві нової комерційної нерухомості в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: «Архітектура». 2020. № 2 (4). С.1-11. <https://doi.org/10.23939/sa2020.02.008>

4. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Досвід проєктування енергоефективних громадських будівель державної власності в Україні. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2020. Вип. 57. С. 322-339.

<https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.57>

Особистий внесок здобувача: аналіз вітчизняного досвіду проєктування енергоефективних громадських будівель.

5. Urenev V., Savytska O. Dmytryk N. Rumilets T., Bakhtin D. Architectural renovation of industrial objects for public libraries. *Wiadomości Konserwatorskie Journal of Heritage Conservation*. 2022. № 69. P. 36-42.

https://repozytorium.biblos.pk.edu.pl/redo/resources/45785/file/resourceFiles/Urenev_V_AdaptiveReuse.pdf

Особистий внесок здобувача: аналіз світового і вітчизняного досвіду застосування енергоефективних засобів та прийомів при реновації промислових будівель під бібліотеки.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Бахтін Д.С. Понятие и принципы устойчивой архитектуры, *Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології*: матеріали III міжнародної науково-технічної конференції конференції, 11-12 грудня 2019 р. Одеса: ОДАБА, 2019. С. 109-110.

7. Уреньов В.П., Бахтін Д.С. Створення стійкої архітектури. Тези доповідей 76-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ОДАБА, 21-22 травня 2020 р. Одеса: ОДАБА, 2020. С. 35.

8. Antonenko N., Rumilets T., Vakhtin D. Healthy environment as one of the key performance indicators of library space. *6-й міжнародний конгрес Сталый розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*: збірник матеріалів, 23 –25 вересня 2020 року. Львів : Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2020. С. 122.

9. Уреньов В., Савицька О., Дмитрік Н., Румілець Т., Бахтін Д. Архітектурна реновація промислових об'єктів під публічні бібліотеки. *Інноваційні технології в архітектурі і дизайні*: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. 8-9 квітня 2021 р. Харків: ХНУБА, 2021. С.196.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ABSTRACT.....	9
ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	16
ЗМІСТ.....	18
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	20
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	21
ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1. ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ПРОЄКТУВАННЯ І БУДІВНИЦТВО	
ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	
30	
1.1. Аналіз науково-теоретичних досліджень і етапи розвитку енергоефективних громадських будівель.....	30
1.2. Світовий та вітчизняний досвід розгортання програм з реконструкції і будівництва енергоефективних громадських будівель.....	42
1.3. Аналіз успішних об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель.....	57
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ.....	79
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	
81	
2.1. Методика дослідження енергоефективності громадських будівель.....	81
2.2. Методи оцінки факторів впливу на формування енергоефективних громадських будівель.....	92
2.3. Класифікація енергоефективних громадських будівель.....	111
ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ.....	138

РОЗДІЛ 3. ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ.....	140
3.1. Принципи проектування енергоефективних громадських будівель.....	140
3.2. Прийоми формування енергоефективних громадських будівель та теоретичні моделі об'ємно-просторового рішення за критеріями екологічності.....	155
3.3 Пропозиції щодо розміщення енергоустановок в архітектурних рішеннях громадських будівель і перспективи розвитку даного типу об'єктів.....	163
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ.....	178
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	180
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	182
ДОДАТКИ.....	195
ДОДАТОК А.....	196
ДОДАТОК Б.....	199
ДОДАТОК В.....	202

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕГБ – енергоефективна громадська будівля

ПДЕ – поновлювальні джерела енергії

ПЕК – поліфункціональні енергоефективні комплекси

BREEAM – метод оцінки екологічної ефективності будівель

ІЕА – Міжнародне енергетичне агентство

ІРЕЕС – Міжнародне партнерство зі співробітництва в галузі енергоефективності

LEED – супровід у сфері енергоефективного та екологічного проектування

SECAP – план дій зі сталої енергетики та клімату

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Багатофункціональні споруди – будинки і комплекси, які формуються з приміщень, їх груп, різного громадського, житлового та іншого призначення, поєднання яких обумовлене економічною доцільністю і містобудівними вимогами.

Вікна в пасивному будинку – енергозберігаючі вікна - обов'язкова складова пасивного будинку. Але важливим при цьому є не тільки теплопровідність самого склопакета, а й теплопровідність рами, якість з'єднання рами і склопакета, а також рами і стіни.

Енергоефективний будинок – енергоефективними називаються такі будівлі, проектування яких включає низку архітектурних і технічних заходів, що забезпечують значне зниження витрат енергії на опалення цих будівель порівняно зі звичайними (типовими) будівлями, підвищуючи при цьому комфортність мікроклімату в приміщеннях.

Енергоефективна громадська будівля – будівля, при проектуванні, будівництві, та експлуатації якої враховано характеристики ефективного споживання енергетичних ресурсів та забезпечення комфортного мікроклімату, містить усі суттєві ознаки енергоефективної будівлі.

Зона регулювання забудови – забудована чи призначена під забудову територія за межами охоронної зони пам'яток культурної спадщини, що визначається для збереження домінуючої ролі пам'яток у композиції і пейзажі населеного пункту.

Оболонка будівлі – це все без винятку огорожувальні конструкції будівлі, які межують із зовнішнім середовищем: повітрям або твердими тілами: земля, стіни інших будівель і т.з. У пасивному будівлі оболонка будівлі по-винна бути повністю герметичною.

Пасивний будинок – незалежна енергосистема (будинок нульової

енергії). Опалення, охолодження, вентиляція та гаряче водопостачання пасивного будинку забезпечується, в ідеалі, альтернативними джерелами енергії (тепло / холод землі, тепло сонця, енергія вітру), за рахунок установок поновлюваної енергії: теплових насосів, сонячних колекторів, земляних теплообмінників і т.д. Європейський стандарт пасивного будинку передбачає споживання енергії на опалювання будинку не більше 15 кВт год / рік на квадратний метр будівлі.

Пасивний будинок (з нім. Passivhaus) – це будинок з малим споживанням енергії (близько 10% від звичайного енергоспоживання). Будинок проєктується таким чином, щоб не активно (за допомогою інженерного обладнання та використання енергоресурсів), а пасивно (тобто за допомогою архітектурно-планувального рішення) поглинати, акумулювати і зберігати максимальну кількість тепла (а влітку - холоду) з навколишнього середовища. Це досягається за допомогою відповідного архітектурного проєктування, який забезпечує потрапляння всередину будівлі максимальної кількості низького зимового сонця, захист від перегріву високим річним, максимально довге збереження цього отриманого тепла (або холоду) за допомогою якісної теплоізоляції та відповідного просторово-планувального рішення (що базується на принципі зонування).

Повітрообмін – це часткова або повна заміна повітря в приміщенні.

Сонячна батарея – (панель) є фотоелектричним генератором, принцип роботи якого заснований на фізичних властивостях напівпровідників. На сьогоднішній день на ринку збуту переважають в основному три види сонячних батарей - це тонкоплівкові, монокристалічні і полікристалічні сонячні панелі. Найбільш популярними серед покупців є монокристалічні сонячні батареї. Цей тип батарей складається з величезної кількості силіконових осередків. Силіконові осередки виконують функцію перетворення електричної енергії з сонячних променів, що потрапляють на їх поверхню. Найбільш оптимальною кількістю осередків у

монокристалічних батареях вважається 36. Це досить добре відбивається на виробленні електроенергії. Монокристалічні батареї досить легкі й компактні, здатні трохи згинатися. Завдяки цій властивості, не складе особливих труднощів установка даних батарей на нерівних поверхнях, де складно буде домогтися правильного кута нахилу.

Соціальна інфраструктура – комплекс закладів, установ та підприємств обслуговування, які забезпечують соціальні запити населення у сфері охорони здоров'я, виховання й освіти, культури, фізичної культури та спорту, торгівлі, побутового, житлово-комунального обслуговування.

Транспортна інфраструктура – система транспортних споруд і мереж.

Функціональна зона – частина території населеного пункту з явно вираженою переважною функцією її містобудівного використання: житлова, громадська, виробнича та рекреаційна, що відображається у містобудівній документації.

Функціонально-планувальна структура – просторова модель пов'язаних між собою територій, призначених для розташування різних видів соціальної, виробничої, комунікаційної діяльності, рекреаційного та ландшафтного комплексу.

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Питання збільшення рівня енергоефективності кожної сфери людської діяльності потребує термінового вирішення. Підвищенню енергоефективності приділяють велику увагу у галузі архітектури і будівництва.

У розвинених країнах на будівництво і експлуатацію будівель витрачається більше половини всієї енергії, в країнах, що розвиваються - близько третини. Тому критично важливо розробити ефективні заходи і методи щодо зменшення викидів в цьому секторі, пов'язаних з енергоспоживанням. Процес впровадження енергоефективних технологій в сучасну практику будівництва і архітектури України об'єктивно потребує охоплення нових сфер їх застосування: для будівель різних типологічних груп, в умовах нового будівництва та при реконструкції.

За останні роки енергозбереження стало велика увага приділяється проблемам енергозбереження з боку формування ефективної законодавчої та нормативної бази. В Україні діють Закони «Про енергозбереження», «Про енергетичну ефективність будівель», впроваджені Програми «Енергоефективна оселя», «Теплі кредити»; працює фонд енергоефективності, асоціація «Енергоефективні міста України»; розроблено План Дій зі сталої енергетики та клімату (SECAP); підписана Угода Мерів для вирішення проблем раціонального використання енергії; впроваджують досвід країн Європейського Союзу у підвищення енергоефективності.

Одним з варіантів розв'язання проблеми є новий напрямок проектування і будівництва енергоефективних громадських будівель із застосуванням поновлюваних джерел енергії. Подібні об'єкти є однією з перспективних форм забудови міських територій, що обумовлено їх енергетичної самостійністю і екологічно чистими джерелами енергії, які в них використовуються. Існує і стратегічна мета впровадження енергозберігаючих технологій у будівельну індустрію – реалізація запропонованих концептуальних, методичних та проектних рішень сприятиме покращенню умов проживання громадян,

вирішенню питань екології, ресурсо- та енергозбереження. Все це обумовлює актуальність дисертаційної роботи.

Теоретичною основою цього дисертаційного дослідження є фундаментальні роботи в галузі енергоефективності в містобудуванні і архітектурі українських та зарубіжних фахівців.

У дослідженнях останніх років розглянуті підходи до окремих питань (містобудівних, архітектурних, конструктивних та інженерних) з підвищення енергоефективності будівель.

Вивченням архітектури будівель та реконструкції займались: Л. Г. Бачинська, Т. М. Заславець, В. П. Король, О. О. Костюк, К. С. Чечельницька, Г. Д. Яблонська, Д. Н. Яблонський; проблеми архітектури громадських будівель висвітлені в роботах науковців: І. П. Гнеся, Л. М. Ковальського, В. І. Книша, В. В. Куцевича, В. П. Мироненка, І. Г. Новосад та ін.; проблеми енергозбереження в архітектурі України розглядалися дослідниками: В. Л., Мартиновим С. Г. Буравченком, О. М. Печеником, Г. В. Казаковим, Т. О. Кащенко, Г. Н. Хавхун, Л. О. Шулдан та ін.; питання енергозбереження в будівництві – В. Ф. Гершковичем, В. Л. Мартиновим, О. В. Сергейчуком, Г. Г. Фаренюком, Є. Г. Фаренюком, Р. А. Фертом, Л. П. Хохловою, Г. Ф. Черних, В. Л., Мартиновим та ін.; характер впливу клімату на проектування будівель та питання інсоляції приміщень досліджували: В. Л., Мартинов, В. С. Буравченко, О. Б. Василенко, О. В. Сергейчук, І. Н. Скриль, П. І. Скриль, І. П. Козятник, І. І. Устінова.

Аналіз досліджень продемонстрував недостатність розгляду формування об'ємно-просторових рішень при проектуванні енергоефективних громадських будівель. У розглянутих дослідженнях також недостатньо чітко визначена методика послідовного архітектурного проектування енергоефективних громадських будівель.

Таким чином, актуальність даного дослідження визначається необхідністю підвищення енергоефективності громадських будівель засобами об'ємно-просторових рішень та використанням поновлюваних джерел енергії. Розробка відповідних принципів дозволить внести необхідні зміни в законодавчі

документи та будівельні нормативи і стандарти, що прискорить впровадження технологій енергоефективності в практичну проєктну і будівельну діяльність.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота пов'язана з науковими програмами кафедри архітектури будівель і споруд ОДАБА, а саме з держбюджетними темами «Стан та архітектурна трансформація типів громадської та житлової забудови Одеси») - номер держреєстрації № 0121U111818. 24-06-2021 - 12.2025, УДК711.00, код тематичної рубрики: 67.07.01. Робота також виконана у відповідності до Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991 р.), «Про енергозбереження» (1994 р.), «Про енергетичну ефективність будівель» (2017 р.), Указу Президента «Про Стратегію сталого розвитку «Україна – 2020» (2015 р.), Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (2017 р.), концепції «Сталого розвитку населених пунктів» (1999 р.).

Метою дисертаційного дослідження є визначення науково обґрунтованих принципів архітектурного формування об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель і розробка рекомендацій щодо їх об'ємно-просторової організації.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати науково-теоретичні дослідження, що присвячені об'ємно-просторовій організації енергоефективних громадських будівель;
- виявлення особливостей і етапів розвитку енергоефективних громадських будівель;
- вивчення зарубіжного досвіду успішного впровадження енергоефективних технологій в проєктування і будівництво громадських будівель;
- розробити узагальнену класифікацію сучасних енергоефективних громадських будівель;
- визначити фактори, що впливають на формування архітектури будівель з використанням поновлювальних джерел енергії;
- сформулювати основні принципи об'ємно-просторового рішення

енергоефективних громадських будівель,

- запропонувати прийоми формування об'ємно-просторових рішень;
- розробити теоретичну модель об'ємно-просторового рішення за критеріями екологічності;
- надати пропозиції щодо розміщення енергоустановок в архітектурі рішеннях громадських будівель.

Об'єкт дослідження: енергоефективні громадські будівлі.

Предмет дослідження: є об'ємно-просторова організація громадських будівель, що формуються з застосуванням енергоефективних технологій.

Межі дослідження визначаються вивченням питання формування об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель.

Методикою дослідження є комплексний підхід, який передбачає розгляд об'єкта дослідження як елемента єдиної містобудівної структури, що виключає можливість прийняття обмежених і не комплексних рішень, і містить: вивчення наукових праць і літературних джерел, аналіз архівних документів, ретроспективний морфологічний аналіз освоєння території, натурне обстеження і фотофіксацію промислових об'єктів, графічний аналіз генеральних і ситуаційних планів, побудова графоаналітичних і об'ємних моделей архітектурно-планувальних рішень, експериментальне проектування.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що:

вперше:

- сформульовано принципи об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель;
- запропоновано класифікацію енергоефективних громадських будівель відповідно до вибору поновлювальних джерела енергії;
- розроблено теоретичну модель об'ємно-просторового рішення за критеріями екологічності, яка умовно поділяється на два рівні відповідно до містобудівної ієрархії;

уточнено:

- визначення терміна «енергоефективне громадська будівля» як

будівлі, при проектуванні, будівництві, та експлуатації якої враховано характеристики ефективного споживання енергетичних ресурсів та забезпечення комфортного мікроклімату і яка містить усі суттєві ознаки енергоефективної будівлі;

- описано впровадження в структуру поліенергетичних громадських будівель технологій, які використовують енергію сонця і вітру, що впливає на об'ємно-просторове і архітектурно-художнє рішення;

дістало подальший розвиток:

- запропонована методика вибору об'ємно-просторового рішення громадських будівель залежно від вибору поновлювальних джерела енергії.
- узагальнено критерії оцінки архітектурних рішень енергоефективних громадських будівель;
- запропоновано об'ємно-просторові прийоми формування енергоефективних громадських будівель.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що основні висновки і результати роботи можуть бути використані при розробці проектних пропозицій енергоефективних громадських будівель, при складанні програми-завдання на проектування ЕГБ, при розробці рекомендацій для проектувальника. У процесі навчання у вищих архітектурно-будівельних установах – як методлогічне обґрунтування до курсового та дипломного проектування енергоефективних громадських будівель.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором особисто. У статтях, написаних у співавторстві з науковим керівником доктором архітектури, професором Уреньовим В.П. та іншими співавторами, розробкою автора є:

- аналіз світового і вітчизняного досвіду застосування і впровадження концепцій енергоефективних будівель;
- аналіз формулювання принципів створення стійкої архітектури громадських будівель на основі аналізу світового досвіду;

- аналіз вітчизняного досвіду проєктування енергоефективних громадських будівель;
- аналіз світового і вітчизняного досвіду застосування енергоефективних засобів та прийомів при реновації промислових будівель.

Публікації. Наукові результати дисертації опубліковані в 5 публікаціях, з яких 4 надруковано в наукових фахових виданнях України, 1 стаття в наукових періодичних виданнях інших держав, що входить до Європейського Союзу та індексується наукометричною базою *Scopus* та в 4 тезах доповідей у збірниках наукових конференцій.

Апробація результатів дослідження проведена методом публічного обговорення на наукових конференціях різного рівня: на міжнародній науковотехнічній конференції «Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології», м. Одеса, 11-12 грудня 2019р.; на 76-ї науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу ОДАБА, 21-22 травня 2020 року; на 6-му Міжнародному конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», Національний університет «Львівська політехніка», 2020 р.; на конференції «Інноваційні технології в архітектурі та дизайні» 8-9 квітня 2021 р., Харків.

Результати дослідження впроваджені при розробці проєктних рішень Дитячої міської поліклініки № 6 за адресою м. Одеса, вул. Академіка Філатова, 7а та Одеського ліцею «Європейський» за адресою м.Одеса, вул. Маршала Говорова, 8а , а також при керівництві дипломних проєктів.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із анотації, списку публікацій, переліку умовних скорочень, термінологічного словника, вступу, трьох розділів із висновками, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 205 сторінок: основна частина - 124 сторінок, 39 рисунків, перелік використаних джерел із 131 найменування, 3 додатки на 10 сторінках.

РОЗДІЛ 1.

ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ПРОЄКТУВАННЯ І БУДІВНИЦТВО ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

1.1. Аналіз науково-теоретичних досліджень і етапи розвитку енергоефективних громадських будівель

Проектування та будівництво громадських енергоефективних будівель є пріоритетом для української економіки, оскільки економія енергії тісно пов'язана з національною енергетичною безпекою, дефіцитом енергії та скороченням викидів парникових газів. Обсяги споживання енергії в Україні постійно зростають, крім того ціни на енергоносії збільшуються [1].

Необхідно відзначити ще один факт: за останні більш ніж чотирнадцять років в експлуатацію введено 111,2 млн. м² житла [2]. Даний показник складає всього 10,4% від загального житлового фонду на території України. Більше 50% від цієї кількості становить індивідуальне житло.

Після енергетичної кризи 1970-х років архітектори стали все більше використовувати в проєктах джерела тепла, що відновлюються: сонце, вітер, тепло землі. З'явився цілий напрям у проєктуванні – пасивні будинки, які споживають для опалення набагато менше енергії, ніж звичайні будівлі [3].

Одним з кращих технічних рішень, яке зарекомендувало себе в багатьох країнах світу є будівлі, що відповідають стандарту «пасивного будинку» PHPP (Passive House Planning Package [4], (Німеччина). Однак доцільність застосування цього стандарту в Україні вимагає його ретельного аналізу з точки зору відповідності природно-кліматичним, економічним, демографічним та іншим факторам нашої країни.

Сьогодні енергоефективні громадські будівлі стають об'єктами масового будівництва. Розробка типологічної основи проєктування пасивних будинків в Україні значно підвищить енергоефективність масового будівництва, що

позитивно позначиться на економії енергії окремих будівель та споруд. На практиці це дозволяє більш точно поєднувати конструктивні рішення з природними та кліматичними умовами, щоб відповідати нормативним фізико - технічним та екологічним параметрам надзвичайно необхідного в даний час мікроклімату в будівлях.

Теоретичними дослідженнями проблеми формування енергоефективної архітектури громадських будівель займаються як вітчизняні так і закордонні вчені (рис.1.1).

Першими теоретичними дослідженнями впливу клімату на проектування енергоефективних будівель були дослідження радянських учених-архітекторів: Є.І. Бакланової, Е.В. Сарнацького, А.Л. Мелуа, Н.Н. Селіванова, Г.І. Полторака, Л.Г. Вейцмана, А.Н. Сахарова, І.І. Анісімової, А.Л. Саїдова, А.М. Шамувафарова, які займались розробкою типології будинків, що використовують сонячну енергію та енергію вітру.

Проблемам енергозбереження в архітектурі України присвячені роботи: Д.І. Антонюка [5], О.В. Бумаженко [6], О.М. Печеника, М.О. Бродського [7], С.Г. Буравченко [8], [6], Г.В. Казакова [9], Т.О. Кащенко [10, 11], І.П. Козятник [12], В.Л. Мартинова [13], А.О. Сардикової [14], Г.Н. Хавхун [15], О.І. Жовква [16], Л.О. Шулдан [17,18], та ін. Питання архітектури «сонячних» будівель досліджували Б. Андерсон, Н. Гуарьєнто, С. Роберте, П.Р. Сабаді, А.Н.Сахаров, К. Схїтгїч, С. Танака. Р. Томас, С. Уделл, М. Уолл, М. Фордман, Р. Хастїнгс.

Шляхи забезпечення енергозбереження в будівництві України вивчали: Г.П. Васильєв, В.Ф. Гершкович [19], Г.В. Гетун, В.В. Гранєв, Є. Колїсник, В.Л. Мартинов, А.А. Нечепорчук, О.Л. Підгорний [20], М.А. Саницький [21], О.В. Сергїйчук [22], Л.М. Стронський, Б. Тарнїжевський, Р.А. Ферт, Л.П. Хохлова, Г.Ф. Черних, Н.В. Шилкін та ін.

Дослідженням енергозберїгаючих конструкцій займались: Ю.В. Фурсов [23], О.І. Фїлоненко [24], Г.Г. Фаренюк [25].

Дисертаційна робота О.В. Сергїйчука на здобуття вченого ступеня доктор технічних наук на тему «Геометричне моделювання фізичних процесів при

СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Загальні дослідження

Першими теоретичними дослідженнями впливу клімату на проектування енергоефективних будівель були дослідження учених-архітекторів:

Є.І. Бакланової, Е.В. Сарнацького, А.Л. Мелуа, Н.Н. Селіванова, Г.І. Полторака, Л.Г. Вейцмана [4], А.Н. Сахарова, І.І. Анісімової, А.Л. Саїдова, А.М. Шамувафарова, які займались розробкою типології будинків, що використовують сонячну енергію та енергію вітру

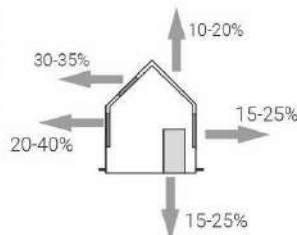


Загальні дослідження

Проблемам енергозбереження в архітектурі України присвячені роботи: **Д.І. Антонюка** [5], який досліджував застосування геліосистем в архітектурі дитячих дошкільних закладів, **О.В. Бумаженко, М.О. Бродського** [6], **С.Г. Буравченко** [7], **О.М. Печеника, Г.В. Казакова** [8], **Ю. Лапіна, Т.О. Кащенко** [9], **І.П. Козятник** [10], **В.Л. Мартинова** [11], **А.О. Сардикувої** [12], **Г.Н. Хавхун** [13], **Л.О. Шулдан** [14] та ін. Питання архітектури «сонячних» будівель досліджували **Б. Андерсон, Н. Гуарьенто, С. Роберте, П.Р. Сабаді, А.Н. Сахаров, К. Схітгіч, С. Танака, Р. Томас, С. Уделл, М. Уолл, М. Фордман, Р. Хастінгс.**

Дослідження українських науковців

Дисертаційна робота **О.В. Сергійчука** на здобуття вченого ступеня доктор технічних наук на тему «Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків» присвячена теоретичним основам геометричного моделювання фізичних процесів у атмосфері, дослідженню теплоізоляційної оболонки будинків та внутрішньому середовищу, орієнтованому на розв'язання задачі оптимізації форми енергоефективних будинків.



Дослідження українських науковців

У дисертаційній роботі **Д.А. Чижмак** на здобуття вченого ступеня кандидата архітектури на тему «Принципи архітектурно-планувальної організації екологічних висотних адміністративних будівель». Проведене у роботі дослідження дозволило визначити основні принципи та прийоми формування екологічних висотних будинків адміністративного призначення.

Дослідження українських науковців

Дисертаційна робота **Т.О. Кащенко** на здобуття вченого ступеня кандидата архітектури на тему «Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації їх форм» присвячена розрахункам параметрів форми житлових будинків, що дозволяють підвищити енергоефективність даних будинків та знизити тепловитрати.



Дослідження закордонних науковців

Дослідження закордонних вчених **Т.А. Маркуса** та **Е.Н. Морріса** [22] були направлені в напрямку підвищення компактності об'єму. Метою їхніх розробок була оптимізація форми будинку, що приводить до мінімальних втрат тепла через огороження. Цей аспект також був розглянутий **Пейджем** [23], який одержав вираз для тепловтрат через огороження в залежності від N , де N – число поверхів у будинку. Диференціюючи по N і прирівнюючи отриманий вираз до нуля, він одержав можливість обчислити ідеальну висоту поверху для заданої множини умов.



Мета дисертаційного дослідження - є визначення науково обґрунтованих принципів архітектурного формування об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель, і розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо їх об'ємно-просторової організації.

Об'єкт дослідження: енергоефективні громадські будівлі

Предмет дослідження: дослідження є об'ємно-просторова організація громадських будівель, що формуються з застосуванням енергоефективних технологій

Межі дослідження: визначаються вивченням питання об'ємно-просторової організації аспектів формування громадських будівель різного призначення, при проектуванні яких були використані енергоефективні технології.

Рис. 1.1. Стан дослідження проблеми

оптимізації форми енергоефективних будинків» [22] присвячена теоретичним основам геометричного моделювання фізичних процесів у атмосфері, дослідженню теплоізоляційної оболонки будинків та внутрішньому середовищі, орієнтованому на розв'язання задачі оптимізації форми енергоефективних будинків.

У дисертаційній роботі О.М. Берегового на здобуття вченого ступеня доктор технічних наук на тему «Будівлі з енергозберігаючими конструкціями» [26] було розроблено архітектурно-будівельні рішення, що забезпечують мінімізацію теплових втрат і сформовано засади створення комфортних умов мікроклімату в приміщеннях будівель, що проєктуються і експлуатуються в різних кліматичних районах. Дисертаційна робота Т.О. Кащенко на здобуття вченого ступеня кандидат архітектури на тему «Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації їх форм» [10] присвячена розрахункам параметрів форми житлових будинків, що дозволяють підвищити енергоефективність даних будинків та знизити тепловитрати.

Дослідження закордонних вчених Т.А. Маркуса та Е.Н. Морріса [27] були направлені в напрямку підвищення компактності об'єму. Метою їхніх розробок була оптимізація форми будинку, що приводить до мінімальних втрат тепла через огороження. Цей аспект також був розглянутий Пейджем [28], який одержав вираз для тепловтрат через огороження в залежності від N , де N - число поверхів у будинку. Диференціюючи по N і прирівнюючи отриманий вираз до нуля, він одержав можливість обчислити ідеальну висоту поверху для заданої множини умов.

Концепція «сталого розвитку» та її вплив на принципи архітектурного проєктування громадських будівель

Загально визнано, що архітектори можуть позитивно вплинути на відновлення екологічної рівноваги, створюючи стійку архітектурне середовище. Сьогодні впровадження цієї концепції на прикладі західних країн демонструє широкі можливості створення комфортних і безпечних просторів для людини.

Слід відзначити, що концепція стійкої архітектури має кілька трактувань.

Трактування 1: в доповіді Комісії ООН з навколишнього середовища і розвитку «Наше спільне майбутнє» мета концепції сталого розвитку була визначено як шлях, при якому «забезпечуються потреби нинішнього покоління без обмеження можливостей наступного покоління задовольнити свої потреби» [29]. Подобним чином трактує стійкість в архітектурі та Д.О. Швидковський, який позначає завдання стійкої архітектури в «створенні середовища проживання, гідної сучасних вимог і задовольняє майбутнє покоління» [30]. Це визначення імпліцитно включає в себе уявлення про цілі архітектурну діяльність, але не конкретизує якісно нові шляхи їх досягнення.

Трактовка 2: Ю.А. Табунщиков називає стійкою архітектурою «сукупність архітектурних та інженерних рішень, що забезпечує показники середовища проживання людини і збереження екологічного балансу. Нормативно-методичною основою стійкої архітектури є рейтингова система оцінки середовища проживання людини ... сукупність архітектурних, інженерних, екологічних, економічних та інших вимог до середовища проживання людини, що дозволяють кількісно оцінити її якість» [31]. В даному випадку акцент на високотехнологічності, зниження витрат на будівельні процеси, екологічну проблематику віддаляє архітектуру від питань якості естетичного змісту архітектурного середовища, стійкість архітектури зводиться до сукупності технологій.

Трактовка 3: Г.В. Єсаулов визначає стійку архітектуру як архітектуру, програмою якої є несуперечливе єдність естетичних позицій автора і часу і соціально-економічних, інженерно-технологічних і природно- екологічних потреб, що базуються на принципах сталого розвитку, повнота впровадження яких визначається прийнятими в світовій практиці і практиці країни вимогами рейтингових систем оцінки стійкості середовища проживання» [32]. В іншій роботі [33] він дає більш короткий і лаконічне визначення, характеризуючи стійку архітектуру як «екологічно орієнтовану архітектуру високих технологій»

Трактовка 4: Міжнародна рада з інновацій та досліджень в сфері будівництва (СІВ) в 1999 році розробила «Порядок денний зі сталого будівництва ХХІ століття» [34], яка деталізувала проблеми і способи їх вирішення в області стійкого будівництва.

Стале будівництво - це будівництво, яке сприяє досягненню сталого розвитку в екологічному, соціально-економічному, культурному напрямках. Сфера сталого будівництва – це вирішення різних проблем: екологічних, містобудівних, архітектурних, будівельних та навіть економічних та соціальних.

Стійка архітектура ще тільки формується як поняття. Спочатку вона розглядалася лише як архітектура будівель з низьким енергоспоживанням. Таке визначення різко обмежувало стратегію розвитку стійкої архітектури, але з часом в сферу її проблематики додалися нові напрямки: комфорт, добробут міського простору; мікроклімат в будівлях; використання природних технологій в вентиляції та освітлення; стратегії та інструментарій для стійкої архітектури; стійке висотне будівництво; матеріали, оцінка їх життєвого циклу; забудована середовище з енергоспоживанням рівним нулю; традиційні рішення в стійкій перспективі.

Трактовка 5: Всесвітньо відомі бюро такі як Sauerbruch & Hutton (Берлін), Behnisch Architekten (Штутгарт), Hadi Teherani (Гамбург), Allmann Sattler Wappner (Мюнхен) або Schneider + Schumacher (Франкфурт) за останні 20 років зуміли виробити не тільки бездоганну технологію будівництва, а й навчилися економити ресурси і енергію. Свіське ставлення до екологічних аспектів вже призвело до появи нової легкості, навіть підкресленою грайливістю дизайнерських рішень. Кольорові композиції на фасадах і в інтер'єрах прийшли на зміну стриманою чорно-білій палітрі класичного модерну. Будівля має тепер викликати позитивні емоції, це теж важливо з точки зору «стійкості». Цю думку найкраще висловив Маттіас Зауербрух (Sauerbruch & Hutton): «Архітектура може бути тільки екологічною, якщо, звичайно, люди вибудовують якесь особисте ставлення до свого дому.

Якщо говорити про "стійкості", то я хочу проєктувати будинки, які будуть любити» [35]. Для роботи приймемо таке визначення: «Стіька архітектура - це архітектура, яка спрямована на мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище будівель на ефективність і помірність при використанні матеріалів, енергії і простору для розвитку і екосистеми в цілому». Стіька архітектура використовує свідомий підхід до енергозбереження та екологічного збереженню при проєктуванні побудованої середовища.

Ідея стійкості або екологічного дизайну полягає в тому, щоб наші дії і рішення сьогодні не перешкоджали можливостям майбутніх поколінь [36, 37, 38, 39].

Узагальнюючи розглянуте, виділимо основні напрями формування стійкої архітектури і сформулюємо їх можливе об'ємно-просторове втілення: підтримання екологічної рівноваги між природними і штучними компоненти; перехід до маловідходних і безвідходних промисловим і будівельним технологіям; застосування співмасштабних конструктивних і об'ємно-просторових рішень, які вписані в контекст природного середовища; економічність, зведення економічно вигідних архітектурних об'єктів; зниження споживання ресурсів, використання відновлюваних джерел енергії; природовідповідність, впровадження природного компонента в структуру будівлі, використання рослинності; підвищення фізичного і психічного комфорту людей.

Етапи розвитку енергоефективних громадських будівель

Огляд етапів формування енергозберігаючої архітектури (рис.1.2), концепції «зеленого будівництва» дозволив визначити, що зменшення витрат на енергоспоживання досягається за рахунок впровадження альтернативних джерел енергії: сонячної енергії, вітрової енергії, теплової енергії землі, променистих систем опалення, вискоефективних біопозитивних будівельних матеріалів, теплоефективних огорожувальних конструкцій

Етап 1. Розділеність (1974-1998 рр.). Масове використання інноваційних технологій було непостійним на практиці. Після енергетичної кризи 70-х рр.

ЕТАПИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

РОЗДІЛЕНІСТЬ (1974 - 1998 рр)

Перша енергоефективна будівля
(Манчестер США 1974 р), EKONO-house
(Фінляндія, 1974 р)



Енергоефективна будівля «EKONO-house»
(Фінляндія, Отаніємі, 1973 р.)



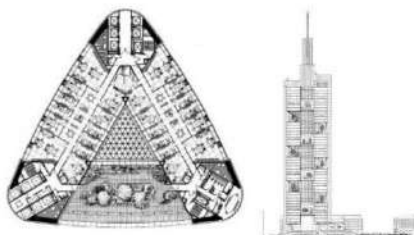
Загальний вигляд будівлі

План типового поверху

Енергоефективна офісна будівля для Адміністрації загальних служб
(США, НьюХемпшир, 1972 р.)

СИМБІОЗ (1998 - 2008 рр)

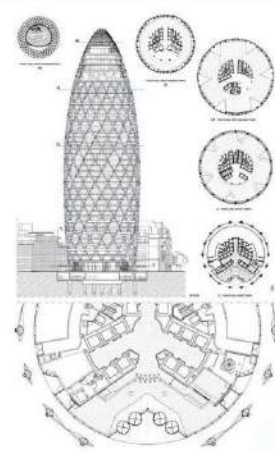
Комерц-банк
(Франкфурт-на-Майні 1998 р),
башта 30 St Mary Axe
(Лондон, 2004 р)



Commerzbank Tower, план поверху та розріз



Commerzbank Tower, загальний вигляд



Хмарочос 30 St Mary Axe (Британія, Лондон)
Плани, розріз

ЦІЛІСНІСТЬ (2008 - наш час)

Media Tic
(Барселона 2011 р),
Кліматичний центр
(Германія, 2001 р)



Всесвітній Торговий центр в Бахреїні
Загальний вигляд



Strata Tower (Британія, Лондон)
Загальний вигляд



Media-TIC (Іспанія, Барселона)
Загальний вигляд, деталь фасадної системи

Рис. 1.2. Етапи розвитку енергоефективних будівель

минулого століття, з появою «енергозберігаючих» будівель нормативні показники теплозахисту будівельних конструкцій за кордоном були збільшені в два-три рази. Це призвело до будівництва будинків низького і ультранизького енергоспоживання. Річні витрати тепла для перших становив 30-70 кВт/год на м³, для других - 15-30 кВт/год на м³ [40]. Розвиток тенденцій будівництва енергозберігаючих будівель призвело до появи таких понять, як «пасивний» і «активний» будинок. «Пасивний» будинок - компактний будинок, який споживає малу кількість енергії за рахунок збереження тепла, взятого з навколишнього середовища. Симбіоз «пасивного» і «розумного», автономного будинку, який базується на використанні альтернативних джерел енергії, являє собою «активний» будинок [41].

У 1970-х рр. на тлі популяризації руху за здоровий спосіб життя і чистоту навколишнього середовища були створені екологічні будинки, де використовувалися джерела альтернативної енергії. Напрямок одержав назву «зелене будівництво», мета якого - максимально скоротити рівень споживання енергетичних і матеріальних ресурсів на протязі всього періоду експлуатації будівлі. Ця філософія базується на ідеї збереження природних ресурсів і злиття ресурсів з навколишнім середовищем, з урахуванням інтересів майбутніх поколінь [42]. Основне завдання «зеленого будівництва» - зниження впливу негативних факторів забудови на зовнішнє середовище і здоров'я людини за рахунок:

- ефективного використання води, теплової енергії та інших альтернативних ресурсів;
- зниження впливів на навколишнє середовище шляхом скорочення кількості відходів та викидів;
- заходів щодо підвищення ефективності та екологічності будівництва для робітників;
- проведення комплексних заходів з підтримки здоров'я жителів кварталів;
- врахування інтересів майбутніх поколінь.

Принципи концепції «зеленої архітектури» були формалізовані в національний регламент життєвостійкого будівництва - «зелені стандарти» (рис.1.3), що лягли в основу сучасного проєктування енергозберігаючих

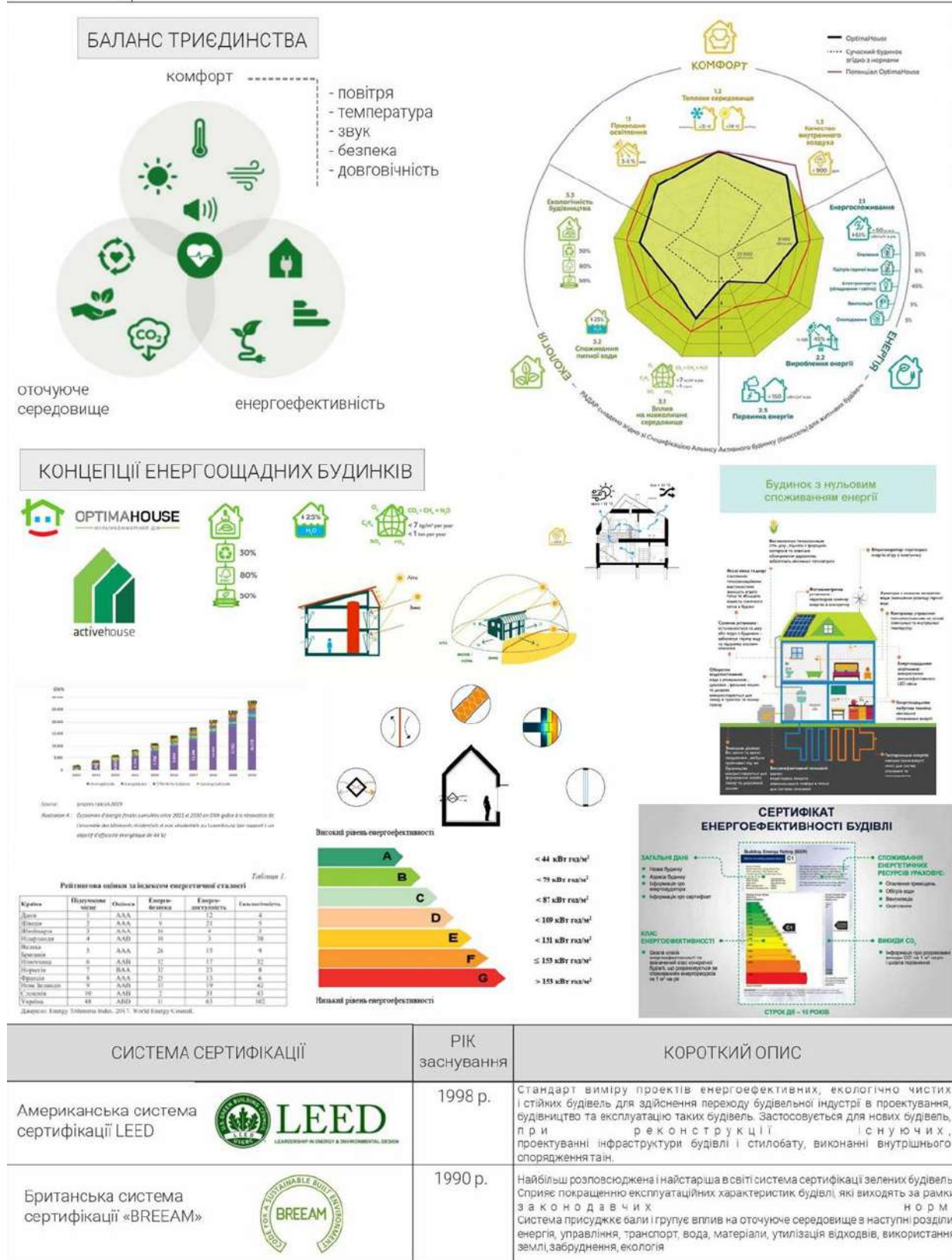


Рис. 1.3. Світові стандарти нормування енергоефективності в будівництві

будівель: місце розташування об'єкта, застосування біопозитивних матеріалів, раціональне використання води в «зеленому» будинку (при вторинному застосуванні води), безвідходне проектування, внутрішня екологія повітря. Розуміння важливості енергозбереження знайшло відображення в просуванні стратегії ресурсозбереження практикуючими «зелену архітектуру» архітекторами [43] - Фріденсрайха Хундертвассером (Австрія), Артуром Квормбі (Англія), Обі Баумен (США), Петером Старше (Швейцарія), Кімом Нільсеном (Данія), Еміліо Амбаз (Аргентина).

У 1990 році був впроваджений стандарт BREEAM, розроблений британською організацією BREGlobal, як метод екологічної оцінки енергоефективності будівель, заснований на добровільному рейтингу оцінки аспектів безпеки життєдіяльності, впливу на навколишнє середовище і комфорт «зелених» будівель. Ця система сприяла поліпшенню експлуатаційних характеристик будівлі. У 1992 році в США на основі державної програми був прийнятий EnergyStar (міжнародний стандарт енергоефективності споживчих товарів). Пізніше до цієї програми приєдналися Канада, Японія, Австралія, Нова Зеландія, Тайвань, Європейський союз. Програма EnergyStar сприяла поширенню економного енергоспоживання офісного обладнання та заохочення відновлюваних джерел енергії [44, 45].

Етап 2. Симбіоз (1998 -2008 рр.). У 1998 році з'явилася рейтингова система LEED за наступними категоріями: місце екологічного будівництва, ефективність водовикористання, енергія і атмосфера, матеріали і ресурси, якість середовища в приміщеннях, інноваційність та дизайн, регіональна пріоритетність.

Сьогодні природа вже не виступає пасивним фоном людської діяльності, а взаємодіє як активний її учасник, елемент єдиної енергетичної системи. Саме навколишнє середовище і клімат, як джерела енергії, і споруда з її наповненням, як цілісна енергетична підсистема утворюють симбіоз.

Комплексне використання існуючих можливостей і вибір оптимальної комбінації для конкретного проєкта дозволяє досягти головної мети –

енергоефективності будівлі в цілому. Як зазначає у своїй праці всесвітньовідомий британський архітектор Н. Фостер: «...Розташування і функціональне наповнення споруди, її конструктивна гнучкість і технологічні ресурси, орієнтація, форма, конструкція, системи обігріву і вентиляції, властивості використовуваних будівельних матеріалів – всі вищеперелічені параметри впливають на обсяг енергії, необхідної для будівництва, експлуатації і технічного обслуговування будівель...» [46].

Система кожної енергоефективної будівлі в тій чи іншій мірі є унікальною, адже повинна враховувати нюанси навколишнього середовища, актуального призначення, і неможливо вивести формули «ідеальної енергоефективної будівлі». Однак існує ряд складових, опираючись на які можливо сформувані базові вимоги до будівель, щоб забезпечити їх ефективність на енергозберігаючому рівні.

Етап 3. Цілісність (2008 р. – наш час). З 2005 року використовується метод аналізу життєвого циклу (LCA і LCC) на економічному та екологічному рівнях. При проектуванні враховується клімат і рельєф, а також фізичні розміри ділянки, що безпосереднім чином впливають на наступну особливість енергоефективних будівель – їх форму та орієнтацію відносно сторін світу.

Споруда мерії City Hall (Лондон, Великобританія, 2007р.), створена архітектурним колективом Foster+Partners., привертає увагу своєю незвичною формою. У типовому розумінні споруда позбавлена такого поняття як фасад – її геометрична форма більше нагадує модифіковану сферу, яка зводить площу зовнішніх поверхонь до мінімуму, особливо ту частину площини покрівлі, що потрапляє під прямі сонячні промені, зменшуючи таким чином нагрівання будівлі. У скляній будівлі дуже важливо контролювати накопичення тепла, яке виникає від впливу сонячних променів. Сферична форма зменшує площину зовнішньої поверхні на 25% у порівнянні з кубічною будівлею ідентичного об'єму. Мінімізація площі зовнішніх стін, які являються головним джерелом тепловтрат, дозволяє зменшити їх кількість у зимовий період і запобігти перегріву приміщень у літні місяці. Орієнтація на південь з великим заскленням

дозволяє максимально використати ресурс тепла світлової радіації. Форма будівлі запроєктована похилою у протилежний від ріки бік – для зменшення площі поверхні з сонячного боку і уникнення ефекту затінення набережної. У такий спосіб міжповерхові перекриття створюють природне затінення для поверхів, розташованих нижче. Усі ці проєктні заходи, у поєднанні з енергоощадними технологіями, використанням ґрунтових вод і щорічним зменшенням викидів вуглецю, демонструють продуманий підхід до проєктування громадських споруд як способу вирішення екологічних і технічних завдань. У поєднанні з формою будівлі її конструктив і використані матеріали дозволяють назвати таке сміливе вирішення успішним прикладом досягнення енергоефективності.

У нинішній час створюють будівлі, які не лише вражають своїм виглядом, а й працюють як раціональна самодостатня система, що заохочує мислити нетипово і експериментувати у пошуку найкращого рішення. На початкових етапах проєктування встановлюється взаємозв'язок між доступними ресурсами та елементами енергоспоживання і визначаються їх оптимальні параметри. Енергозберігаючі рішення повинні бути основними у процесі створення будівель, і саме тому ретельний аналіз будівлі як цілісної системи методами математичного і об'ємно-просторового моделювання є критично важливим.

1.2. Світовий та вітчизняний досвід розгортання програм з реконструкції і будівництва енергоефективних громадських будівель

Міжнародні стандарти і програми енергоефективності

Порівняльний аналіз міжнародних стандартів LEED, BREEAM і WELL. Сертифікація об'єктів робить процес формування об'ємно-просторового рішення будівлі більш формальним, архітектор може створити будівлю шляхом компіляції окремих технологій і ряду вимог. Подібний підхід набуває якості формального і стоїть питання чи є даний твір архітектурним.

BREEAM та LEED - це два найбільш визнані методи оцінки довкілля, що

застосовуються сьогодні у світовій будівельній галузі. Кожен має різні сильні та слабкі сторони з різними філософіями та бізнес-стратегіями. Як правило, порівнювати ці два напрями непросто. Оглянемо методики BREEAM та LEED - NC через їх історію, факти та характеристики. Аналіз вказує на відмінності між їх політикою, практикою та підходами. Розглядаються основні категорії та фактори.

BREEAM Office 2008 та LEED - NC (New Constructions and Major Renovations) 2009, які враховуються у процесі оцінки, та детально порівнюються їх відмінності, що визначають пріоритет та важливість цих факторів серед різних методів розрахунку та процесу сертифікації будівлі. З огляду на те, скільки приділяється уваги до небезпеки на нашій планеті та впливу на навколишнє середовище, приватні компанії та дослідники розробляють інноваційні способи вирішення потреб людини у нових будівлях та мінімізують вплив цих видів діяльності на довкілля. Серед різних підходів та тактик, що застосовуються для опису, кількісної оцінки та контролю цих впливів, найбільш вагомими є інструменти та методи BSA, що супроводжуються новим світовим регулюванням будівельної промисловості.

Існує кілька основних категорій, які враховуються при проектуванні сталого та екологічного будівництва; серед них - енергоефективність, викиди CO₂, вибір матеріалів, управління водою та якістю внутрішнього середовища та зменшення відходів. Головною метою екологічного проектування та реконструкції будівлі є менший вплив на навколишнє середовище, зменшення використання природних ресурсів та покращення стану здоров'я та загальної якості життя людей. Слід зазначити, що екологічні ініціативи та ініціативи будівельної галузі відносно вирішенню проблеми споживання енергії не є новими.

Міжнародне партнерство зі співробітництва в галузі енергоефективності (ІРЕЕС) і Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА). Директива про енергоефективність будівель (2010/31/ЄС) є ключовим нормативним інструментом, спрямованим на підвищення енергоефективності

будівельного сектора [47].

Програми енергоефективності в зарубіжних країнах. Ключові концепції енергоефективних будівель в світовому досвіді і їх застосування в архітектурному проєктуванні громадських будівель

Концепція «пасивного будинку» [48,49] (Passivhaus) була розроблена в середині 80-х років минулого століття німецьким архітектором Вольфгангом Файстом. На даний момент ця концепція представлена у вигляді стандарту, що дозволяє не тільки економити енергію, але й створювати комфортні умови для проживання. Пасивний дім є економічним та має мінімальний негативний вплив на зовнішнє середовище. За найбільш сприятливих умов «пасивний дім» не потребує коштовного опалення взагалі, що досягається через використання внутрішніх теплових ресурсів. Для цього необхідно максимально утилізувати тепло викидів, а також мінімізувати теплові втрати завдяки ефективній теплоізоляції [50].

Енергетична концепція пасивного дому дозволяє знизити витрати енергії в новобудовах у 8-10 разів. Таким чином, коли звичайний будинок в Німеччині споживає 150-250 кВт год/м² на рік, для пасивного дому достатньо лише 10-15 кВт год/м² на рік [51]. Базова ідея пасивного будинку зводиться до створення безперервної оболонки будівлі з підвищеною теплоізоляцією та коефіцієнтом теплопровідності $< 0,15 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Характерні ознаки пасивного дому:

- запобігання місць втрати тепла;
- компактність споруди;
- пасивне використання сонячної енергії завдяки орієнтації будівлі на південь та відсутності затіненості;
- спеціальні високоякісні вікна та віконні профілі з коефіцієнтом теплопровідності $< 0,8 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- рекуперація тепла з відпрацьованого повітря, відсоток збереження тепла $> 75\%$;
- підігрів води за допомогою сонячних колекторів або теплового

- насосу;
- пасивний підігрів повітря за допомогою, наприклад, земляного теплообмінника [52].

Згідно зі статистикою, до 1999 року в Німеччині було збудовано близько 300 пасивних будинків, а до середини 2007 року – вже більше 7000. Сучасний пасивний будинок потребує на 90% менше енергії, ніж звичайний. Через мінімальний теплообмін із навколишнім середовищем пасивні будинки часто називають термосами [53]. Герметичність виступає дуже важливим фактором для забезпечення стандарту пасивного дому. Уникнення неконтрольованих проникнень конструкційних елементів, ретельне розміщення всіх необхідних комунікацій в ізоляційному шарі спричиняють високий потенціал енергозбереження будівлі. Герметичність пасивного будинку обов'язково перевіряється методом різниці тиску Blower Door Test [54].

Концепція будівлі з нульовим енергоспоживанням (ZEB, Zero Energy Building) розвивалася в той самий період, що й концепція пасивного дому. Ця концепція знайшла свій розвиток в США та Канаді і має певні схожі риси з першою концепцією. Головною відмінною рисою даної концепції є її підвищена увага до використання альтернативних джерел енергії – вітряних генераторів або сонячних батарей на основі фотоелектричних перетворювачів [55].

Будівлею з нульовим енергоспоживанням може називатися така будівля, загальна кількість спожитої енергії якої за рік приблизно дорівнює загальній кількості відновлюваної енергії, що вироблена у місці розташування будинку. Джерелами відновлюваної енергії може бути сонячне світло, вітер, дощ, енергія припливів та відливів і геотермальне тепло. Використання геотермального тепла є поки що неможливим для створення таких будівель через недостатній рівень розвитку відповідних технологій. Усі інші згадані джерела відновлюваної енергії можуть використовуватися з урахуванням природніх умов розташування майбутньої будівлі.

Один із найуспішніших прикладів будівель з нульовим енергоспоживанням

є житловий будинок у місті Хоупвел, штат Нью-Джерсі (США), збудований інженером Майком Стрізкі. Цей будинок є повністю енергонезалежним. Влітку сонячні батареї забезпечують на 60% більше енергії, ніж необхідно для комфортного проживання. Надлишок витрачається на електроліз води для отримання водню, що використовується для обігріву в холодні місяці, коли є нестача сонячного тепла. Енергетичне устаткування цього «сонячно-водневого будинку» становить 56 сонячних батарей, що розташовані на даху гаража [56].

Варто зауважити, що досить невелика кількість існуючих будинків може бути названа на 100% будівлею з нульовим енергоспоживанням. Тільки останніми роками розвиток технологій будівництва, використання альтернативних джерел енергії та академічні дослідження дозволили перенести такі будівлі з теоретичної площини у площину практичного будівництва.

Найбільш розповсюдженими є ZEB будівлі з використанням сонячної енергії. Сонячні модулі таких будівель можуть бути під'єднані до існуючої електромережі або бути незалежними від неї. У першому випадку система складається з сонячних панелей, одного або декількох інверторів, блоку регулювання потужності та устаткування, що забезпечує під'єднання до існуючої електромережі. Коли генерація енергії перевищує потреби будівлі, надлишок енергії спрямовується до електромережі, при цьому застосовуються відповідні регулюючі норми. Надлишкова енергія покриває майбутні періоди її нестачі та підвищеного попиту, результуючи в нульовий енергетичний баланс. З урахуванням наявних технологій отримання електроенергії та обмежень щодо зберігання отриманої електроенергії, підключення до існуючої електромережі є найбільш розповсюдженим способом реалізації концепції будівлі з нульовим енергоспоживанням. Однак можливе й будівництво таких споруд без підключення до наявних електромереж. Найчастіше у таких випадках будинки обладнані спеціальними батареями для зберігання надлишкової електроенергії.

Невелика кількість реалізованих проєктів ZEB будівель пов'язана з високою вартістю необхідних інженерних рішень. Так, вартість вищезгаданого сонячно-водневого будинку становила близько пів-мільйону доларів [55]. Останнім

часом розповсюдження отримала альтернатива ZEB – загальнонаціональна програма Near-Zero Energy House (NZEH), що має на меті знизити енергоспоживання без переходу на самостійне забезпечення енергією [57,58]. Програма фокусує увагу на пасивним способам зниження енергоспоживання: підвищення енергоефективності захисних конструкцій, зменшення втрат підігрітого повітря через системи природньої вентиляції та запровадження енергозберігаючих архітектурно-планувальних рішень. У результаті реалізації даної програми на даний момент збудовано декілька сотень енергетично ефективних будинків. Рівень споживання енергії в них зменшено на 50% порівняно зі звичайними будинками

Концепція «активного» будинку. Третьою розповсюдженою концепцією енергоефективного будівництва є концепція активного будинка (active house). Базовим принципом активного будинку є поєднання рішень, розроблених Інститутом пасивного будинку (Німеччина), технологій «розумного дому» та використанням альтернативної енергетики. Будинки, споруджені за цією концепцією, витрачають на власні потреби мінімум енергії. Крім того, вони виробляють енергію в такій кількості, що можуть не тільки забезпечувати власні потреби, а й поставляти її до мереж центрального постачання електроенергії, отримуючи компенсації. Таким чином активний будинок стає джерелом прибутку, а не витрат [53].

В енергоефективному будинку окрім пасивних систем, що забезпечують пряму взаємодію між оболонкою будівлі та навколишнім середовищем та не виробляють енергію і не потребують жодних механічних устаткувань для свого функціонування, існують також і активні системи. Активні системи створені, щоб використовувати навколишнє середовище для отримання електроенергії або для взаємодії із спеціальними пристроями перетворення альтернативної енергії з метою забезпечення обігріву або охолодження. Важко однозначно розрізнити активні та пасивні системи в енергоефективній будівлі, оскільки вони часто виступають у взаємодії з метою отримання електроенергії, пасивного охолодження, пасивного нагріву, а також зберігання тепла, відновлення тепла

та уникання теплових втрат.

Прикладом активної системи може бути використання акумулятивних властивостей бетонних конструкцій з метою вирівнювання змінних температур зовнішнього середовища. Одним з перших випадків використання «термолабіринту» було будівництво у 1977 році комплексу Королівської музичної академії, що складалася з декількох театрів та музичних студій. За таким самим принципом нещодавно було збудовано площу Федерації в Мельбурні, Австралія. Зовнішнє повітря спрямовується у лабіринт під площею і подається у центральний атриум основної будівлі. Таким чином досягається суттєвий ефект охолодження повітря.

Згадані три концепції енергоефективних будівель – концепція пасивного будинку, концепція будівлі з нульовим енергоспоживанням та концепція активного будинку – мають істотні спільні риси, а саме:

- низький рівень споживання енергії;
- низький рівень шкідливих викидів;
- відновлюваність та екологічність

Використання енергоефективних технологій при зведенні будівель використовується в концепції розумного міста.

Розумне місто – це концепція містобудування, яка об'єднує багато інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), включаючи системи Інтернету речей (ІоТ), які керують міською інфраструктурою: транспортом, освітою, охороною здоров'я, системами житлово-комунального господарства, безпекою тощо. «Розумне місто» має на меті покращити якість життя мешканців за допомогою інформаційних технологій міста, зробити послуги ефективнішими та задовольнити потреби мешканців (рис. 1.4).

Британський інститут стандартів (BSI) описує розумне місто як «ефективну інтеграцію фізичних, цифрових і людських систем у штучне середовище для забезпечення стійкого, процвітаючого та інклюзивного майбутнього для громадян» [59,60].

РОЗУМНЕ МІСТО. ВЛАСТИВОСТІ. СТАНДАРТИ. ПРИНЦИПИ. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОБЛАСТІ

■ СТАНДАРТ «РОЗУМНОГО МІСТА»



■ РІШЕННЯ, ЯКІ РЕКОМЕНДОВАНІ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ В МІСТАХ З НАСЕЛЕННЯМ БІЛЬШЕ 100 ТИС ЧОЛОВІК

■ ВЛАСТИВОСТІ РОЗУМНОГО МІСТА



- Сінгапур 2025
- Нью-Йорк 2021
- Лондон 2021
- Берлін 2020
- Дубаї 2021
- Барселона 2021

Громадянин в центрі уваги приймає участь в житті і управлінні містом

Розширення і покращення міських сервісів

Технології для забезпечення можливостей розумного міста

Мобільність горожан

Дружня і приваблива для бізнесу і життя столиця

Об'єднання горожан, правління і бізнесу

Універсальний доступ до культури, освіти, охорони здоров'я

■ КЛЮЧОВІ ПРИНЦИПИ РОЗУМНОГО МІСТА: КОМПОНЕНТИ МІСТА



Рис. 1.4. Концепція розумного міста. Стандарт. Властивості. Принципи

За допомогою ІКТ міська влада може взаємодіяти з громадами та інфраструктурою міста та відстежувати, що відбувається в місті, як місто розвивається та як можна покращити якість життя в місті. За допомогою інтегрованих датчиків дані, зібрані від громадян і пристроїв, обробляються та аналізуються в режимі реального часу. Зібрана інформація є ключем до вирішення неефективності.

Завдяки ІКТ підвищується якість, продуктивність та інтерактивність міських послуг, зменшуються витрати та споживання ресурсів, а також покращується зв'язок між мешканцями міста та владою.

Використання технології типу «Smart City» розвивається для покращення управління міськими потоками та швидкого реагування на складні завдання. Тому «розумне місто» більш охоче вирішує проблеми, ніж у суто «функціональних» стосунках зі своїми мешканцями. Тим не менш, сам термін все ще є незрозумілим у своєму визначенні, тому викликає численні тлумачення та дискусії (рис. 1.5).

Комплексні технології, які впливають на розвиток «розумного міста», – це технології, які охоплюють одночасно декілька напрямків чи галузей, у цьому конкретному випадку з точки зору управління містом. Тому від них залежить створення та розвиток міжфункціональних та міжгалузевих рішень. Через контакти та взаємне збагачення різних галузей знань створюються нові ефективні технології та застосовні рішення, які визначають перспективи розвитку «розумних міст». Грамотне використання наскрізних технологій в кінцевому результаті призводить до підвищення якості життя, комфорту міського середовища та управління різними галузями міського господарства, знижує споживання ресурсів.

Стандарти ISO 37120:2014 та 37151:2015. Підтримуючи модернізацію інфраструктури, компанії мають можливість інвестувати у фінансово вигідні проекти. Прикладом ефективного впровадження державно-приватного

РОЗУМНЕ МІСТО. ВЛАСТИВОСТІ. СТАНДАРТИ. ПРИНЦИПИ. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОБЛАСТІ

Функціональні області проектів Розумне місто

Розумна енергетика	Розумний транспорт	Розумні вода і газ	Розумне міське середовище	Розумний будинок
Розумні лічильники електроенергії	Інтелектуальні транспортні системи	Розумні лічильники водовикористання	Розумний відеонагляд та безпека	Інтегрована автоматизація
Управління кінцевим використанням	Системи оплати за користування інфраструктурою	Контроль водовикористання	Розумне освітлення	Віддалене управління будівлями
Інфраструктура електротранспорту	Розумні парковки	Виявлення проблем	Розумна утилізація відходів	Розумні прилади
Інтеграція розподільчої генерації	Інформаційні оповіщення для горожан	Управління надзвичайними ситуаціями	Управління місто-будуванням і землекористуванням	Розумні додатки і IT сервіси
Когенерація	Автомобілі з низьким рівнем викидів	Зниження рівня витрат	Ефективні лікарні	Енергоефективне проектування будівель
Відновлювальна генерація	Екологічний громадський транспорт	Іноваційні методи очистки	Соціальні сервіси	Енергоефективна реставрація старих будівель

РОЗУМНЕ МІСТО: КОНТРОЛЬ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ



ТРИ РІВНЯ ПРОЕКТУВАННЯ В МІСТІ



ОСНОВНІ МЕТРИКИ ISO-СТАНДАРТІВ



Рис. 1.5. Концепція розумного міста. Функціональні області. Контроль та прогнозування

партнерства можуть стати концептуальні проекти Smart City. У 2014-2015рр. Було розроблено стандарти ISO, які стверджують, що існують три рівні проектів: рівень інфраструктури, рівень об'єктів і рівень міських послуг.

Стандарти визначають перелік цільових показників, які міста можуть вимірювати та керувати ними для оцінки свого розвитку. ISO 37120:2014 «Сталий розвиток громади. «Індикатори міських послуг та якості життя» регламентують 46 обов'язкових і 56 додаткових показників за 17 напрямками [61].

Огляд української нормативної та правової бази

Процес впровадження технологій енергоефективності у сучасну будівельну та архітектурну практику України об'єктивно вимагає висвітлення різних сфер їх застосування: для існуючих будівель різних типів, у новобудовах та при реконструкції. За даними Державної служби статистики України, з 1990 року в Україні введено в експлуатацію 27364,8 млн.м² [2] нового житла. Цей масив будівель потребує підвищення енергоефективності житлового фонду України. В Україні запроваджено закони про енергозбереження, енергоефективність будівель [62], енергоефективні будинки та програма «Теплі кредити». Відбувається робота Фонду енергоефективності РГ «Енергоефективні міста України»; розроблено План дій зі сталого розвитку енергії та клімату (SECAP); підписано угоду міських голів щодо вирішення проблем раціонального використання енергії; впроваджує досвід країн Європейського Союзу щодо підвищення енергоефективності [63,64].

Державне агентство енергоефективності та енергозбереження. В Україні діє Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження [58], яке реалізує урядові програми енергоефективності. Діють громадські організації: Рада з Зеленого Будівництва «Green Council» (UaGBC), яка є членом Всесвітньої Ради з Зеленого Будівництва «World Green Building Council» та займається популяризацією «зеленого» будівництва, регулюванням законодавства, впровадженням міжнародних стандартів «зеленого» будівництва, сертифікацією будівель в Україні. Європейським Союзом

започаткована Угода мерів щодо клімату та енергії, яка включає місцеві та регіональні органи влади, що зобов'язуються підвищувати енергоефективність та збільшувати частку відновлювальної енергії.

Європейською економічною комісією ООН ініційовано процес «Довкілля для Європи», де підписали заяви про: «відповідність і спостереження за виконанням багатосторонніх природоохоронних угод, станом довкілля в Європі (Київська оцінка), енергетичною ефективністю і ціновою політикою в енергетиці, конвенцією щодо охорони та сталого розвитку Карпат» [65].

Україна веде міжнародне співробітництво з Європейською Комісією (ЄК), Організацією економічного співробітництва та розвитку (OECD), Міжнародним агентством з відновлюваної енергетики (IRENA), Австрійським енергетичним агентством (AEA), Міжнародним енергетичним агентством (IEA), Німецькою урядовою компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Центром відновлюваних джерел енергії Грецької Республіки (CRES), Секретаріатом Енергетичної Хартії, Шведським енергетичним агентством (Energimyndigheten), Німецьким енергетичним агентством (DENA), Французьким агентством з питань довкілля та енергоуправління (ADEME), Словацьким інноваційним енергетичним агентством (CIEA), Агентством США з міжнародного розвитку (USAID)

Законодавче закріплення політики впровадження технологій енергоефективності. В Україні головним документом по енергозбереженню є закон України «Про енергозбереження», затверджений Постановою Верховної Ради України від 01.07.94 р. В Законі розглянуто державне управління енергозбереженням, позавідомчий контроль за використанням паливно-енергетичних ресурсів, наявність державної експертизи енергозбереження, стандартизація, сертифікація та нормування в області енергозбереження та ін. Закон передбачає участь України в міжнародній співпраці в сфері енергозбереження на державному та громадському рівнях. Указом Президента України від 26.07.95 г. № 666 був створений Державний комітет України по енергозбереженню (зараз Державне агентство з

енергоефективності та енергозбереження України). Постановою Кабінету Міністрів України від 09.01.96 р. № 20 «Об управлении сферой энергосбережения» передбачено створення підрозділів по енергозбереженню на різних рівнях керівництва та виробництва. На цій основі урядовими організаціями було видано ряд законодавчих актів, що стосуються енергоефективності в житловому будівництві

Відмінності між українською та зарубіжною законодавчою і нормативними базами. Необхідно прийняти більш жорсткі вимоги стандартів в порівнянні з тими, які розроблені на даному етапі, оскільки в них відсутні конкретні вимоги. Проектувальники і архітектори повинні знати і використовувати ці норми в повній мірі на всій території держави.

У загальному випадку, число варіантів зниження енергоспоживання при ремонті або реконструкції застарілих громадських будівель менше, ніж при зведенні нових, тому для оновлюваних будівель вимоги можуть бути менш жорсткими.

Впровадження енергоефективних технологій при будівництві нерухомості в Україні в 2000-2010-х рр

Першим кроком є визначення існуючих місцевих, регіональних і національних законів, політики та правил, які впливають на місцеві енергетичні та кліматичні проблеми. Збір і аналіз існуючих планів і положень є хорошою відправною точкою для розробки оптимальної стратегії.

Наступним кроком є перегляд, перевірка та порівняння цілей сталої енергетичної стратегії в зібраних документах. Важливо з'ясувати, чи доповнюють ці завдання і цілі один одного, чи суперечать вони.

Нарешті, місцева влада повинна запросити всіх можливих зацікавлених сторін, учасників і партнерів для обговорення виявлених і потенційних конфліктних ситуацій. Вам слід спробувати досягти згоди щодо змін, які необхідно внести до планів, і чітко визначити, хто і коли їх впроваджуватиме.

Ці зміни необхідно запланувати, а перелік запланованих заходів слід

включити до ПДСЕР. Потрібен час, щоб запроваджені зміни мали позитивний вплив, і підтримка політичного керівництва є дуже важливою.

Сучасний стан впровадження технологій енергоефективності в Україні (2010-і рр.)

Сьогодні міжнародна спільнота об'єднує зусилля, щоб визначити підхід, який уповільнює зміну клімату та є прийнятним для країн з різним рівнем розвитку та економічною структурою.

З 1995 року Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН) є найефективнішим глобальним форумом для боротьби зі зміною клімату, спричиненою діяльністю людини. Після щорічного прийняття Конференцією Сторін (СС) країни обговорюють і визначають методи, які вони приймають для скорочення викидів парникових газів [66, 47, 67, 68]. У 2015 році Паризькі переговори (КС-21) призвели до ухвалення Паризької угоди, яка створила регуляторний механізм для зменшення впливу на клімат до 2020 року. Принципи та підходи сталого міського розвитку, встановлені на той час Організацією Об'єднаних Націй, лягли в основу розвитку урбанізму в найрозвиненіших країнах світу з метою створення функціонуючої моделі майбутнього, в якій можна досягти економічного зростання, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу та не обтяжуючи суспільство. Україна підписала та ратифікувала угоду у 2016 році. Цей державний крок став важливою ланкою у глобальній боротьбі зі зміною клімату та захисті навколишнього середовища, а питання енергозбереження в Україні набрало обертів. Енергозбереження стало одним із найважливіших завдань розвитку вітчизняної архітектурно-будівельної галузі.

Важливою подією стало набуття чинності основного регламенту ЄС з енергоефективності Директиви 2010/31/ЄС у 2010 році. Основні положення директиви: запровадження сертифікатів енергоефективності для будівель, що продаються чи здаються в оренду; Методи встановлення систем випробування систем опалення та кондиціонування повітря; обов'язкове нульове енергоспоживання громадських будівель; Встановлення мінімальних вимог до

енергоефективності новобудов та будівель, що підлягають капітальному ремонту; Розроблено переліки державних фінансових заходів та інструментів підвищення енергоефективності будівель. Основні принципи директиви були підтверджені в Законі про енергоефективність будівель, який поширюється на більшість нових будівель у країні.

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України у 2019 році [69], за останні 4 роки в енергоефективність та «чисту енергію» в Україні було інвестовано близько 2 мільярдів євро. Більшість інвестицій у місцеву економіку та місцевий економічний розвиток були зроблені у відновлювані джерела енергії – понад 500 мільйонів євро було інвестовано в розвиток нових виробничих потужностей (встановлена потужність близько 1300 МВт). Близько 7,5 тисяч українських родин інвестували понад 150 мільйонів євро в приватні сонячні електростанції загальною потужністю майже 160 МВт. Понад півмільйона українських сімей вжили заходів, щоб утеплити свої домівки та заощадити від 20 до 70 відсотків на оплаті електроенергії за програмою фінансування «Теплі кредити» держави та домогосподарств. За рахунок «теплих кредитів» модернізували понад 1600 квартир у багатоповерхових житлових будинках на суму близько 470 мільйонів гривень, що більше, ніж за всі попередні роки разом.

Проекти, виконані за останні роки, показали, що, наприклад, потенційна продуктивність лише сонячних панелей у кліматичних умовах України може становити 28 млрд кВт·год теплової енергії, що дозволить заощадити близько 3,4 млн тонн умовного палива [70].

Також активно розвивається ринок енергоефективної сертифікації будівель. З початку 2020 року видано понад 700 енергетичних сертифікатів для будівель різного призначення: понад 770 для житлових будинків; понад 400 громадських будівель; майже 380 навчальних закладів; понад 280 закладів охорони здоров'я; 110 дитячих садків; близько 100 торгових компаній; 9 готелів [71].

Експерти з енергоефективності України вважають запровадження європейських стандартів і вимог щодо забезпечення енергоефективності будівель сьогодні позитивним моментом: це допоможе зменшити енергетичну залежність країни, та простимулює розвиток будівельного та суміжних ринків, зменшить споживання вартість енергоресурсів; Поліпшення технічного стану будівель, продовження терміну їх ефективної служби, підвищення комфортності українських міст в цілому, збільшення конкурентоспроможності вітчизняних архітектурно-будівельних компаній на світовому ринку [70].

1.3. Аналіз успішних об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель

Архітектурний проєкт повинен розглядатися системно як складноорганізована структура рівноцінними елементами якої є функціональні, технічні, конструктивні, естетичні властивості

Приклад 1. David H. Lawrence Raphael Vignol Convention Center у Пітсбурзі, США (2003). У цьому проєкті видно справжній синтез технологічної та естетичної складових. Покрівля із сталевого тросу у формі вітрила сприяє природній циркуляції повітря та зменшує витрати на вентиляцію будівлі. Тут спрацьовує так званий «ефект димаря», для якого ідеально підходить повітряний потік, що піднімається з річки. Таке рішення, у свою чергу, дозволяє зменшити розміри вентиляційних каналів і, крім іншого, покращує естетичність будівлі разом із програмою покращення природного освітлення та використання води. Для природного освітлення використовується верхній ряд вікон і стельові ліхтарі, які займають 10% площі. Незважаючи на всі технічні деталі, будівля виглядає дуже елегантно, а обраний стиль нагадує арт-деко 1930-х років - початку економічного буму Америки. Дотримання пропорцій горизонтальних і вертикальних ліній привносить певний класицизм, перші будівлі з природною вентиляцією в США в 19 столітті. були будівлі Палладіо, які буквально відтворювали відкриття архітектури Відродження.

Приклад 2. OneCentralPark Tower в Сіднеї (2013). Двосторонні будівлі різної висоти утворюють форму. Яскравою частиною хмарочоса є найвищий у

світі вертикальний сад, створений Патріком Бланом як засіб гуманізації міського простору. Центральна частина будівлі має регульовані дзеркала, які, відбиваючи сонячне світло, забезпечують необхідне освітлення всіх фасадів будівлі. У хмарочосі є житлові, офісні та комерційні приміщення. Комплекс органічно вписаний у контекст навколишньої території. Громадський парк «протікає» через скляні фасади веж, а понад 350 різноманітних стійких до погодних умов і невибагливих квітів і рослин, використаних для створення вертикальних садів, створюють барвисту композицію. Тінь, яку створюють рослини, робить будівлю на 25% економічнішою за місцеві аналоги. Надлишок тепла, що утворюється в комплексі, використовується в вентиляційній системі. Хмарочос має власну систему очищення стічних вод і автономний теплоцентр, що робить вежу незалежною від систем зв'язку міста. Таким чином, комплекс OneCentralPark втілює практично всі перераховані вище принципи сталої архітектури, за винятком переходу на маловідходні та безвідходні промислово-будівельні технології, про що в джерелах не йдеться.

Приклад 3. Музей природознавства в Тренто (рис.1.6), проєкт якого був виконаний знаменитим італійським архітектором Renzo Piano [72]. Форма будівлі висотою від 3 до 6 поверхів нагадує вершини Доломітових Альп, про виникнення яких розповідається в музеї. У музеї зібрані експонати про походження Сонячної системи, про доісторичні часи і про глобальне потепління клімату, а також в вільних просторах атруіма підвішені опудала тварин. На даху будівлі розміщені сонячні батареї, що виробляють електроенергію, під будівлею знаходиться вертикальний контур з геотермальними свердловинами для постачання кліматичної системи будівлі, що складається з випромінюючих панелей. Когенераційна установка виробляє одночасно електроенергію і необхідне тепло. Місцезнаходження музею на березі річки піддає його небезпеки сезонних повеней, тому від річки були проведені канали, а саму будівлю оточено ставком, який виконує функцію резервуара для води на випадок пожежі. Один з фасадів будівлі озеленює, в той час як з іншого боку знаходиться оранжерея з тропічними рослинами. Всі живі

ЕКОЛОГІЧНИЙ МУЗЕЙ ПРИРОДОЗНАВСТВА В ІТАЛІЇ

ТРЕНТО, ІТАЛІЯ
Renzo Piano
Building Workshop
рік: 2013



План місцевості



План підземного поверху



План цокольного поверху



План першого поверху



План другого поверху



Загальний вигляд будівлі музею



Загальний вигляд будівлі музею



Інтерери музею



Схема використання енергоефективних технологій

Рис. 1.6. Світовий досвід проєктування енергоефективних будівель

насадження поливаються зібраної в цистерни дощовою водою, яка на 50% забезпечує потреби будівлі. Стіни з місцевого каменю створюють термальну масу, а покриття для підлоги виконане з вирощеного в Італії бамбука.

Італійський музей MUSE побудований на місці занедбаної промислової зони, де раніше проводилися автомобільні шини, і архітектурне бюро Renzo Piano активно працювало над тим, щоб відновити еко- систему ділянки, реалізувавши проєкт музею, відповідного золотого стандарту еко-сертифікації LEED [73].

Приклад 4. Тайванське проєктне бюро Formosana створило масштабний та важливий проєкт екологічної будівлі Науково-дослідного центру (рис.1.7) в тайванській провінції Наньтоу. Будівля площею 24721,58 м² призначена для вчених і молодих фахівців, які залишили регіон через наслідки землетрусу.

У новому центрі враховані принципи сейсмостійкості і біоклиматичної архітектури. На майданчику перед будівлею є прохід на озеленений насадженнями дах будівлі, що захищає його від перегріву і утворить візуальну єдність з навколишнім ландшафтом. Створення триповерхової оранжереї орієнтованої на південний схід створює оптимальний мікроклімат для вирощування субтропічних рослин. У внутрішньому дворі розташований ставок, який здійснює випарне охолодження. На озелененому даху будівлі встановлені фотобатареї, а над внутрішнім двориком вони, крім вироблення електроенергії, створюють тінь. Зовнішня сонячна захист будівлі складається з металевих екранів і алюмінієвих жалюзі. У будівлі здійснюється збір дощової води, а кондиціонери працюють із застосуванням системи зберігання льоду. Цей проєкт бюро Formosana отримав тайванський еко-сертифікат вищої категорії.

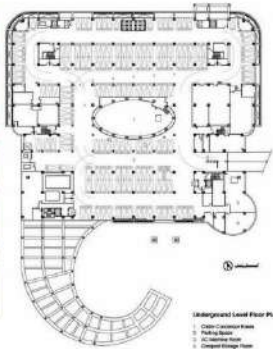
Приклад 5. Кампус Іден Холл (рис.1.8), розташований на 388 гектарах лісів та полів у місті Річленд, штат Пенсільванія, перший у світі університетський кампус, призначений для демонстрації стійких рішень. Оскільки кампус служить освітнім полотном, викладачі, студенти та громадськість використовують спільний практичний підхід до навчання

ТАЙВАНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР З ЗЕЛЕНИМ ДАХОМ

Центральний інноваційний кампус MOEA
 НАУКОВИЙ ЦЕНТР,
 МІСТО НАНЬТОУ, ТАЙВАНЬ
 Bio-architecture Formosana + NOIZ ARCHITECTS
 Площа: 24721 м²
 рік: 2014



План місцевості



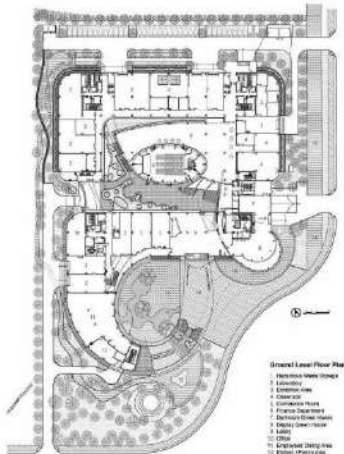
План підземного поверху



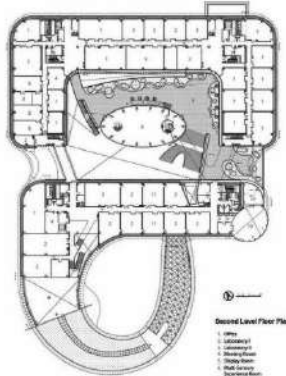
Загальний вигляд будівлі кампусу



Застосування енергозберігаючих технологій



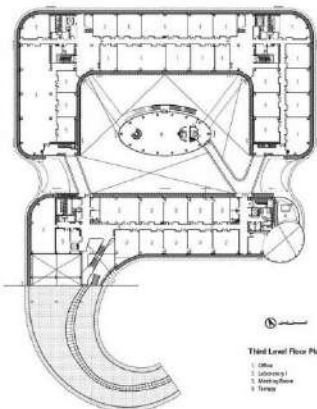
План першого поверху



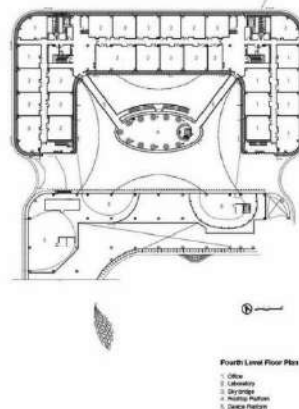
План другого поверху



Застосування енергозберігаючих технологій



План третього поверху



План четвертого поверху



Інтер'єри будівлі кампусу

*Рис. 1.7. Світовий досвід проектування енергоефективних будівель
(продовження)*

КАМПУС УНІВЕРСИТЕТУ ЧАТЕМ

Chatham University Eden Hall Campus
 Річланд, Філадельфія, США
 Architecture: Mithun
 Площа: 91974 м²
 рік: 2015



План місцевості



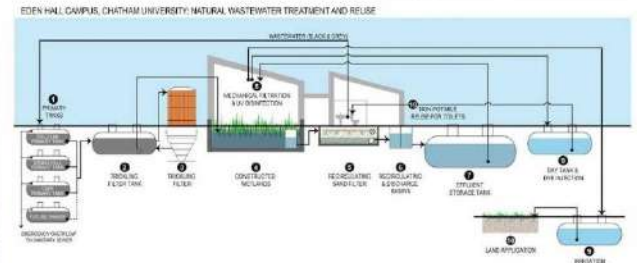
NUMBER	DESCRIPTION	NUMBER	DESCRIPTION	NUMBER	DESCRIPTION
01	Water Line	01	Open Area	01	Plaza
02	Roof Top Solar PV	02	Public Theater & Exhibition Hall	02	Roof Top Solar PV
03	Roof Top Solar Thermal	03	Faculty Building	03	Roof Top Solar Thermal
04	Storm Water Retention	04	Art Building	04	Storm Water Retention
05	Roof Top Solar Storage	05	Faculty Office Building	05	Roof Top Solar Storage
06	Roof Top Solar Heating	06	Student Union Building	06	Roof Top Solar Heating
07	Water Storage Tank	07	Faculty Office Building	07	Water Storage Tank
08	Water Storage Tank	08	Faculty Office Building	08	Water Storage Tank
09	Water Storage Tank	09	Faculty Office Building	09	Water Storage Tank
10	Water Storage Tank	10	Faculty Office Building	10	Water Storage Tank
11	Water Storage Tank	11	Faculty Office Building	11	Water Storage Tank
12	Water Storage Tank	12	Faculty Office Building	12	Water Storage Tank
13	Water Storage Tank	13	Faculty Office Building	13	Water Storage Tank
14	Water Storage Tank	14	Faculty Office Building	14	Water Storage Tank
15	Water Storage Tank	15	Faculty Office Building	15	Water Storage Tank
16	Water Storage Tank	16	Faculty Office Building	16	Water Storage Tank
17	Water Storage Tank	17	Faculty Office Building	17	Water Storage Tank
18	Water Storage Tank	18	Faculty Office Building	18	Water Storage Tank
19	Water Storage Tank	19	Faculty Office Building	19	Water Storage Tank
20	Water Storage Tank	20	Faculty Office Building	20	Water Storage Tank



Загальний вигляд будівлі кампусу



Застосування енергозберігаючих технологій



Застосування енергозберігаючих технологій



Рис. 1.8. Світовий досвід проєктування енергоефективних будівель(продовження)

розвитку лідерів завтрашнього дня у сфері сталого розвитку [74]. Побудований «під землею», Іден Холл-це навчальний кампус, який занурює сучасних студентів, дітей, сім'ї, громади та учнів, які навчаються протягом усього життя, у можливості завтрашнього дня. Це життєво необхідна міждисциплінарна лабораторія, призначена для підтримки співпраці між лідерами та учнями, науковими та бізнес -центрами, а також мистецтвом та науками. Тут розроблені масштабні інструменти та ідеї, які керуватимуть прийняттям рішень на основі даних у соціальних, економічних та екологічних питаннях, з якими ми всі будемо стикатися разом, та реалізувати їх, коли це можливо, не лише для демонстрації свого потенціалу, а й для натхнення спільноти. «Eden Hall призначений для охоплення широкої аудиторії, взаємодії зі спільнотою та залучення людей до цього місця. Я думаю, що це частина того, що робить його таким динамічним середовищем» - Сенді Мендлер, Директор. Eden Hall - це академічна спільнота, присвячена сталому життю та моделюванню стійких підходів до енергетики, води, продуктів харчування та сільського господарства, якості повітря та клімату, а також взаємодії природних та побудованих систем.

Кампус Іден Холл є резиденцією для Фолкської школи сталого розвитку та навколишнього середовища при Університеті Чатем. Це втілення зобов'язань, які Chatham щодня бере на себе, щоб підтримувати сталість та екологічну освіту.

Для вирішення питань автономії будівлі висвітлено такі аспекти.

Енергія. Понад 400 великих сонячних панелей генерують 126 000 кіловат - годин щорічно, що достатньо для живлення 14 будинків на рік. Енергія, яка не використовується, надходить назад у загальнодоступну електричну мережу, і Чатем отримує енергетичний кредит на майбутнє. Крім того, кожен будівлю контролюють, щоб визначити споживання енергії, щоб побачити, що працює, а що ні під час повсякденної діяльності.

Вода. Дощовими водами керують п'ять дощових садів, які збирають та направляють потік води до гравійних доріжок, що полегшує потрапляння дощової води до ґрунту вниз, а також система збору дощової води, яка збирає

та очищує воду, а потім використовує її для зрошення сільськогосподарських культур. Eden Hall також очищає стічні води на місці за допомогою шестиступеневого процесу, що імітує природу. Система може обробляти до 6000 галонів щодня.

Продовольство та сільське господарство. Працюючий сільськогосподарський клас, Eden Hall дозволяє студентам досліджувати критичні зв'язки між продуктами харчування, землею, навколишнім середовищем, доступом та культурою. Охоплюючи повністю сертифіковану органічну ферму, демонстраційний сад та оранжереї (один рік опалюється сонячно-тепловими панелями), викладачі та студенти демонструють різні стійкі методи сільського господарства, виробляють їжу для кампусу, а також займаються вирощуванням та збутом продуктів харчування.

Приклад 6. Інший приклад – «Вежа Перлової річки», Гуанчжоу, Китай, архітектурне бюро «SOM», 2013 рік. Це мала бути перша автономна висотна будівля, яка використовує енергію. У будівлі використовується безліч різних технологій енергоефективності, а саме:

- використання подвійного фасаду з вентиляцією та механічними жалюзі;
- інтеграція фотоелектричної системи на південному фасаді будівлі;
- вітряні турбіни, які можуть виробляти енергію з повітряних потоків, що обертаються в усі сторони;
- системи рециркуляції повітря та води;
- 50 міні електростанцій (на зовнішньому краю будівлі), які можуть працювати на гасі, біогазі, дизельному паливі, метані, пропані та природному газі.

Насправді об'єкт сам виробляє 60% необхідної енергії. В об'ємно-просторовому проекті громадської будівлі закрили щілини, щоб збільшити швидкість вітрових потоків. Це означає, що ця система зараз є еталоном у нашому власному енергопостачанні.

Приклад 7. У 2008 році в Бахрейні був відкритий «Всесвітній торговий центр» («Bahrain World Trade Center»), автором проекту є Atkins Architectural

Office («Atkins»). Висота обох 50-поверхових веж становить 240 м. «Обидві будівлі з'єднані трьома мостами довжиною 31,7 метра, до яких прикріплені вітрогенератори з діаметром платформи 29 метрів. Мости мають спеціальну конструкцію, яка дозволяє будівлям зміщуватися одна відносно одної на 0,5 м. Архітектурна форма обох веж дозволяє збільшити швидкість вітру до 30% за рахунок турбін. Цей комплекс став першим великим об'єктом, де використовувалися великі вітрогенератори. Вони виробляють 11-15% річного споживання енергії.

Приклад 8. Наприкінці 20 століття спостерігався бум будівництва громадських будівель. Одним із знакових об'єктів стала будівля Commerzbank у Франкфурті-на-Майні (1997). Його висота — 259 метрів, висота з антеною — 300 метрів (тоді 24-те місце у світі за висотою). Будівля, спроектована студією «Фостер і Партнери» («Foster and Partners»), являє собою радикальну зміну всієї концепції висотного будівництва [75,76,77]. «У центральній частині будівлі, де зазвичай розташовані ліфтові шахти, є величезний трикутний центральний атриум, який тягнеться на всю висоту будівлі. Кожен поверх має три крила, два з яких відведено під службові приміщення, а третє є частиною чотириповерхового зимового саду». Ця будівля вже досягла значної економії експлуатаційних витрат, але відновлювані джерела енергії ще не впроваджені. Успішне будівництво та функціонування «Комерцбанку» стало фактичним доказом того, що будівництво висотного будинку можливо з нижчою ціною, ніж раніше. Серед багатьох житлових будинків, спроектованих і побудованих між 2000 і 2014 роками, можна виділити деякі з найбільш цікавих і інноваційних об'єктів свого часу [77,78,79,80].

На основі розглянутих проектів і будівель можна проілюструвати тенденцію до зміни об'єму та просторових рішень громадських будівель за рахунок використання відновлюваних джерел енергії. На початку свого розвитку це були прості будівлі, які використовували електростанції. При цьому вони не були інтегровані в архітектурне рішення ділянки, а входили до проектно-технічного рішення житлової забудови. З часом удосконалювалися

технології перетворення енергії та зростала потреба в зниженні витрат на енергопостачання таких об'єктів [81,82]. Це призвело до використання відновлюваних джерел енергії в архітектурі останніх проектів в рамках об'ємного дизайну та художніх рішень енергоефективних будівель. На додаток до характеристик різних житлових конструкцій, систем опалення та вентиляції, для нас важливо використовувати систему теплового насоса для виробництва гарячої води, яка використовує тепло підлоги та повітря, що виходить із вентиляції. повітря. У зарубіжній практиці пристрої, що використовують енергію Землі, рідко використовуються при будівництві висотних будівель, в цьому плані це досить унікальний об'єкт. Використання цього відновлюваного джерела енергії впливає на планування забудови будівлі, не впливаючи на рішення щодо обсягу та простору. В результаті реалізації проекту головної наукової організації НП – АВОК, за експертними розрахунками, вдалося знизити енерговтрати будівлі на 34%, а енергозбереження порівняно з базовою будівлею склало 45,5% .

Приклад 9. Центральний енергетичний комплекс Стенфордського університету (рис. 1.9). Кампус Стенфордського університету лісистий, чудовий і дуже, дуже великий. Загалом вісім тисяч гектарів величезного ландшафту Північної Каліфорнії, відомого як "ферма", є домом для десятків будівель, усі з яких мають жититися, подавати воду, опалювати та охолоджувати. Такі стандартні технічні особливості можна легко приховати в скромному сараї, але новий Стенфордський центральний енергетичний комплекс ставить їх у центр. Розроблений Портлендом, архітекторами ZGF Architects, штат Орегон, цей заклад використовує свою інноваційну, недефективну технологію з яскравими кольорами та драматичними контрастами матеріалів: З боку кампусу скляний об'єм, в якому розміщені адміністративні офіси, прилягає до бетонного блоку з генераторами, чиллери та градирні - весь ансамбль, увінчаний низкою фотоелектричних парасольок, що тримаються вгорі на металевих опорах. Механістична вітрина, що нагадує великий старий радикалізм Центру Помпиду, труби будівлі пофарбовані в

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ УНІВЕРСИТЕТУ СТЕНФОРД

Stanford University Central Energy Facility

Стенфорд, Пало-Альто, США

Архітектори: ZGF Architects

Площа: 11668 м²

рік: 2015



Генплан



План місцевості



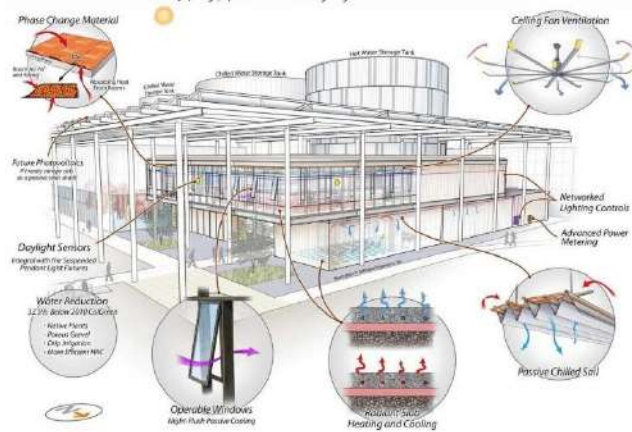
План першого поверху



План другого поверху



Загальний вигляд будівлі кампусу



Застосування енергозберігаючих технологій

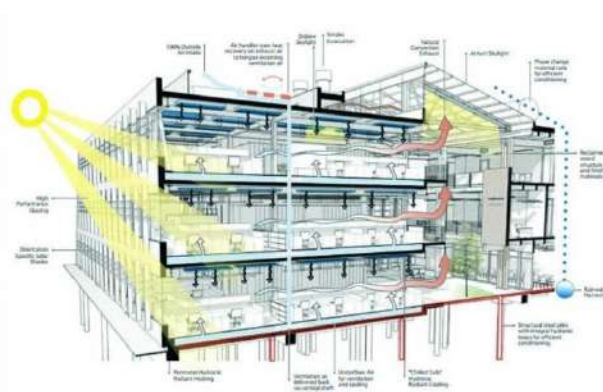
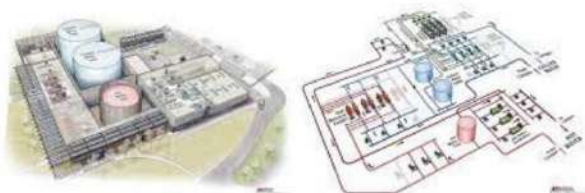


Рис. 1.9. Світовий досвід проєктування енергоефективних будівель(продовження)

блискучий синій колір, а його теплові резервуари - у яскрав-червоний колір. У більш м'якому, сучасному стилі, тіньові структури прикривають ландшафтні відкриті простори з корінними насадженнями. Але те, що представляє проєкт, є ще більш вражаючим, ніж сама будівля: об'єкт є лише однією з частин Stanford Energy Systems Innovations, масштабної інфраструктурної ініціативи, яка, як очікується, покращить енергоефективність кампусу на 75 відсотків. І щоб довести, наскільки центральною є ініціатива, Стенфорд зробив цю будівлю частиною своїх екскурсій по кампусу-ще однією принадою для майбутніх студентів поряд з оригінальною архітектурою в стилі місії та надихаючими талісманами вічнозеленими рослинами.

У центрі трансформаційної енергетичної системи Стенфордського університету, що проходить у всьому кампусі,-новий, технологічно прогресивний центральний енергетичний об'єкт. Система замінює 100% когенераційну установку на основі викопного палива з переважно електричною енергією-65% з якої надходить з відновлюваних джерел-і першу в своєму роді систему рекуперації тепла, що значно зменшує викиди парникових газів, а також викопного палива та використання води. Заклад включає адміністративну будівлю з чистою позитивною енергією, холодильну установку з рекуперацією тепла, холодильно-опалювальну установку, службовий двір та нову основну електричну підстанцію на території кампусу. Розроблений для чутливої інтеграції в навколишнє містечко, архітектурний вираз - це легкість, прозорість та стійкість, щоб виразити призначення об'єкта.

Цей проєкт відповідає стратегії нейтралізації вуглецю для Стенфорда та містить центральний завод та будівлі. Об'єкт демонструє довгостроковий кліматичний та енергетичний план у дії. Це перетворює типову енергетичну установку, що не цінується, у клас і мить архітектурної радості. Для персоналу закладу, який зазвичай перебуває у підвалі без вікон, передбачено робоче середовище з природним вентиляванням та освітленням. Це встановлює високу планку для університету, щоб забезпечити національне екологічне лідерство та досконалість дизайну.

Приклад 10. Екологічний центр Брока - Brock Environmental Center (рис.1.10).

ЕКОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР БРОК

Brock Environmental Center
Вірджинія, США
Архітектори: ZGF Architects
Площа: 11668 м²
рік: 2015




The Center's long, single story form references regional Powhatan Longhouses.



Site Plan

1. Permeable Pavement
2. Stormwater
3. ADA Parking
4. Main Entrance
5. Dumpster
6. Perennial/Medical Plant
7. Shaded Service Lane
8. Customer Service Area
9. Entry Ramp
10. Main Garden
11. Community Information Center
12. Dog Trill
13. Sculpture Garden
14. Wood Deck
15. South Deck
16. North Deck
17. Plant Bed Area
18. Perennial Plant Area
19. Covered Porch

Генплан



Загальний вигляд будівлі



1. Rooftop Catchment Area
2. Solar and Photovoltaic
3. Series Flow Fan Pack Chiller
4. Top 1000 Gallon Cisterns with Storm Orientation
5. Relative Soil Cover (Water, Wetland, Forest)
6. Process Tanks
7. Shading Horizontal Climate Chiller
8. Composting Toilets and Tanks
9. Low-Rise Heating Duct
10. Non-toxic Dry-Wash Initiator Carber

NET: 1. No Net, 2. Net Positive, 3. Net Negative, 4. Net Zero, 5. Net Positive, 6. Net Negative



Southwest Winds, Northeast Winds

Natural Ventilation Approach



Shaded Window Wall for Views to the Bay
Porch Partially Heated in Winter
Winter Sun, Summer Sun
South Clerestory with Low Heat Gain Coefficient
North Clerestory for Daylighting without Heat Gain or Glare

Daylighting/External Shading Approach



View of lobby looking east down the curving enfilade.



The "Dog Trill"—an open-air pass-through.



First Floor Plan

1. Lobby
2. Conference Room
3. Meeting Room
4. Catering Kitchen
5. Storage
6. Staff Shower
7. ME2
8. Reception Room
9. Staff Dining Room
10. Cafeteria
11. Office
12. "Dog Trill"
13. Shop/Perch
14. Education Hallway

План першого поверху



Daylighting Simulation

Графік розподілу температури в приміщеннях

Застосування енергозберігаючих технологій

Застосування енергозберігаючих технологій

Рис. 1.10. Світовий досвід проектування енергоефективних будівель(продовження)

Фонд Чесапикської затоки (CBF) Екологічний центр Брока розташований на березі річки Ліннхевен в Вірджинія-Біч, Вірджинія. Він розроблений відповідно до найвищих екологічних стандартів відповідно до Керівництва в області енергетики і екологічного дизайну Ради з екологічного будівництва США і Living Building Challenge. Центр Брок є домом для співробітників CBF Hampton Roads і місцевої природоохоронної групи, Lynnhaven River NOW. Центр Брок принесе користь широкій публіці завдяки просторів всередині та зовні для громадських і студентських груп. The Living Building Challenge - це вищий стандарт сертифікації для енергоефективного та екологічно безпечного проектування і будівництва. Конкурс складається з семи категорій продуктивності, які називаються «Пелюстки»: «Місце», «Вода», «Енергія», «Здоров'я і щастя», «Матеріали», «Справедливість» і «Краса». Фонд Чесапикської затоки очікує, що центр буде сертифікований за системою LEED-Platinum і що він буде відповідати сертифікації Living Building Challenge. Це рідкісне позначення означає, що будівля має нульове вплив на навколишнє середовище навіть після повного року експлуатації. *Енергетична незалежність.* Дахові фотогальванічні панелі виробляють приблизно 60 відсотків потреб Екологічного центру Брока в енергії. Дві 10- кіловатні вітряні турбіни побутового масштабу забезпечують додаткові 40 відсотків енергії. Геотермальні свердловини використовуються для одержання вигоди з постійної 54-градусної температури землі за рахунок обміну теплом з рециркулюючою рідиною, яка направляється за замкнутомим контуром, що розташований на 300 футів нижче поверхні, після чого рідина відправляється назад в поверхню, щоб нагріти повітря в приміщенні взимку і охолодити повітря в приміщенні влітку, перш ніж знову відправити його на землю. Очищене повітря циркулює по будівлі за допомогою високоефективної системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. В результаті використання інших енергоефективних та енергозберігаючих елементів дизайну будівля споживає на 80% менше енергії, ніж типове будівля його розміру.

Будівля розташована таким чином, щоб отримати максимальний тепло на південь і забезпечити природну вентиляцію від панівних вітрів. Зовнішні стіни, підлоги і ізоляція даху призначені для зниження енергоспоживання за рахунок максимальної ізоляції будівлі.

Водна незалежність. Два резервуари для дощу на 1600 галонів (6056 літрів) і система фільтрації роблять Центр навколишнього середовища Брока першим проєктом в США, який отримав комерційне дозвіл на питну фільтровану дощову воду. Комерційне дозвіл видано відповідно до федеральних вимог питна вода., туалети компостують безводні пристрої, які перетворюють людські відходи в придатний для використання органічний матеріал. Дощові сади вловлюють і фільтрують надлишки стічних вод, а спеціальний сірководневий сад очищає сірі води (стічні води, які утворюються з раковин і душових). *Матеріали.* дизайнери не використали будь-які матеріали з «Червоного списку», які включають хімічні речовини і матеріали, що вважаються шкідливими для людини і навколишнього середовища. Матеріали і хімічні речовини, перераховані в Червоному списку Living Building Challenge, включають, серед іншого, полівінілхлорид (ПВХ) і галогеновані антипірени. Будівельники також працювали з місцевим населенням, щоб використовувати вторинні і утилізовані матеріали, такі як раковини, двері і т. Д дзеркала, прилавки, шафи, дошки підлоги, що були у вжитку велосипедні стійки, столи для малювання для студентів і старі дерев'яні панелі. Товари надходили з джерел по всьому співтовариству, включаючи старі офісні будівлі, шкільні будинки і місцевий відділ парків.

Приклад 11. Каліфорнійський університет, Ірвін, США. Художні галереї університету прагнуть сприяти діалогу між нео-авангардним мистецтвом 60-х і 70-х років і сучасної візуальної культурою. Відповідно, наша кураторська місія - стежити за нашим модерністським минулим, просуваючи найбільш інноваційні естетичні і політичні дебати нашого постмодерністського сьогодення. Виходячи з цього, проєкти, замовлені, спровокували інтелектуальні дебати по предмету мистецтва в його найбільш експансивної в поетичному

визначенні. Що відрізняє нашу програму, так це непохитна прихильність публікації наукових текстів в каталозі книжкової формі, з тим щоб поширювати інформацію, засновану на дослідженнях, в співтовариство, забезпечуючи місце для просування інноваційного дискурсу, пов'язаного з випуском змішаного медіа сьогодні. UAG надає кілька виставкових майданчиків для міждисциплінарного діалогу. Основні роботи серії творів мистецтва присвячені оригінальними проєктами канонічних художників, що працюють сьогодні. Серія Emerging Artist Series включає в себе сольні проєкти з безлічі молодих художників, які були представлені спадщиною, представленим в серії Major Works. Програма Critical Aesthetics пропонує нову роботу всесвітньо відомих художників середньої кар'єри. Розширюючи цей діалог, UAG також випускає більш масштабні тематичні групові виставки, по черзі демонструють історичні та сучасні проєкти в галузі мистецтва і кіно. UAG також сприяє активному діалогу між жителями UCI і місцевими та міжнародними арт-спільнотами за допомогою колоквиумів, конференцій, лекцій для відвідувачів і тематичних серіалів, які відкриті для публіки. У міру того, як галереї продовжують розвиватися, ми ставимо своїм завданням бути експериментальним виставковим простором, відмінним від нинішніх, але в основному традиційних - арт-дворічних і кінофестивальних платформ. У Школі мистецтв Клер Тревор проходить безліч театрів і галерей, таких як Центр мистецтва і технологій Білла. Школа також відома своєю переробленою Art Plaza, яка була задумана Майєю Лін і завершена в 2006 році.

Ньюпорт, являє собою док-квартиру, орендовану у Коледжу Оріндж-Коуст, яка є місцем зустрічі, навчальної зоною, центром зовнішніх виконавських мистецтв, виставковим залом і лекційної зоною.

В UC Irvine також знаходиться Міжкультурний центр (Хрест), перший в своєму роді в Каліфорнійському університеті. Цей об'єкт є багатокультурної зоною збору і місцем проведення заходів, які сприяють взаєморозумінню між різними культурами, представленими на території кампуса. В даний час в Крос-Культурному Центрі проводяться заходи з реконструкції та розширення, які

подвоять його розміри і пропонують більше місць для семи етнічних зонтичних організацій і численних культурних клубів, які діють під ними.

Великомасштабні заходи використовують Центр подій Брен (Брен), найбільше місце в UCI і є місцем проведення багатьох спортивних заходів. Він пропонує площа в 22 000 квадратних футів (2000 м²) і вміщує 5500 чоловік. Центр подій Брен знаходиться поруч з великим комплексом атлетики Кроуфорд, де атлети UCI тренуються і беруть участь в найсучасніших об'єктах, в тому числі недавно відреставрований бейсбольний парк, легка атлетика і плавальний комплекс.

Центр відпочинку Anteater (ARC) вміщує 89 000 футів (27 000 м²) критих приміщень, призначених для розміщення програм Campus Recreation. Парк відпочинку Anteater Поля, прилеглі до ARC, являють собою відкритий комплекс площею 25 акрів (100 000 м²), який містить поле для відпочинку Campus та пристань для судів, що розташована в Нижній затоці.

Досвід проєктування енергоефективних громадських будівель в Україні

Завдяки популяризації енергоефективних технологій в окремих випадках приватного будівництва, а також запровадженню державних ініціатив в Україні з'явилися відносно невеликі комерційні будівлі, проєкти яких включали «зелені» технології [85]. Цікаві своїми архітектурними рішеннями проєкти громадських комерційних будівель (рис.1.11): готель «Ковчег» в Карпатах, бізнес-центр «Оптима Плаза» у Львові, офіс продажу «Стала Континуальність» житлового кварталу «Поетика» в Києві.

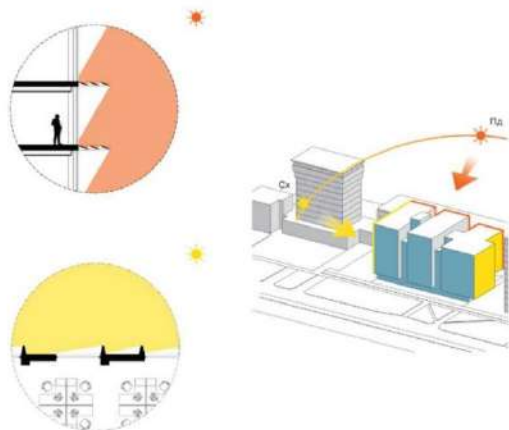
Енергосамодостатній готель «Ковчег» у Карпатах був побудований у 2014 році. Екологічно чисті методи енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії були закладені вже на етапі проєктування. Будівля має екологічний сертифікат за стандартом ISO 14024. Готель повністю побудований з дерева, покритого натуральним бджолиним воском. Будівля отримує електроенергію через три вітрогенератори та шість сонячних панелей загальною потужністю 6 кВт, а також гарячу воду через 70 труб із сонячними колекторами тепла. Система електропостачання сконструйована таким чином,

ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИЙ ГОТЕЛЬ «КОВЧЕГ»



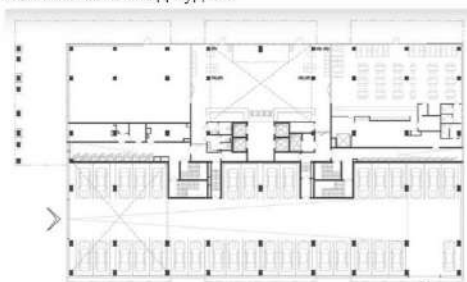
«Зелений» офісний центр «Оптіма Плаза» у Львові

Загальний вигляд будівлі



Загальний вигляд будівлі

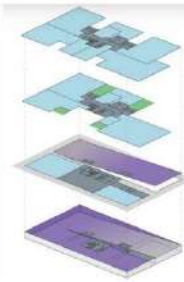
Застосування енергозберігаючих технологій



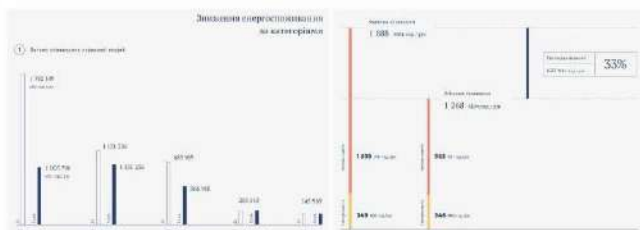
План першого поверху



План другого поверху



Енергоефективний пологовий будинок в Чернігові



Результати зниження енергоспоживання



Загальний вигляд будівлі



Загальний вигляд будівлі

Рис. 1.11. Вітчизняний досвід проєктування енергоефективних будівель

що при різкому падінні видобутку струму (без вітру, похмура погода) використовується аварійний дизель-генератор. Внутрішнє освітлення складається з люмінесцентних та світлодіодних ламп. Крани мають водозберігаючі форсунки з невеликим дифуззором.

«Зелений» офісний центр «Optima Plaza» у Львові (проект архітектурної фірми «Архіматика») відкрито у 2016 році. Загальна площа будівлі – 18 800 м². Він відповідає всім сучасним вимогам енерго- та ресурсоефективності, про що свідчить міжнародний сертифікат BREEAM In-Use International Green Building. Будівництво бізнес-центру планувалося з урахуванням сторін світу. Конструкція будівлі розділена на три гряди, які забезпечують ритмічність і дозволяють згладити ефект надмірної довжини будівлі. Торцеві фасади кожного об'єму обшито металевими панелями, а північний і південний фасади переведено на панорамне скління, утворюючи нинішню «оболочку форми». Між ризалітами на даху стилобату утворюються глибокі тераси з живими деревами. Суцільне панорамне скління південного фасаду перевершує горизонтальні металеві рейки системи затінення – вони дозволяють поєднати естетику з енергоефективністю, захищаючи офісні приміщення від спеки влітку та посилюючи радіацію взимку. Подібні планки кріпляться і на передніх фасадах. На даху будівлі встановлені сонячні батареї та радіатор, оснащений тепловим насосом, який нагріває побутову воду та охолоджує приміщення в теплу пору року. Один поверх підземного паркінгу доповнено паркомісцями на першому поверсі, що виходить у двір. Фасад стилобату покритий металевою сіткою, що забезпечує природну вентиляцію та знижує витрати на монтаж системи димовидалення. Будівля обладнана системами автоматизації та розподілу інженерних мереж, контролю доступу, функцією «консьєрж-сервісу», сучасним цифровим телефонним зв'язком, робочими станціями кондиціонування та сонцезахисної системи, а також критою велопарковкою та периметральною зоною. - стерегти варту. На парковці є три зарядні станції для електромобілів.

У 2018 році Dmytro Aranchii Architects спроектувала «зелений» офіс

продажів під назвою «Sustainable Continuity» у багатоквартирному будинку Poetica. Будівля виглядає як величезний пандус із зеленим дахом. Ландшафтний дизайн також відбувається всередині приміщень і має на меті прикрасити будівлю та прилеглу територію в будь-яку пору року. Зелений дах також допомагає створити комфортний простір для відвідувачів та працівників центру. Будівля побудована на геопалях, які не завдають шкоди екосистемі. Він має розбірний каркас і зелений дах, що зменшує викиди забруднюючих речовин і навантаження на міську каналізаційну систему, а також захищає офіс від перегріву влітку. Одним із запитів замовника була ідея легкого монтажу та демонтажу торгового центру з метою динамічної зміни його місця розташування. Тому конструкцію легко демонтувати на новому місці установки з мінімальними пошкодженнями.

Для визначення функціонального складу та пріоритетів використання відновлюваних джерел енергії обстежено 45 громадських будівель та проектів. Результати порівняльного аналізу застосування енергоефективних технологій в проектуванні наведені на рис.1.12. Були досягнуті такі результати:

- Сонячна енергія займає найбільшу частку серед усіх відновлюваних джерел енергії, що використовуються в громадських будівлях (рис.1.13) - 47,82%, далі йде енергія вітру - 31,52%, гідроенергія - 8,69%, геотермальна енергія - 6,52% та енергетична біомаса - 5,45 %;

- Для визначення зв'язку між функціональним проектним рішенням громадської будівлі та вибором ПДЕ визначено її функціональний склад: багатофункціональний будинок - 70%, офісне призначення - 17%, житловий будинок - 10%, готельний - 3%.

Визначено частку і частоту функціонального використання в групі багатофункціональних об'єктів. Серед основних видів діяльності можна виділити житлові, офісні, торгові та готельні послуги, на які припадає 73,3% від загального обсягу. Допоміжні види діяльності: громадське харчування, сільські заклади та лабораторії, відпочинок, виставка та спортивно-дозвіллева діяльність у сумі займають 26,7%.

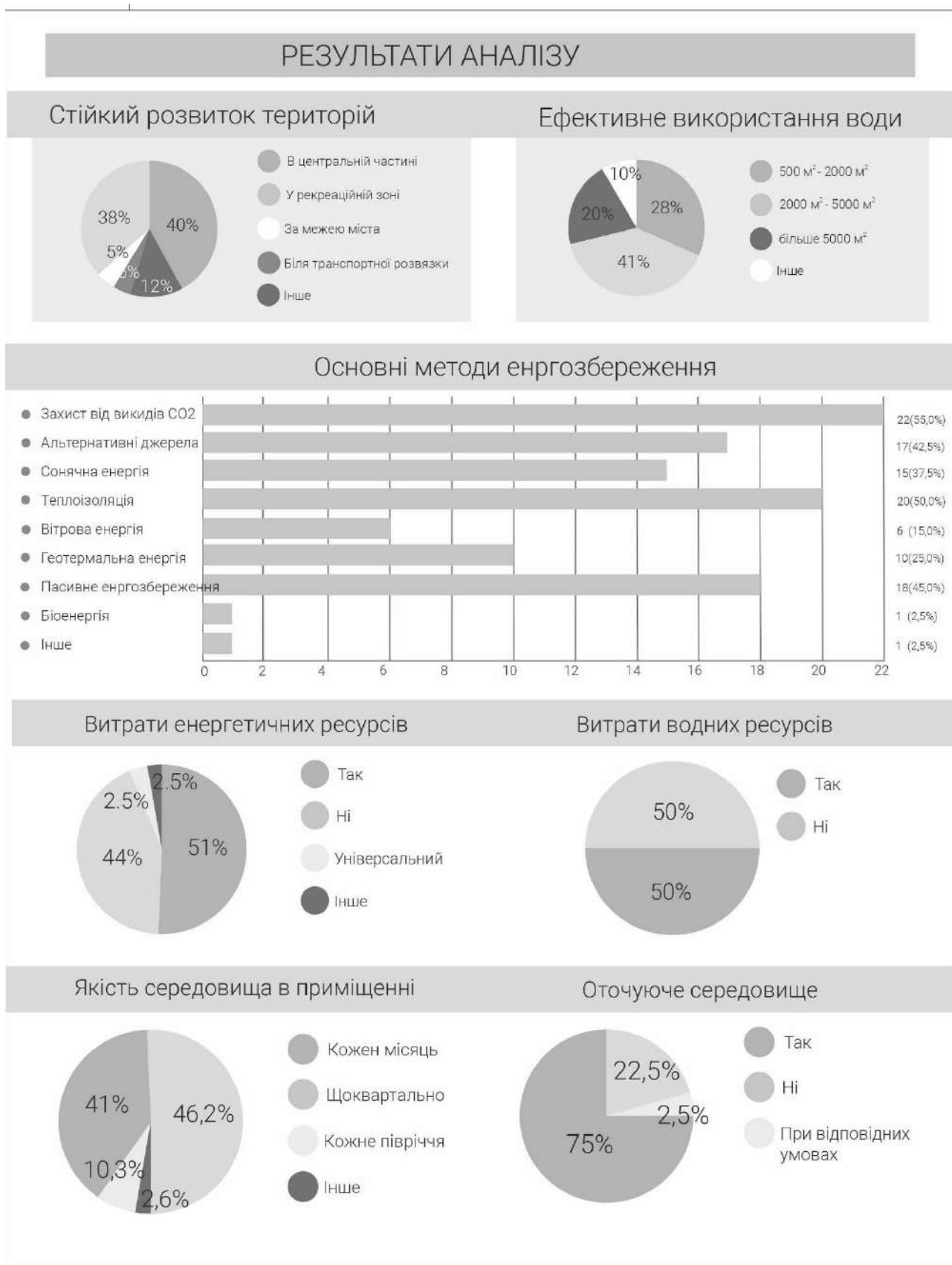
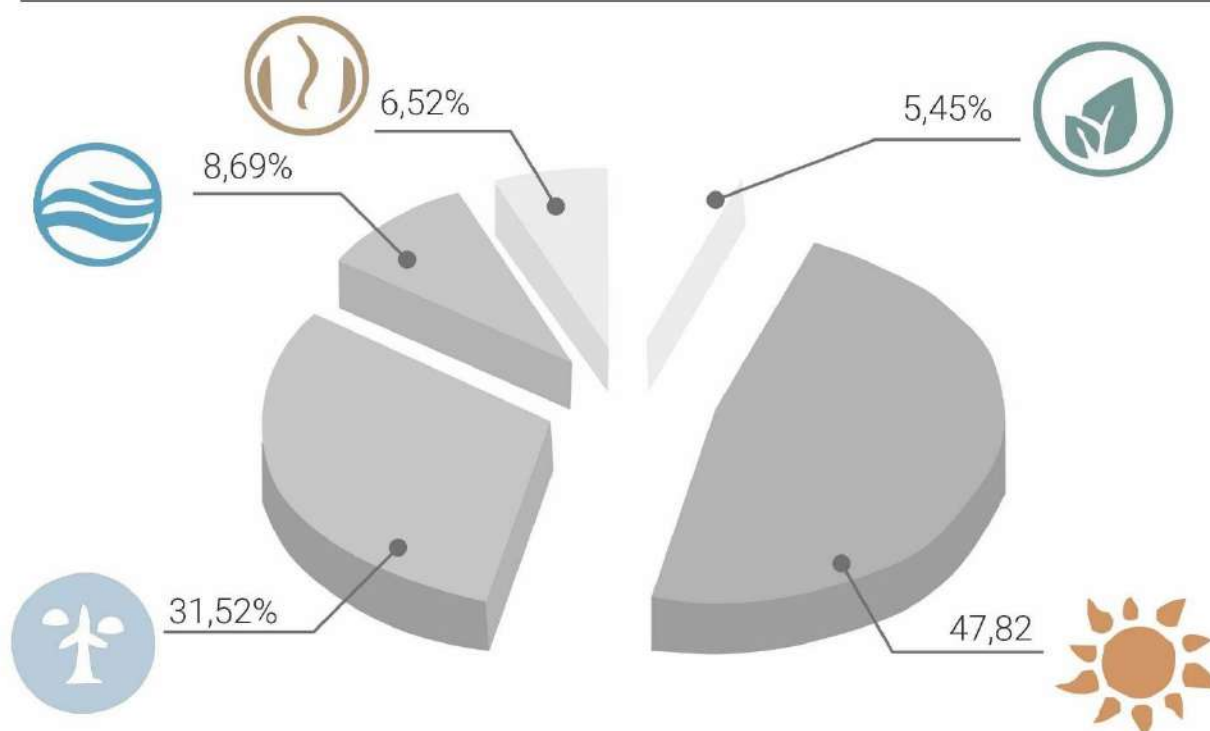


Рис. 1.12. Порівняльний аналіз застосування енергоефективних технологій в проєктуванні

ПРОЦЕНТНЕ СПІВВІДНОШЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СВІТІ



ЧАСТКА ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ СВІТУ

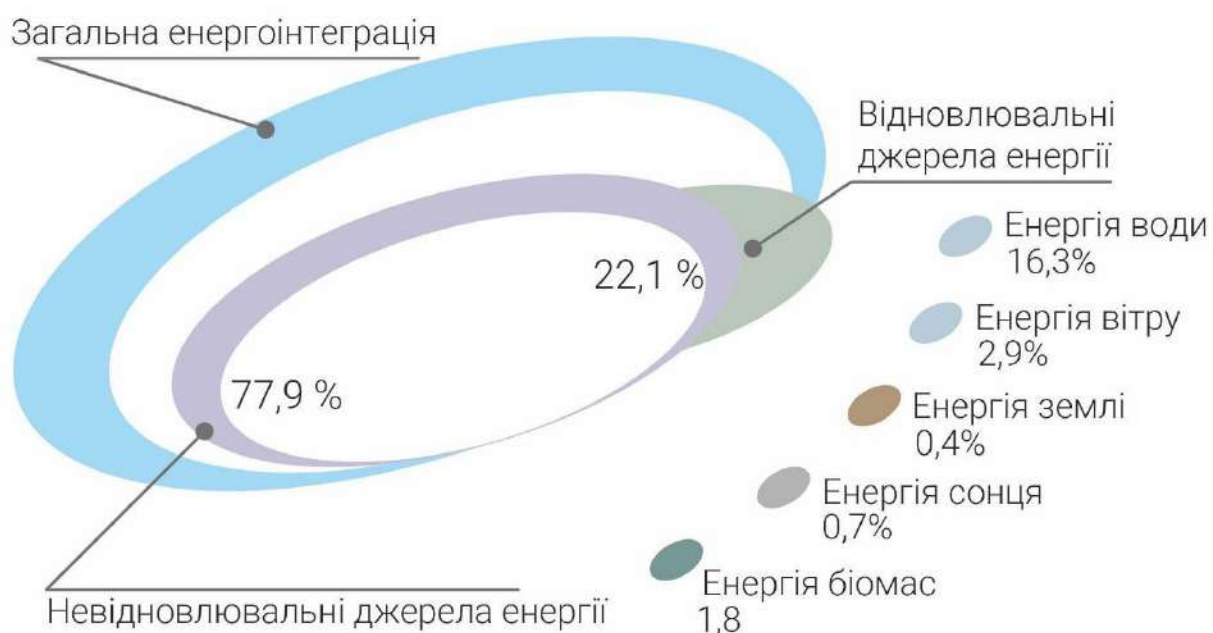


Рис. 1.13. Стан використання джерел енергії

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

1. За результатами аналізу наукових досліджень встановлено, що питання проблеми енергозбереження в архітектурі України розглядалися дослідниками: С. Г Буравченком, Г. В. Казаковим, Т. О. Кащенко, Г. Н. Хавхун, Л. О. Шулдан, В. Ф. Гершковичем, В. Л. Мартиновим, О. В. Фаренюком, Р. А. Фертом, Л. П. Хохловою, Г. Ф. Черних, О. Б. Василенко, О. В. Сергейчук, І. Н. Скриль, П. І. Скриль, І. П. Козятник та ін. Виявлено, що не були дослідженні питання з проектування ЕГБ на сучасному етапі, серед яких:

а) необхідність детального вивчення формування енергоефективних громадських будівель на сучасному етапі;

б) аналіз особливості виконання вимог до об'ємно-просторової організації енергоефективних громадських будівель;

в) розробка узагальненої класифікації сучасних енергоефективних громадських будівель;

г) визначення прийомів об'ємно-просторової формування енергоефективних громадських будівель.

2. На основі ретроспективного аналізу розвитку поновлюваних джерел енергії та енергетичних парадигм за кордоном виявлено 3 етапи розвитку енергоефективних громадських будівель: 1 етап – Розділеність (1974-1998 рр.), характеризується непостійним використанням інноваційних технологій; 2 етап – Симбіоз (1998 -2008 рр.) характеризується появою у 1998 році рейтингової системи LEED; 3 етап – Цілісність (2008 р. – наш час), характеризується використанням з 2005 року методу аналізу життєвого циклу (LCA і LCC) на економічному та екологічному рівнях.

3. Визначено співвідношення застосування поновлювальних джерел енергії в енергоефективних будівлях: енергія сонця – 52,47%, вітру - 38,45%, води - 7,55%, землі - 6,33%, біомаси 4,25%.

4. Аналіз досвіду проектування ЕГБ дозволяє визначити основну тенденцію залежності об'ємно-просторових рішень громадських будівель від використання поновлювальних джерел енергії. Для підвищення швидкості вітру

з подальшим застосуванням його енергії застосовуються в об'ємно-планувальних рішеннях вертикальні, горизонтальні отвори, будівництво декількох корпусів для посилення аеродинаміки; використовуються форми будівель з нахиленими фрагментами фасадів, подвійними або динамічними фасадами, що мають певну геометричну форму для застосування фотоелектричних панелей і т. д. Встановлено, що використання в структурі електростанцій, що працюють на поновлювальних джерелах енергії значно впливає на архітектуру будівель.

5. Чинна система нормативів і стандартів не забезпечує необхідної нормативної бази для проектування громадських будівель з використанням поновлювальних джерел енергії, а лише визначає параметри мікроклімату та управління нормованими теплоенергетичними параметрами під час використання будівель. Норми, що регулюють проектування та будівництво енергоефективних громадських будівель, мають індивідуальний або одиничний характер і визначають регіональні чи міські стандарти для багатоповерхових будинків.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Рішення задач забезпечення енергоефективності стає особливо актуальним при проектуванні громадських будівель, так як громадські будівлі, будучи невід'ємною частиною більшості великих міст світу, є і одними з найбільших споживачів енергії серед об'єктів цивільного будівництва. Крім того, громадські будівлі справляють значний архітектурно-художній вплив на міське середовище, що зобов'язує архітекторів враховувати цей факт при використанні в проєкті тих чи інших архітектурних засобів, що сприяють забезпеченню енергоефективності.

2.1. Загальна методика проведення дисертаційного дослідження

Робота заснована на міждисциплінарному методологічному підході. Виявлено такі основні групи методів: методи що застосовуються для розрахунку та аналізу кількісних характеристик енергоефективності будівель; методів моделювання та проектування енергоефективних громадських будівель (рис.2.1).

Методи вивчення кількісних характеристик енергоефективного будівель заснованих на державних нормах та стандартах по розрахунку енергоефективності (енергетичний сертифікат) та методах оцінки енергоефективності в складі рейтингових систем екологічного оцінювання (LEED, BREEAM, DGNB та ін.).

Методи аналізу, моделювання та проектування енергоефективних громадських будівель, що охоплюють математично-теоретичні або методи статистичного аналізу, структурно-логічне моделювання, методи інформаційного моделювання з використанням комп'ютерних програм, архітектурно-теоретичні або методи архітектурного проектування, які спрямовані на вирішення задачі по вибору параметрів архітектурно-

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ		ТЕОРЕТИЧНО-ПРИКЛАДНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ	<ul style="list-style-type: none"> - аналіз систем енергоефективності - аналіз матеріалів архітектурних конкурсів - вивчення літературних джерел 	МОДЕЛЮВАННЯ	<ul style="list-style-type: none"> - аналіз систем енергоефективності - вивчення літературних джерел
ФОРМУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ	<ul style="list-style-type: none"> - аналіз енергоефективності екологічно-архітектурних прийомів з виявленням базових моделей 	ВАРІАТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ	<ul style="list-style-type: none"> - аналіз енергоефективності екологічно-архітектурних прийомів з виявленням базових моделей
ВИЯВЛЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ІДЕЙ	<ul style="list-style-type: none"> - загальнотеоретичний аналіз архітектури енергоефективних будівель - концептуальний синтез - аналіз особливостей проектування енергоефективних будівель 	ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ	<ul style="list-style-type: none"> - загальнотеоретичний аналіз архітектури енергоефективних будівель - концептуальний синтез - аналіз особливостей проектування енергоефективних будівель

ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ
З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

СЕРЕДОВИЩЕ	<ul style="list-style-type: none"> Метод соціально-функціонального аналізу Метод композиційного аналізу 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Оцінка планувально-типологічної структури та території ■ Дослідження композиційних особливостей
ФУНКЦІЯ	<ul style="list-style-type: none"> Метод концептуального аналізу Метод мультидисциплінарного підходу 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Дослідження формоутворення, специфіки розвитку функції
ТИПОЛОГІЯ	<ul style="list-style-type: none"> Метод експертних оцінок Залучення громадської думки 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Охоплює суміжні сфери діяльності ■ Дослідження здійснюється експертами
ЗАГАЛЬНИЙ	<ul style="list-style-type: none"> Метод системного аналізу 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Проводиться соціологічне опитування ■ Всебічний аналіз об'єкту

Рис. 2.1. Основні методи дослідження громадських будівель з метою підвищення їх енергоефективності

планувальних рішень будівлі, що забезпечать цільовий показник енергоефективності в забудові.

Емпіричні методи, що містять фотофіксацію, натурні обстеження, обміри будинків, соціологічні опитування мешканців, експертну оцінку.

Рейтингові системи покликані сформувати комплексний метод оцінки екологічної ефективності будівель. Вони дозволяють об'єктивно вимірювати вплив будівель на навколишнє середовище відповідно до раніше встановленим стандартам і критеріям. В даний час рейтингові системи, кількість яких значно зросла, однорідні за своєю структурі за рахунок використання конкретних засобів і критеріїв оцінки для тих чи інших питань [84]. Більшість рейтингових систем оперують різними категоріями з набором одиниць, які в сумі дають змогу визначити рівень екологічної стійкості проекту або будівлі. Однак в основі кожної системи лежать різні методики і критерії оцінки.

На думку архітекторів Чжуо і Чжао (Zuo and Zhao), формування рейтингових систем залежить від країни і регіонального контексту [85]. Автор зазначає, що регіональні особливості також визначають кількість одиниць оцінки і відсоток для кожної категорії. Важливо, щоб рейтингова система, обрана для проекту, відповідала умовам країни його реалізації. І навіть для країн одного регіону значення даних категорій можуть відрізнятися в залежності від їх якості та доступності.

У більшості рейтингових систем оцінки екологічної стійкості будівель використовуються методи бальної оцінки, що включають чотири компоненти [86]:

- *Категорії*: набір певних показників екологічної ефективності, що враховуються при оцінці;
- *Бальна система*: система вимірювання ефективності, що враховує кількість одиниць оцінки, можливих для заданого рівня ефективності в різних аспектах;
- *Система зважування*: система, яка визначає відповідності кожної

конкретної категорії в рамках загальної бальної системи;

- *Результат*: у чіткій і доступній формі представляються результати виміру екологічної ефективності на певному етапі оцінки.

Дана структура характерна для всіх рейтингових систем оцінки впливу будівель на навколишнє середовище, хоча при більш детальному дослідженні можливі істотні відмінності.

Міждисциплінарний (трансдисциплінарний, синергетичний) підхід дозволяє вирішити задачу формування архітектурної організації житлових будинків із залученням різних дисциплін. Міждисциплінарний підхід застосовує неодмінну математизацію структури архітектурної організації об'єкта із використанням моделювання, формалізації і аксіоматизації та філософії математики. За допомогою математичних засобів і методів для формування архітектурної організації об'єкта, впорядковують і класифікують елементи, складові досліджуваних об'єктів, виявляють і аналізують їх взаємозв'язки, ступінь впливу один на одного, систематизують емпіричні знання про формування архітектурної організації об'єкта, прогнозують та оптимізують його подальший розвиток.

Мультидисциплінарний підхід передбачає синтез різних напрямків людської діяльності. Під час перетину сфер людської діяльності утворюється нове знання (урбоекотологія, екодизайн), фахівці в якому долучається до процесу вирішення завдань разом із фахівцями традиційних наук. Фахівці з нових спеціальностей мають більш широкий погляд на проблему і залучають більшу кількість інструментів для вирішення проблеми ніж фахівці вузького профілю. А фахівці вузького профілю більш глибоко та детально досліджують та вирішують проблему в своїй сфері. Мультидисциплінарний підхід дозволяє розглядати житлове середовище як взаємодію містобудівного, архітектурного, інженерного, соціального, екологічного, економічного та інших аспектів та створити нове узагальнене знання з досліджуваного питання.

Інтегрований підхід виділяє, поєднує та синтезує в комплексній моделі методи та теорії, які виявилися правильними в конкретних контекстах і

застосовні до всіх аспектів людської діяльності. Включає інтегральне мистецтво, інтегральну духовність, інтегральну філософію, інтегральну психологію, інтегральну екологію, інтегральну політику, інтегральну економіку тощо.

Методи моделювання та проєктування енергоефективних громадських будівель

Загальнонаукові методи дослідження - формалізовані методи або математично-теоретичні методи складаються з аналітичних, статистичних, теоретико-ігрових методів, методів математичного програмування, прогнозування [87].

В **аналітичних методах** між умовами та результатами розв'язуваної задачі встановлюються аналітичні, формульні залежності. До цих методів належать: теорія ймовірностей, що вивчає закономірності у випадкових явищах; теорія масового обслуговування, яка розглядає масові повторювані процеси; метод динаміки середніх, який застосовується для формулювання залежності між умовами операції і її результатом, на основі середніх показників умов.

Статистичні методи засновані на аналізі статистичних даних, отриманих фактично та штучно, шляхом статистичного моделювання. До цих методів належать послідовний аналіз, з можливістю приймати рішення на основі ряду перевірених гіпотез і метод статистичних випробувань де хід операцій моделюється на ЕОМ з випадковостями, властивими операції.

Математичне програмування призначене для найкращого розподілу обмежених ресурсів і створення відповідного плану дій. Існує лінійне, нелінійне та динамічне, дискретне, стохастичне програмування та методи мережевого проєктування або багатокритеріальної оптимізації. Лінійне програмування використовується для виконання операцій, які описуються лінійними рівняннями або нерівностями. Нелінійне програмування використовується для виконання операцій, де залежності є нелінійними. Динамічне програмування використовується для вибору найкращого плану виконання багатокрокових операцій, коли результат кожного наступного кроку

залежить від попереднього. Дискретне (цілочисельне) програмування використовується для виконання операцій з цілими числами або дискретними змінними. Стохастичне програмування використовується для вибору оптимального рішення задачі, результатом (або його частиною) є випадкові значення. Метою мережевого планування є створення оптимального плану виконання операції, що складається з великої кількості взаємопов'язаних дій і вимагає вирішення проблеми в найкоротші терміни і з найкращим результатом.

Неформалізовані методи прийняття рішень використовуються в основному при груповому прийнятті рішень експертами. Процес прийняття рішень включає інтуїтивно-логічний аналіз завдання, формулювання мети експертного завдання, формулювання групи організаторів та підбір експертів, розробку процедур проведення експертної оцінки, обробку результатів та видачу кількісних або якісних оцінок на основі аналізу досліджуваного параметра (енергетичної складової громадської будівлі).

Метод Дельфи не вимагає спільної роботи експертної групи. Членам групи не дозволяється зустрічатися і обмінюватися думками. Кожному експерту надається інформація про проблему і пропонується оцінити можливі варіанти вирішення. Після надання оцінки і обґрунтування запропонованих або власних варіантів рішення, відбувається ознайомлення із отриманою інформацією кожним членом групи. Ознайомлення з думкою інших учасників може змінити думку експерта з приводу можливих варіантів вирішення проблеми. Процес надання оцінки варіантів можливих рішень повторюється до досягнення узгодженого рішення. Метод Дельфи ефективний для прийняття рішень по складних, маловивчених, унікальних проблемах із залучення різнопрофільних фахівців.

Сценарний метод є одним із методів прогнозування. Він дає можливість визначити тенденції розвитку та можливі наслідки прийнятих рішень для вибору оптимального варіанту. Методика включає методи адекватного та формалізованого визначення проблеми, методи та алгоритми дослідження та розробки сценаріїв розвитку проблеми з використанням інноваційних

інформаційних технологій. Сценарний метод — це розробка багатоваріантних, альтернативних варіантів можливого розвитку ситуації, за допомогою яких можна виявити критичні для прийняття рішення ситуації та визначити можливі наслідки запропонованих варіантів рішень з метою їх визначення, порівнюють і вибирають найефективніші.

Метод дерева рішень використовується групою експертів або індивідуально при вирішенні складних проблем, з великою невизначеністю, які вимагають точної послідовності рішень. Дерево рішень являє собою схематичне зображення процесу прийняття послідовних рішень і складається з варіантів рішень та відповідних їм наслідків. Розрахунок ведеться по кожному вектору рішень від початкового вузла до кінцевого вузла прийняття рішень з відбором гілки, яка призводить до максимального значення. Альтернативні гілки не враховуються [87].

Метод аналізу ієрархій (МАІ) - методологічна основа для рішення задач щодо вибору альтернатив за допомогою їх багатокритеріального рейтингування. Основне призначення методу - підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної композиції завдання та рейтингування альтернативних рішень. Метод дозволяє провести аналіз проблеми. При цьому проблема підтримки рішення представляється як ієрархічно впорядковані елементи: мета рейтингування; критерії, за якими оцінюються альтернативи; альтернативні варіанти рішення; системи зв'язків, що вказують на взаємний вплив критеріїв і рішень.

МАІ ґрунтується на здійсненні декомпозиції проблеми на більш прості складові частини з подальшою обробкою послідовності суджень особи (або групи осіб), що приймають рішення, за допомогою здійснення попарного їхнього порівняння. У результаті аналізу може бути виражений відносний ступінь взаємодії окремих елементів у побудованій ієрархії.. Математичне підґрунтя дає можливість отримати об'єктивні кількісні оцінки вагомості кожного із елементів завдання.

В *методах математичного програмування* критерієм оптимальності

(показник, за величиною якого оцінюють оптимальність рішення) є показник енерговитрат на опалення та охолодження будинку. Для складання математичної моделі (формалізованої математичної інформації) необхідно визначити тип вихідної головної та другорядної інформації. Вона може бути визначеною (детермінованою), випадковою, невизначеною (недетермінованою). Кількість енергії, що споживає будівля, є детермінованою. Критерій оптимальності математично описує цільова функція. Вирішенням оптимізаційної задачі є знаходження екстемума (мінімуму енерговитрат або максимуму отриманої енергії) або знаходження заданого показника енергозатрат (наприклад стандарт «пасивного» будинку $15\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{рік}$).

Для визначення оптимального значення параметру енергоефективності в історичному середовищі, знаходять екстремум в межах діапазону, заданого обмеженнями типології та нормативних вимог до будівлі та історичного середовища. Для визначення заданого значення параметру енергоефективності знаходять значення функції, що відповідає змінній (значення параметру енергоефективності) та перевіряють чи знаходиться дане значення функції в діапазоні, заданому обмеженнями.

Для вирішення оптимізаційної задачі по підвищенню енергоефективності житлових будинків (задача з багатьма змінними) використовують комп'ютерні програмні засоби, розроблені вченими-математиками та програмістами на основі методів математичного програмування.

Програмні комплекси для вирішення завдань в галузі будівництва та інженерії. Розподіл повітряного потоку визначають Ansys Fluent, OpenFoam, Code Saturn, IES VE. Визначення енергоефективності будівлі, експлуатаційних параметрів в приміщенні здійснюється за допомогою програм Energy Plus, VABI Elements, IES VE, ESP-r. Моделювання інженерного обладнання будівель проводиться програмами MatLAB Simulink, TRNSYS, IES VE, Energy Plus. Розрахунок інсоляції

- IES VE, Energy plus, Radiance. Підбір параметрів штучного і природного освітлення Radiance, Dialux. Розрахунок акустичних характеристик - DIRAC,

Ansys Fluent. Визначення тепло- і вологопередачі, розрахунок повітряних потоків - Comsol, BSim, Delphin 5, HAMLab [88].

Аналіз даних програмних засобів показав, що найбільшим спектром функцій для розрахунків архітектурно-планувальних рішень енергоефективних громадських будинків на містобудівному рівні та на рівні окремого об'єкта є програмні засоби Autodesk Revit, Nemechek Allplan та GRAPHISOFT EcoDesigner STAR – розширення для ARCHICAD, що використовує засади Інформаційного Моделювання Будівель (BIM) в процесі Енергетичного Моделювання Будівель (BEM) та розширює можливості вбудованої функції оцінки енергоефективності ARCHICAD.

Архітектурно-теоретичні методи включають в себе метод архітектурного моделювання, що пропонує створення спрощеної копії з оригіналу (моделі) з виділенням певних якостей та спрощенням інших, метод функціонального аналізу, метод ретроспективного аналізу, метод морфологічного аналізу, метод композиційного аналізу, метод стилістичного аналізу, метод художньо-естетичного аналізу, метод концептуального аналізу формоутворення.

Метод архітектурного проектування спирається на типологічні основи. Питання типології житла стосується як існуючого житлового фонду так і нового. При створення нового житла на вільній території концепція енергоефективності закладається від початку процесу проектування, а при реконструкції - енергоефективні заходи, в тому числі і планувальні, додаються в залежності від умов та обмежень проектування, згідно визначеної зони реконструкції.

Емпіричні методи включають метод спостереження, натурних обстежень, фотофіксації, інструментальних обстежень, експертних оцінок, абстрагування, тестування, передпроектного дослідження, соціального експерименту, експериментального проектування, архітектурного проектування.

Системний підхід - напрям методології дослідження, в основі якого лежить розгляд об'єкту як цілісної безлічі елементів в сукупності [89,90]. Системний підхід, як і будь-яка інша наукова методологія, орієнтований на

виявлення закономірностей, безпосередньо наступних із спостережень і експериментів (рис. 2.2.).



Рис. 2.2. Системний підхід в дослідженні енергоефективності будівель

Експерименти ставляться на основі прийнятої дослідником теоретичної концепції, виходячи з цілей і завдань дослідника. На підставі виявлених чинників і закономірностей створюється модель об'єкту, середовища, і ситуації. Даний підхід дуже універсальний і в даний час застосовується в абсолютній більшості наук і галузей (рис.2.3).



Рис. 2.3. Системний аналіз в дослідженнях громадських будівель з метою підвищення їх енергоефективності

Природно в цей список попала і архітектура, де системна методологія виявилася у формі ідей функціоналізму, які були втілені в архітектурі конструктивізму, раціоналізму, модернізму.

У архітектурі принципи системності відокремилися в принципи функціоналізму в зарубіжній архітектурі, а у вітчизняній архітектурі - конструктивізму. Вони являли собою засновані на функції типологічні системи елементів архітектури.

У розвитку даних систем велику роль зіграли дослідники Л.Г.Салливан, Ф.Л.Райт; В.Гропіус, Л.Міс ван дер Роє, Х.Мейер, Май, Б.Таут, М.Вагнер, З.Гідіон, Ле Корбюзьє.

Системність передбачає структурну впорядкованість підсистем різного рівня, між якими існують множинні зв'язки. Сучасна концепція еволюції архітектури передбачає динамізм і розвиток. В процесі розвитку системи діють два взаємно протилежних механізму: об'єднання елементів системи і її розділення (фракціонування).

2.2. Методи оцінки факторів впливу на формування енергоефективних будівель

Для глибшого розуміння архітектурних можливостей архітекторів і чіткого розуміння завдань, які вирішуються, необхідно виявити фактори, що впливають на проектування енергоефективних громадських будівель [91,92,93].

Аналіз існуючих енергоефективних громадських будівель дозволив визначити фактори, які впливають на формування даного типу будівель. Автором виявлені дві основні групи чинників - зовнішні і внутрішні. До групи зовнішніх чинників належать: містобудівні, природнокліматичні, екологічні, соціально-економічні (рис.2.4).

Основними складовими *містобудівного фактора* є: вплив транспортного навантаження, інженерних мереж, територіальне розміщення ділянки передбачуваного будівництва в структурі міста. При виборі ділянки розміщення доцільно передбачити вплив появи будівлі на сформовану територію і забезпечити можливості для руху, паркування, розвороту транспорту, так як

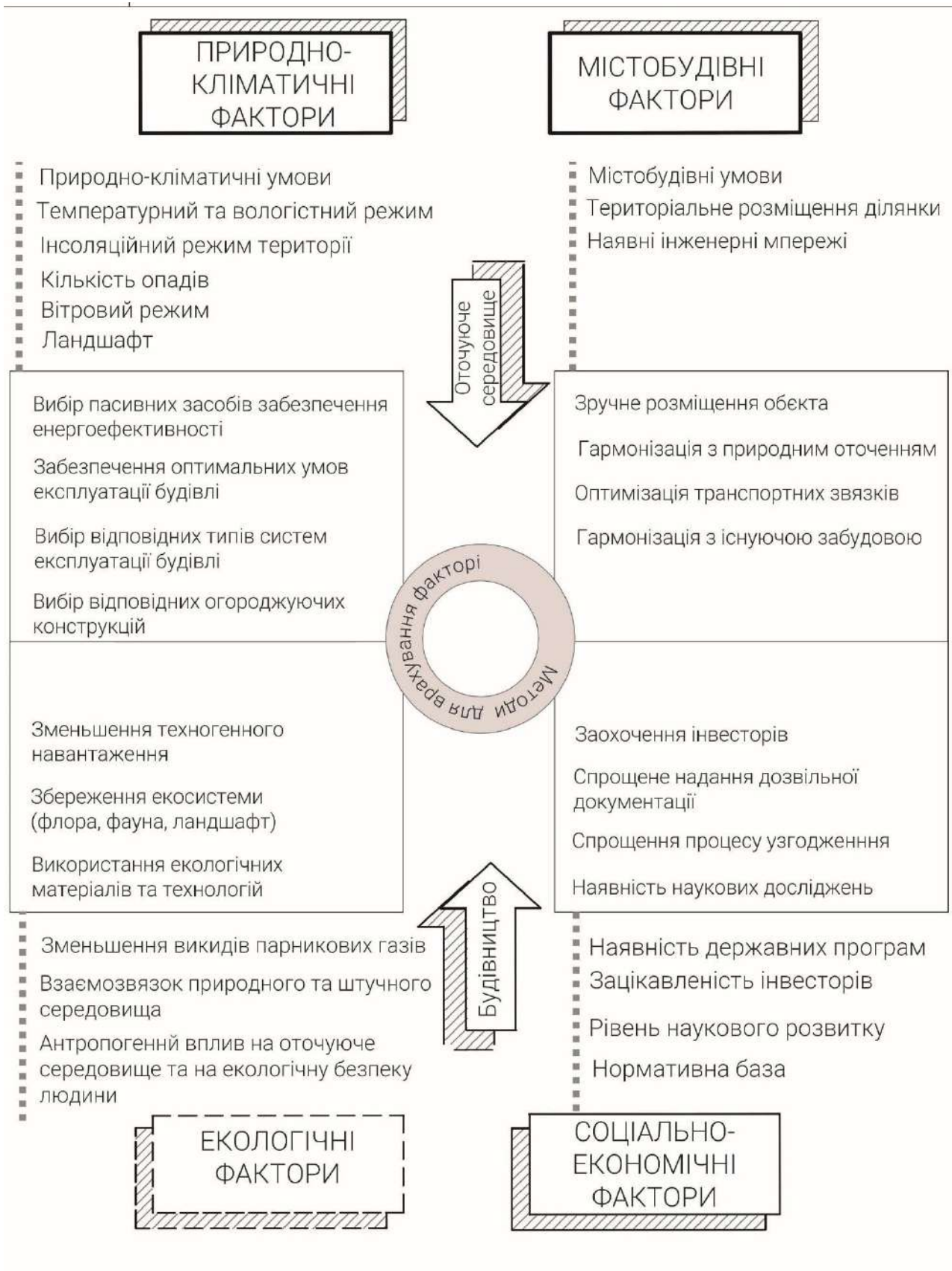


Рис. 2.4. Основні зовнішні фактори, що впливають на формування енергоефективних громадських будівель

розміщення великого об'єкта на ділянці міської території з інтенсивним рухом може призвести до транспортного колапсу.

Так само необхідно враховувати, що громадські будівлі надають значні навантаження на мережі інженерного забезпечення. У зв'язку з цим необхідно застосовувати в проектному рішенні прийоми, що зменшують це навантаження (наприклад, організовувати енергозабезпечення за допомогою альтернативних джерел енергії), що в цілому сприяє підвищенню енергоефективності будівлі. Якщо вибір ділянки для будівництва не залежить від проєктувальника, то необхідно, щоб проєкт будівлі максимально узгоджувався з особливостями наданої ділянки.

Так, розміщення в центрі міста, на периферії або в приміській зоні на увазі різні підходи до формування об'ємно-планувальної структури енергоефективних громадських будівель, а так само до вибору засобів забезпечення енергоефективності.

Такі складові забезпечення енергоефективності, як генератори енергії, в подібному випадку можливо розміщувати на покрівлі. У разі ж проєктування в умовах вільних територій, форма будівлі може варіюватися, у архітектора з'являються розширені можливості включення в структуру об'єкта додаткових елементів генерації енергії і моделювання геометрії будівлі, сприяє підвищенню ККД інженерних систем.

В цілому зростання міст і ущільнення забудови зобов'язують раціонально використовувати ділянки міської території. Збільшення кількості транспорту, подовження протяжності маршрутів, недолік паркувальних місць, вимагають від архітекторів переосмислення принципів розміщення громадських будівель в міському середовищі і формування об'ємно-планувальних рішень з урахуванням оптимізації руху транспорту і людей, які відвідують будівлю.

Зменшення зелених насаджень та відсутність громадських місць у великих містах спонукають до включення зимових садів, атріумів та інших рекреаційних зон в об'ємне проєктування енергоефективних громадських будівель. З цієї причини кілька громадських будівель використовують у своїй

структурі зелені насадження, які, окрім очищення повітря та природної вентиляції, покращують середовище міста та використовуються для відпочинку та спілкування працівників і відвідувачів.

Таким чином, можна говорити про те, що місце проживання в міському середовищі має значний вплив на формування об'ємно-просторової композиції будівлі і, як наслідок, на вибір засобів забезпечення енергоефективності, які передбачається використовувати в проєкті.

Природно-кліматичний фактор так само має значний вплив на формування об'ємно-планувального рішення енергоефективних громадських будівель. Найбільший вплив природно-кліматичного чинника формують такі параметри навколишнього середовища, як інсоляційний режим території (кількість сонячних днів), вітровий режим, кількість опадів, а так само температурно-вологістний режим. Залежно від вищеписаних параметрів навколишнього середовища, архітектору необхідно проєктним рішенням забезпечити оптимальні умови експлуатації будівлі.

При цьому необхідно створити можливості для ефективного використання енергії в умовах певного клімату, що представляє собою досить цікаве завдання з архітектурно-художньої точки зору, так як природно-кліматичні умови впливають безпосередньо на форму будівлі, кількість, розміщення і розмір світлових прорізів, а так само на вибір і формування інших архітектурних елементів. так, наприклад, в жаркому сонячному кліматі виникає необхідність забезпечення охолодження повітря і сонцезахисту, що позначається на проєктному рішенні за рахунок включення в об'ємно-планувальну структуру сонцезахисних пристроїв.

При розміщенні будівлі в помірному теплому кліматі, для зменшення перегріву стін можливо застосовувати вертикальне озеленення, що так само перешкоджає перегріву навколишньої території, властивому великих міст з щільною забудовою. У холодному кліматі велике значення доводиться приділяти зменшення тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції і мінімізації витрат на обігрів приміщень, що так само може бути відкориговано

за рахунок об'ємно-планувального рішення.

Крім того, природно-кліматичний фактор обумовлює вибір систем генерації енергії, їх місце проживання в структурі будівлі. Так, наприклад, вітряний клімат дає можливість включати в об'єм будинку вітрогенератори, облік рози вітрів території дозволяє визначити їх оптимальне розташування в об'ємно-планувальній структурі з точки зору збільшення ККД. В умовах жаркого клімату з великим кількістю сонячних днів доцільно використання сонячних батарей.

Досить часто актуальною є комбінація декількох систем генерації енергії та їх оптимальне розміщення. При великій кількості опадів на території доцільне застосування систем збору дощової води, що дозволяє зменшити енерговитрати на водопостачання. З огляду на вищесказане, можна констатувати значний вплив природно-кліматичного чинника на формування об'ємно-планувальної структури, а так само на архітектурно-художній образ енергоефективних громадських будівель.

Вплив *екологічного чинника* тісно пов'язаний з природно-кліматичних, однак має свою явну специфіку. Якщо при розгляді природно-кліматичних факторів перед архітектором стоїть завдання врахувати особливості клімату, то екологічний фактор вимагає врахування навантаження, яку будівля надає на сформований екологічний баланс території. Це містить такі основні складові: зниження викидів парникових газів, взаємозв'язок природного і штучного середовища, антропогенний вплив на навколишнє середовище і екологічну безпеку людини. Звідси випливає, що врахування екологічного чинника треба мати на увазі при розробці архітекторами проектного рішення енергоефективної громадської будівлі, яке мінімізує негативний вплив на всі перераховані вище складові.

Врахування екологічного фактора при проектуванні енергоефективних громадських будівель є досить складним завданням, оскільки забезпечення енергоефективності безпосередньо не пов'язане з вирішенням екологічних проблем, що виникають при будівництві таких об'єктів. Прямим завданням

можна вважати оптимізацію енергетичного балансу будівлі.

Більш того, в деяких випадках включення енергоефективних заходів здатне чинити негативний вплив на стан навколишнього середовища. Так використання деяких видів вітрогенераторів, може травмувати птахів, створювати вібрації інфразвуку - шумове забруднення території. виробництво напівпровідникового кремнію, використовуваного для роботи сонячних батарей, наприклад, методом водневого відновлення з трихлорсилану (що є найбільш поширеним способом промислового виробництва), також має ряд недоліків.

До числа таких недоліків відносяться: застосування шкідливих, корозійних і пожежовибухонебезпечних речовин в процесах синтезу трихлорсилану і отримання полікремнію, значна кількість твердих і газоподібних відходів, що призводить до екологічної перенапруженість виробництва, а так само інші недоліки. Це робить сонячні батареї, вироблені таким або подібним способом, небезпечними для екології. Позитивним моментом, з екологічної точки зору, є мінімізація викидів парникових газів будівлею при зменшенні його енергоспоживання та збалансованості теплообміну огорожувальних конструкцій. Для того, щоб врахувати екологічний фактор, необхідно закладати в проєктне рішення екологічні матеріали, технології, враховувати особливості природного середовища (Ландшафту, флори, фауни). Неприпустимим є руйнування проживання рідкісних видів тварин, птахів і рослин, вирубки зелених насаджень без заміщення. Тобто, проєктувальники зобов'язані вживати всіх можливих заходів щодо забезпечення збереження сформованої природного середовища.

Вплив соціально-економічного чинника головним чином складається в зацікавленості держави і інвесторів в інтеграції енергоефективних технологій в архітектуру і будівництво, що виражається в наявності нормативно-правового забезпечення проєктування будівель такого типу, а так само підвищення рівня науково-технічного розвитку суспільства. Наявність державних програм, датуючих енергоефективне будівництво, збільшує

кількість зацікавлених інвесторів, що сприяє економічній доцільності застосування енергоефективних технологій в проектуванні офісних будівель.

Впровадження систем сертифікації будівель за критерієм енергоефективності, таких як американська система Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) рейтингова система для енергоефективних та екологічно чистих будівель і британська система Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method (BREEAM) - провідний в світі метод екологічної оцінки будівель в поєднанні з поінформованістю суспільства спрямовують замовників на створення проєктів, які відповідають екологічним стандартам.

Разом з тим, світовий досвід свідчить про те, що державна підтримка таких ініціатив щодо енергоефективних технологій та засобів, включені в об'ємно-планувальне рішення громадських будівель, такі як генератори енергії, і пасивні засоби енергозбереження, приймають рекламну форму для використання інформаційного потенціалу архітектури в поширенні ідей енергоефективного будівництва. Таким чином, можна говорити про те, що соціально-економічний фактор обумовлює взагалі саму можливість появи і розвитку енергоефективного проєктування громадських будівель.

До *групи внутрішніх факторів* належать (рис.2.5): архітектурно-художній, функціонально-планувальний, конструктивний, інженерно-технічний. У зв'язку зі специфікою енергоефективних громадських будівель найбільш важливим фактором, який впливає на формування таких об'єктів, можна вважати інженерно-технічний фактор. Вплив інженерно-технічного фактора ґрунтується головним чином на необхідності розміщення в структурі будівлі різних інженерних систем, що змушує закладати в проєкт додаткові групи приміщень для розміщення інженерно-технічного обладнання, аналізувати взаємозв'язку цих приміщень з приміщеннями, властивими громадським будівлям традиційно. Про вплив інженерно-технічного рішення на формування громадських будівель пише В. Шуллер: «Системи енергопостачання можуть бути сконцентровані в спеціальних шахтах, органічно пов'язаних зі стволами

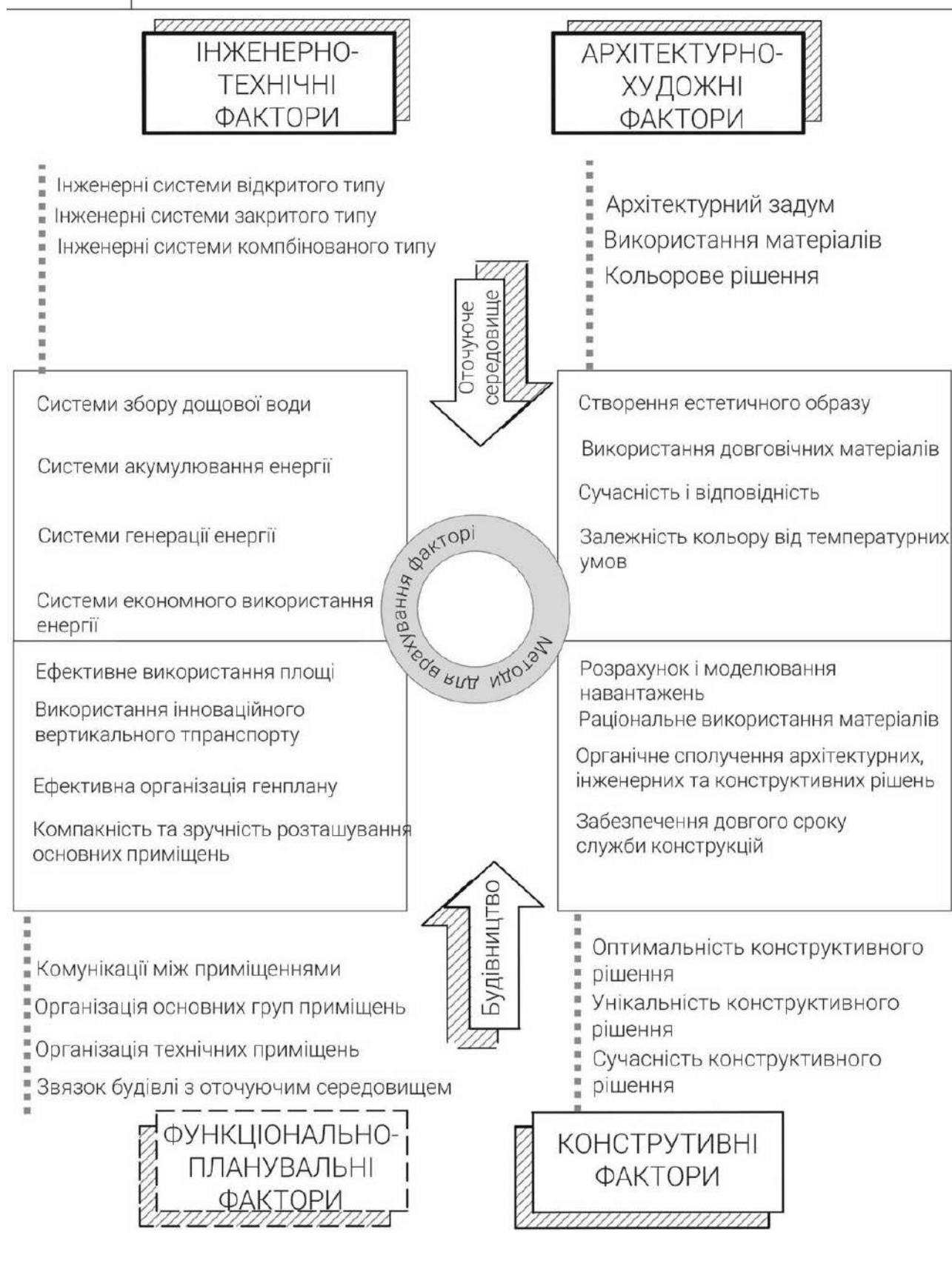


Рис. 2.5. Основні внутрішні фактори, що впливають на формування енергоефективних громадських будівель

жорсткості. Іноді для системи інженерного устаткування передбачаються спеціальні простору у зовнішніх стін або технічні поверхи для розміщення складних систем комунікацій. Всі ці рішення впливають на загальний зовнішній вигляд будівлі і вибір економічною конструктивно-планувальної схеми» [94].

Особливу важливість так само має енергозабезпечення громадських будівель. До енергопостачання громадських будівель пред'являються високі вимоги. Перш за все, це відноситься до надійності енергопостачання. Забезпечення тепловою та електричною енергією має передбачатися не менше ніж від двох незалежних один від одного енергоджерел.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що використання альтернативних джерел забезпечення енергією при експлуатації енергоефективних громадських будівель є доцільним, як в якості додаткового джерела при традиційному енергозабезпеченні, так і (при комбінації декількох видів альтернативних джерел енергії) в якості основного.

В результаті аналізу впливу інженерно-технічного фактора автором було виявлено три типи інженерних систем, які впливають на формування об'ємно-планувального рішення енергоефективних громадських будівель. До них відносяться інженерні системи відкритого типу, інженерні системи закритого типу, а так само інженерні системи комбінованого типу.

До інженерних систем відкритого типу відносяться такі системи, які розміщуються із зовнішнього боку будівлі, на дахах, фасадах, карнизах та інших елементах огорожувальних конструкцій, це можуть бути сонячні батареї, вітрогенератори, системи збору дощової води і інші подібні системи. До інженерних систем закритого типу необхідно віднести системи вентиляційних каналів, різні системи акумулювання енергії, системи геліотермальних лабіринтів, а так само всі інженерні системи які традиційно присутні в сучасних будівлях (Опалення, вентиляція тощо).

Інженерні системи комбінованого типу - це системи, яким одночасно притаманні властивості як систем відкритого, так і закритого типу. Інженерні

системи першого типу можуть істотно впливати на зовнішній вигляд будівлі, ставати його формотворчим елементом. Так, наприклад, розміщення в структурі обсягу будівлі вітрогенератори або сонячні колектори можуть служити ключовими елементами об'ємно-просторової композиції будівлі, що робить їх помітними оточуючим і дозволяє будівлі служити символом енергоефективного будівництва в цілому.

Наявність інженерних систем закритого типу, навпаки менш помітно, але від цього не зменшується вплив таких систем на формування об'ємно-планувальної структури.

Використання інженерних систем комбінованого типу вимагає від архітектора застосування двох перерахованих вище підходів. Таким чином, інженерно-технічний фактор може помітно впливати на формування об'ємно-планувального рішення будівлі. Залежно від творчого задуму архітектора можливо врахувати і виявити цей вплив за допомогою різних архітектурно-планувальних прийомів.

Важливе значення має *архітектурно-художній* фактор, вплив якого формується в першу чергу з архітектурного задуму автора (Основної ідеї архітектурного проекту), а так само пропонованих матеріалів і колірних рішень. Слід зазначити, що архітектурним рішенням в цілому закладається ступінь впливу всіх інших внутрішніх факторів. Архітектурно-художній фактор впливає головним чином на створення художнього образу будівлі, доцільність, сучасність проєктного рішення, вибір і використання довговічних, практичних, і відповідають естетичним вимогам матеріалів.

Кольорове рішення, закладене в оздоблювальних матеріалах будівлі, так само впливає на енергетичні витрати будівлі (в зв'язку з фізичними особливостями кольору – його здатністю поглинати і відштовхувати світлові промені).

Перед архітекторами при формуванні художнього образу енергоефективних громадських будівель стоїть завдання виявити не тільки особливості будівлі, а й його приналежність до енергоефективних будівель - до

будівель, які відповідають сучасним вимогам, і в той же час найвищим нормам забезпечення якості умов праці. Поява нових функціональних приміщень для розміщення та обслуговування енергогенеруючих елементів, забезпечення пасивного енергозбереження, і необхідність врахування особливостей формоутворення (аеродинамічної, захист від перегріву, забезпечення природним освітленням), вимагають застосування специфічних архітектурно-художніх прийомів.

Вплив *функціонально-планувального* фактора обумовлюється необхідністю забезпечення і оптимізації всіх функціональних процесів, які передбачаються в будівлі, а так само появою додаткових функцій, що не властивих громадським будівлям, в яких завданням енергоефективності уваги не приділяється.

Необхідність враховувати ці функції, а так же інакше формувати зв'язки між функціональними групами приміщень, визначають вплив функціонально-планувального фактора. Основними складовими функціонально-планувального фактора є: організація основних груп приміщень, організація технічних приміщень, комунікації між приміщеннями, а так же зв'язок будівлі з зовнішнім середовищем. Функціонально-планувальний фактор переважно впливає на зручність і компактність розміщення основних і технічних груп приміщень, ефективне використання площі, ефективну організацію генплану, розташування вертикальних комунікацій і використання вертикального транспорту.

Так само необхідно враховувати вплив *конструктивного* фактора, основними складовими якого, що впливають на енергоефективність громадських будівель, є: оптимальність, сучасність і унікальність конструктивної системи будівлі. Оптимальність конструктивного рішення дозволяє скоротити енергетичні та матеріальні витрати на виробництво елементів конструкцій, а так ож заощадити матеріали і час при зведенні будівлі. унікальність має на увазі облік всіх особливостей об'єкта, можливість витримувати додаткові навантаження, пов'язані з роботою енергоактивні обладнання - гармонійне поєднання архітектурних та інженерних рішень.

Сучасність конструктивного рішення має на увазі використання останніх досягнень науки в області розробки конструктивних рішень для мінімізації енерговитрат на їх виробництво, будівництво і експлуатацію, що дозволяє забезпечити довговічність і економію матеріалів. В цілому, будівництво громадських будівель вимагає застосування досить складних конструктивних рішень, що пов'язано з їх специфікою.

Аналіз вищеописаних факторів дозволяє зробити наступні висновки.

Проектування енергоефективних громадських будівель - це досить складна багатофакторна завдання, для вирішення якої необхідний комплексний підхід.

Якісні об'ємно-планувальні рішення енергоефективних громадських будівель це результат виявлення пріоритетних проектних завдань і вибору оптимальних методів їх вирішення. Аналіз факторів дозволяє запропонувати відповідні заходи щодо забезпечення енергоефективності.

При формуванні об'ємно-планувальних рішень енергоефективних громадських будівель необхідно враховувати всі особливості місцевості, як кліматичні так і містобудівні, що має на увазі індивідуальний підхід до проектування.

Тому для забезпечення енергоефективності недоцільно застосовувати типові проекти. У кожному конкретному випадку дія факторів неравнозначно і в залежності від конкретної ситуації мають значення різні складові, що вимагає більш детального подальшого вивчення.

(BREEAM) - Метод оцінки екологічної ефективності будівель в Європі

У 1990-і рр. в Великобританії виникає перша в світі система екологічного сертифікування будівель BREEAM - Метод оцінки екологічної ефективності будівель. BREEAM інструкції як: Нове будівництво; реконструкція; BREEAM In- Use; Спільноти BREEAM; і Кодекс для стійких будинків (CHS).

В даний час він пропонує сертифікати стійкості на міжнародному ринку, так як на момент написання документа були зареєстровані 566 160 сертифікованих по BREEAM будівель, а 2275771 будівлі зареєстровані для майбутньої оцінки в 78 країнах по всьому світу [95].

BREEAM розглядає широке коло питань навколишнього середовища і стійкості, а також дозволяє розробникам і дизайнерам доводити екологічні повноваження своїх будинків для планувальників і клієнтів. Він використовує пряму, лінійну систему підрахунку очок, яка прозора, проста в розумінні і фактологічної бази, заснованих на пошуку, вона робить позитивний вплив на проєктування, будівництво та управління будівлями, а також встановлює і підтримує надійні технічні стандарти при суворій сертифікації.

Рейтингова система включає п'ять варіантів заохочення: задовільно (> 30%); добре (> 45%); дуже добре (> 55%); відмінно (> 70%); величезний (> 85%) [66,67]. BREEAM містить десять розділів еко-оцінки (табл.2.1).

Таблиця 2.1. BREEAM еко-оцінки

Розділ 1. Управління-12%	включає критерії щодо: контролю за процесом будівництва та його безпекою; надання посібника для користувачів; забезпечення оптимальної продуктивності систем; розумними рішеннями будівельних конструкцій.
Розділ 2. Здоров'я та соціальне благополуччя-15%.	передбачає якісне природне та штучне освітлення приміщень; сприятливий вид вікна для відпочинку. очей; комфортний тепловий режим та природну вентиляцію. Враховуються необхідна акустика, якість внутрішнього повітря та води без шкідливих домішок здоров'ю.
Розділ 3. Енергія-19%	визначає ряд вимог щодо зменшення викидів CO ₂ в довкілля: використання приладів для підрахунку енергії; підвищення енергоефективності; використанню відновлюваних джерел енергії та мінімізації теплових втрат. У розділі є критерії щодо застосування енергоефективні транспортні системи витяжних шаф.
Розділ 4. Транспорт - 10%	доступність громадського транспорту, безпечні умови для пішоходів та велопогулянок; близькість до об'єктів інфраструктури. Враховуються при нарахуванні балів ємність паркування, грамотне планування ділянки та можливість роботи вдома.
Розділ 5. Вода - 5%	Включає вимоги по мінімізації використання питної води, повторному використанню «сірої» та збору дощової, підтримується встановлення лічильників, систем стеження за витіканням цінного ресурсу

Продовження таблиці 2.1. BREEAM еко-оцінки (продовження)

Розділ 6. Матеріали – 13%	передбачає вимоги щодо використання будівельних матеріалів з низьким еко впливом протягом усього життєвого циклу будівлі, повторного застосування – огорожувальних матеріалів та матеріалів каркасу будівлі.
Розділ 7. Відходи – 8%	включає критерії по окремої утилізації побутового та будівельного сміття з наступним його вивозом.
Розділ 8. Землекористування – 10%	передбачає начислення балів за повторне використання землі; реабілітацію раніше забруднених земель, зменшення впливів на довкілля; мінімізацію службового освітлення і рівня шуму на будмайданчику. Оцінюються поєднання будівлі з навколишньою забудовою та підтримка біорізноманіття території.
Розділ 9. Забруднення оточуючого середовища – 8%	включає контроль за використанням холодоагентів; дощовими потоками; викидами парникових газів; забрудненням природних водотоків від стоків будівель, підтримується обмеження впливу зовнішнього світла і шуму.
Розділ 10. Інновації – 10%	Включає засоби по використанню і впровадженню інновацій

Пасивний будинок. У міжнародній архітектурній практиці налічується кількох подібних стандартів, але найширшу популярність здобув німецький еко- стандарт «Passive Hause», тобто «Пасивний будинок», який був створений в 1996 році Вольфгант Файст на базі Інституту пасивного будинку в Дармштадті. Завданням стандарту є прагнення до проєктних рішень і будівництва будівель, в яких комфортний мікроклімат приміщень підтримується без окремої системи опалення та кондиціонування протягом всього року. Подібна концепція проєктування будинку дозволяє параметрично описати «стійкий» підхід і виявити необхідні нормативні одиниці для організації комфортного житлового середовища.

Перший експериментальний пасивний будинок був зведений під керівництвом Вольфганта Файст в 1991 р Ця будівля потребує настільки малій кількості тепла, що можна було б відмовитися від виділеної системи опалення.

Витрата на опалення в пасивному будинку Файст становить менше 1 літра рідкого палива в рік на 1 квадратний метр опалювальної площі [96]

Особливу увагу стратегія «Passive hause» приділяє необхідності організації в будинку систем механічної припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла, можна здійснювати нагрівання та охолодження зовнішнього повітря за рахунок тепла землі. Таким чином, крім вентиляції відбувається нагрів приміщень в зимовий час і охолодження в літній за допомогою припливного повітря [97].

LEED: Енергетичнета екологічне проєктування (США)

Розробка рейтингової системи LEED почалася в 1998 р Британським радою з екологічного будівництва (USGBC) – некомерційної громадською організацією, до якої увійшли забудовники, представники державного і приватного сектора, проєктувальники, підрядники, менеджери об'єктів, виробники будівельних матеріалів. За основу був узятий метод оцінки екологічної ефективності будівель

Для проходження сертифікації LEED проєкт повинен відповідати певним вимогам і різних рівнів оцінки. вимоги та критерії оцінки в рейтингових системах відрізняються, вибір робиться в Залежно від типу і стадії реалізації проєкту. Сертифікація LEED включає п'ять систем оцінки:

1. Будівництво та проєктування будівель;
2. Проєктування інтер'єру і будівництво;
3. Експлуатація та обслуговування будівель;
4. Розвиток інфраструктури навколо будівлі;
5. Житлові будинки (USGBC 2014 року).

Система LEED - це програма сертифікації, застосовна до будь-якого типу будівель і їх життєвого циклу і дозволяє забезпечити стійкість об'єкта з різних аспектів. сертифікування нових і реконструйованих будівель по LEED дає суттєву економію коштів. Архітектори, професіонали в сфері нерухомості, менеджери об'єктів, інженери, дизайнери інтер'єрів, ландшафтні архітектори, менеджери по будівництва, кредиторі і урядовці все використовують LEED,

щоб допомогти перетворити побудовану середу в сталий розвиток. LEED - це не єдина рейтингова система, а система рейтингових систем, ділиться на кілька рейтингових систем, таких як: LEED для нового будівництва, LEED для створення будівель, LEED для комерційних інтер'єрів, LEED для ядра і оболонки, LEED для шкіл, LEED для роздрібно торгівля, LEED для охорони здоров'я, LEED для дому та LEED для розвитку сусідства. LEED складається з восьми категорій оцінки (таб. 2.2) [73].

Таблиця 2.2. LEED система оцінки

<p>Розділ 1. Розташування та транспортна інфраструктура – 16%</p>	<p>Більшість негативних впливів на будинок відбувається через особливості місця, де він розташований. Ця категорія балів призначена для покращення будинків, збудованих поза екологічно нестійкими територіями, і замість того, щоб вбудовувати їх в забудовані або раніше розроблені та інші ділянки, збудовані поблизу існуючої інфраструктури, джерел енергії та доступу до суспільних просторів та інших. Враховуються розташування ділянки забудови, доступність інфраструктури доступність паркування, можливість використання альтернативного та громадського транспорту.</p>
<p>Розділ 2. Сталі майданчики (місце для забудови) – 10%</p>	<p>Для забезпечення стійкості проекту потрібен правильний вибір об'єктів сталого розвитку, а також управління їх життєвим циклом. Оцінка за цією категорією спрямована на проектування та будівництво тільки на раніше розробленій ділянці землі, зниження негативного впливу на екосистеми, збереження водної екосистеми, створення продуманої транспортної системи, уникнення забруднення атмосфери та формування «островів тепла». У розділі передбачаються заходи щодо: — запобігання забруднень від будівельної діяльності; розробці будівельної майданчики; максимізації площ зелених насаджень; зменшення навантаження на зливі системи, контроль якості стічних вод;</p>

Продовження таблиці 2.2. LEED система оцінки

<p>Розділ 3. Енергоефективність водопостачання – 11%</p>	<p>Будинки є основними споживачами питної та не питної води і, відповідно, негативно впливають на водяну екосистему. Система LEED пропонує оптимізувати водоспоживання за рахунок оцінки використання питної та не питної води, також вимірювання витрати води. Метою такої оцінки є економія витрати води, особливо питної, а також розвиток стратегій, які дозволяють - більше - використовувати господарську воду та альтернативні джерела води</p>
<p>Розділ 4. Використання енергії і параметри атмосфери – 33%</p>	<p>Визначає низку вимог щодо: заохочує – проведення енергетичних аудитів, визначення потреб в енергії та включення широкого спектру стратегій у галузі енергоефективності, включаючи моніторинг енергії та відстеження енергетичних характеристик будівлі,</p>
	<p>використання ефективного дизайну та будівництва, а також ефективні прилади та будівельні системи. Використання відновлюваної та чистої енергії, виробляється на заводі або за її межами, наприклад сонячні панелі та вітрові турбіни, такі як стратегія, що спостерігається в столітньому кампусі, сертифікованому «платиновим» сертифікатом LEED Університету Гонконгу.</p>
<p>Розділ 5. Використання матеріалів та ресурсів – 13%</p>	<p>Розділ визначає низку вимог щодо: скорочення відходів та повторного використання матеріалів, а також впровадження методів утилізації для мінімізації на докілья. Він також сприяє вибору екологічно стійких, зібраних, виготовлених та транспортованих матеріалів, а також, якщо це необхідно, відновлених або відновлених продуктів. Ціль полягає в тому, щоб відвести, наскільки це можливо, будівельні, ремонтні, руйнівні та експлуатаційні відходи на полігонах, а також утилізувати та переробляти повторно використовувані матеріали</p>

Продовження таблиці 2.2. LEED система оцінки

<p>Розділ 6. Якість середовища всередині приміщення – 16%</p>	<p>Розділ обговорює критерії створення сприятливих умов для користувача, згідно з вимогами стандарту ASHRAE 62.1-2004 «Вентиляція та прийняті норми щодо якості повітря всередині приміщень» включає критерії по: забезпечення мінімальних параметри якості внутрішнього повітря, Ретельно перевіряється якість використовуваних матеріалів та покриттів при будівництві та реконструкції. Заохочується можливість індивідуального регулювання користуваче мікроклімату</p>
<p>Розділ 7. Інновації в проєктуванні – 8%</p>	<p>Система оцінки надавала бонусні бали для проєктів, в яких використовуються нові та інноваційні технології та стратегії для підвищення продуктивності будівлі, що значно перевищує вимоги, що висуваються іншими - кредитами LEED або міркуваннями зеленого будівництва, які безпосередньо не розглядаються в інших місцях у LEED. Ця категорія балів також нагороджує проєкти за включення в команду спеціаліста по акредитації LEED в команді для забезпечення цілісних і комплексних підходів до процесів проєктування та будівництва</p>
<p>Розділ 8. Регіональні пріоритети – 4%</p>	<p>Регіональні поради, глави та філії USGBC повинні визначити регіональні екологічні проблеми, які найбільш важливі для кожного регіону країни. Кредити LEED, які визначають ці місцеві пріоритети, вибирають спеціально та цілеспрямовано для кожного регіону.</p>

Рейтингова система включає чотири можливі нагороди: сертифікат LEED (40-49 балів); «Срібний» сертифікат (50-59 балів); «Золотий» сертифікат (60-79 балів); платиновий сертифікат (> 80 балів).

(GGD) Green Globes Design (Глобальне «зелене»проєктування)

GGD є результатом більш ніж одинадцяти років пошуку і доопрацювання широким колом відомих міжнародних організацій і експертів. «Green Globes Design »- це інструмент онлайн-контролю з метою заохочення інтегрованого застосування екологічних показників у поданих проєктах і «зелених» будівель з

урахуванням передового світового досвіду та стандартів. «Green Globes Design» - це свого роду керівництво за інтегрованими принципами «зеленого» дизайну, а так само і протокол оцінки, що використовує конфіденційні опитувальні листи для кожного етапу реалізації проєкту.

Програма генерує всебічні онлайн-звіти з оцінки та рекомендації. Програма заснована на аналізі опитувальних листів, що складають близько 150 позицій, які займають від 2 до 3 годин для відповіді на них, за принципом програмованого опитування типу «так» чи «ні» і групуються в сім розділів, пов'язаних з виявленням екологічних показників [98]. Після заповнення питальних листів автоматично створюється звіт для друку, який забезпечує:

- екологічні рейтинги для регулювання проєктних рішень, підготовки ділянки забудови, розробки джерел енергії, води, ресурсів, каналізації, і утилізації відходів, кліматичних та інших рішень, відповідних проєкту.

- рекомендації для подальшого вдосконалення проєктних рішень;
- посилання на інформацію про інженерні системи будівель і управління ними.

Система GGD підходить для великих і малих будівель, включаючи офісні, багатосімейні житлові будинки та громадські будівлі, такі як школи, університети, бібліотеки та інші [99,100].

Цілі GGD полягають в наступному: Оцінка використання режимів енергії та інших екологічних показників. Заохочення експертних методів оцінки проєктування і управління будівлями і ступеня усвідомленості екологічних проблем серед власників будівель, проєктувальників, дизайнерів і менеджерів, складання програм дій щодо поліпшення ситуації на різних етапах реалізації проєкту, проведення сертифікацію і система заохочення проєктування зелених насаджень. GGD складається з семи розділів - категорій оцінки:

- 1) управління;
- 2) ділянку забудови;
- 3) енергопостачання;

- 4) водопостачання;
- 5) ресурсоснабження;
- 6) утилізація відходів, регулювання викидів, стоків і інші дії об'єкта на навколишнє середовище;
- 7) кліматичні рішення і кондиціонування об'єкта.

Всі перераховані вище методи дозволяють проводити розрахунки по енергоефективності з визначенням економічної складової. Для таких розрахунків необхідні точні технічні характеристики по експлуатації кожного окремого елемента будинку. Такі умови можуть задовольнити лише конструктивні елементи будинку та інженерні пристрої. Тому основний акцент в розрахунках екологічної та енергоефективної оцінки житла надається конструктивним та інженерним заходам підвищення енергоефективності [101, 102]. Архітектурно-планувальним заходам приділено не достатньо уваги в даних документах, вони мають рекомендаційний характер, не підтверджений математичними розрахунками та їх застосування залишається на розсуд автора проєкту.

2.3.Класифікація енергоефективних громадських будівель

Отже виявлено кілька аспектів, які формують екосистему, і є найбільш важливими і структуроутворюючих для сучасних енергоефективних громадських будівель будівель:

- аналіз кліматичних умов території проєктування з метою визначення орієнтації і конфігурації будівлі;
- можливість використання рослин для формування мікроклімату в будівлі;
- природне освітлення приміщень, зокрема кожного робочого місця;
- природна вентиляція приміщень;
- економічна планування з точки зору обігріву і, навпаки, охолодження будівлі в залежності від кліматичних умов.

Врахування розташування будівлі з врахуванням кліматичних особливостей, рельєфу місцевості, існуючої забудови в районі проєктування

Екологічний баланс міст досягається шляхом впровадження низки технологій, таких як особливі умови будівництва. Завдяки багатоповерховим будівлям створюються нові ландшафтні композиції на рівній або нескладній місцевості. Якщо рельєф чітко виражений, можна частково відтворити існуючі природні особливості. Загалом, висоту доцільно поступово збільшувати та органічно доповнювати чи підкреслювати місцеве середовище [103].

Громадські будівлі доцільно розміщувати на основі вторинного розташування, в деяких випадках доповненого багатоповерховими будинками з окремими акцентами на околицях або в центрі житлових районів типових будівель. Автор пропонує групувати громадські будівлі та використовувати їх для забудови великих площ, які мають поздовжню «форму пагорба» (поступово збільшуються та зменшуються). Будинки повинні знаходитися на різній висоті для поліпшення гігієни, особливо вентиляції та сонячного випромінювання.

Орієнтація важлива. Рекомендується напрямок з півночі на південь, оскільки він має вищі показники комфорту для мікроклімату, ніж зі сходу на захід, коли сонце рухається протягом дня. Рекомендується повторно використовувати територію для створення нового мікрорайону [104,105,106,107].

Зона відпочинку бажано зорієнтувати на південь, враховуючи ефективну площу слизького потоку. Рекомендується встановлювати вільні зони відпочинку для заборонених зон: на контрольованих дахах зони стилобату; через послідовність організації середовища; завдяки нижнім шарам, які є відкритими «ландшафтними пандусами» і безпосередньо з'єднані з землею.

Емоційний комфорт підтримується виразністю силуету, поступовим збільшенням висоти, рівномірним поєднанням горизонталі та вертикалі, впровадженням багаторівневих композицій, деталями на рівні секції стилобату тощо, групою подачі та іншими елементами рекомендовано.

Компенсація об'ємної конструкції досягається шляхом впровадження ряду методів герметичності, пасивної адаптації, наявності екологічних просторів, мінімізації природних та кліматичних впливів, оптимізації стилізованої частини та додаткових заходів. У випадку багатоквартирних будинків, наприклад, вимоги до стабільності в плані поверху вказували на однакові розміри (прибл. 40 (м)). Співвідношення корисної площі громадських будівель до загальної площі становить від 0,6 до 0,7.

Просторова герметичність характеризується поєднанням двовимірної та тривимірної компактності форми. Автор рекомендує використовувати прості геометричні форми кола, еліпса, а в деяких випадках квадрата та трикутника у планах для високих будівель (коли гострий кут знаходиться у напрямку пануючих вітрів). Залежно від природно - кліматичних властивостей цих форм вони можуть бути суцільними (прямими) або складними контурами (схрещування). Північні регіони характеризуються міцними формами через необхідність теплоізоляції, тоді як південні регіони бажано впроваджувати складні форми, оскільки вони забезпечують кращий захист від сонячних променів. Крім того, герметичність пов'язана з енергоефективністю, а тому співвідношення в будівлях щонайменше 16 поверхів становить $S_{zov} / V = 0,25$ (S_{zov} - поверхня зовнішніх стін, об'єм V). Пасивна адаптація характеризується пристосуванням негативних більш природних кліматичні впливи. З точки зору контролю вітру, рекомендуються аеродинамічні плани у вигляді кіл, еліпсів і падінь у напрямку пануючих вітрів. Що стосується сонячного випромінювання, мінімальне нагрівальне навантаження дотримується в будівлях з трикутним і круглим планом поверху. Як правило, такі будівлі використовують ефект «енергетичного каскаду», в якому температура поступово падає від внутрішньої зони до зовнішніх поверхонь терморари. Сходові підйомники розташовані в центрі будівлі, кімнати, які не потребують багато денного світла, повинні виходити на північ, а зони з максимальним освітленням - на південь. Однак у південному кліматі можливе спрямування кількостей, які не потребують певних параметрів мікроклімату (сходовий підйомник, технічні

приміщення, екологічні об'єкти), на гарячі сторони горизонту, щоб захистити робочі приміщення від перегріву та гіперізоляції. У цьому випадку бажані комбіновані форми плану у вигляді віяла, підкови та ялинки.

Наявність екологічних просторів пов'язане з внутрішнім простором з природною вентиляцією та денним світлом, а також з тим, що працівники можуть торкатися елементів живої природи. Вони переважно відкриті (балкон, лоджія, тераса) та закриті (атріум, зимовий сад, обсяг кеш -пам'яті). Екологічні простори повинні становити 10-20% загальної площі будівлі. Для відкритих типів, які отримують майже однакову кількість сонячного світла та природного повітря, стандартна площа на одну людину становить 0,1-0,3 (м²/особу). Рекомендується брати площу закритих екологічних просторів 0,6-0,8 (м²/особу). Висота закритих та відкритих приміщень визначається лінією, яка проходить від найдавшої точки плану поверху під кутом 450 градусів до поверхів верхніх поверхів. Тобто чим більша глибина кімнати, тим вона повинна бути вищою. Згідно з дослідженням, існують такі варіанти інтеграції екологічних просторів у структуру будівлі: периметр; від; глибокий; паралельний; концентрований; комбіновані.

Мінімізація природних та кліматичних впливів допомагає зменшити негативні наслідки вітру, радіації, а також температури та вологості повітря на громадських будівлях. Автор рекомендує впровадження громадських будівель аеродинамічних циліндричних, конічних (яйцеподібних), спіральних, пірамідальних та інших вигнутих об'ємних форм. Важливо встановити отвори на 2/3 висоти конструкції або поглибити бічні панелі на різній висоті. Необхідно звернути увагу на правильне вирішення кутів будівлі, а саме на їх заокруглення, нахил, заокруглення тощо. Бажані різні рішення фасадів, оскільки стіни мають щогли, виступи та поглиблення, кількість та розміри яких відповідають кліматичним умовам. Крім того, рекомендується обладнати багатоквартирні будинки зі ступінчастою конструкцією, зменшивши площу поперечного перерізу на висоту.

Рекомендується розташувати область стилобату у багаторівневому форматі.

Щоб очистити прилеглу територію, найкраще підняти частину будівлі, щоб видалити опори або кронштейни на верхніх поверхах. Додаткові заходи допоможуть покращити комфорт навколишнього середовища у порівняно невеликих проєктних проєктах. Оптимізація типу, розміру, орієнтації та просторового розташування освітлювальних конструкцій є важливим моментом у відносинах між будівлею та її оточенням.

Мінімальне нормативне значення світового коефіцієнта відповідає співвідношенню площі віконного отвору до базової площі 1: 6-1: 7 [108,109]. Рекомендується використовувати формулу $H = 2,5 D$ для розрахунку природного освітлення, коли $H = 3$ (м) $D = 7,5$ (м) (H - висота вікна, D - глибина приміщення).

Багато збільшити прогалини на інший рівень перекриття вгору. Крім того, у нижньому порозі та у верхній зоні стелі рекомендуються спеціальні вентиляційні отвори для природної вентиляції. При безперервному скління ця функція виконується на структурах, що оточують світло, в яких визначено наступне: подвійні фасади з поперечинами; Подвійні фасади з прорізами; Фасади з розсувними елементами тощо. У південній зоні доцільно розробити сонцезахисні засоби за розміром та напрямком відповідно до кута падіння сонячного світла протягом дня. На практиці широко використовуються жалюзі, ролети, вертикальні ребра, вирізи для вікон тощо. Рекомендується активно впроваджувати горизонтальні та вертикальні природні зміни стін та стель.

Енергоефективність будівель з подібною технологією поділяється на енергоактивну та енергопасивну. Найефективнішими альтернативними джерелами енергії сонячна [110] та вітрова енергія [110,111] - сильна, доступна і тому дешева. Найважливішими технічними пристроями, які використовують сонячну енергію, є сонячні приймачі, геліостати та концентратори.

Ці пристрої можуть бути розташовані як на даху, так і в фасадній конструкції. Найбільш ефективними є системи з плоскими сонячними панелями, вбудованими в структуру будівлі. У вас багато сонячного світла і ви

зосереджені на гарячих сторонах горизонту. У разі вітрових турбін активним засобом є вітрогенератори та вітрогенератори з вертикальною або горизонтальною віссю обертання. У будівлях ці пристрої можуть знаходитися на даху, у споруді або між будівлями. Останні два типи вимагають розробки тривимірного рішення, яке забезпечує концентрацію та напрямок потоку повітря до вітрогенератора. Недоліком цього методу є додатковий шум і вібрація, викликані використанням вітрогенераторів.

До "пасивних" енергозберігаючих заходів належать:

- оптимізація форми будівлі (зменшення об'єму, збільшення ширини транспортного засобу);
- модернізація периметрових конструкцій (головним чином через їх розміри, герметичність та теплоізоляційні властивості та використання нічних штор);
- зона обігріву;
- сонячні системи опалення (пряме опалення приміщень різними типами скління, використання «стілки тромбу», ізоляція ізольованого об'єму);
- системи для покращення природного освітлення (світлові осі, канали, сонячні полиці, зовнішні та внутрішні відбивачі тощо) тощо.

Аналіз світового досвіду проектування екологічно орієнтованих будівель [112,113,114] дозволив отримати три основні архітектурні та композиційні форми вираження, а саме пластичність поверхні, динамічні структури, природні (біонічні) форми. Метод підвищення пластичності поверхні використовується в більшості будівель. Цього можна досягти за допомогою суцільних (спрощених) та шаруватих структур. В основному суцільні тривимірні фігури зазвичай мають вигнуті форми, утворені обертанням. Стратифікація форми досягається шляхом впровадження елементів для компенсації відкритих просторів (балконів, лоджій, терас), охорони навколишнього середовища (колони, карнизи, елементи захисту від сонця тощо) та їх озеленення. Метод реалізації динамічних структур базується на структурній системі та технічному обладнанні, яке може обертатися або змінюватися залежно від кліматичних або

соціальних умов. Ця технологія ще не отримала поширення, але будівництво першої «Динамічної вежі» розпочато в Дубаї, усі шари обертаються навколо ядра. Метод впровадження природних (біонічних) форм досягається шляхом застосування принципів архітектурної біоніки, які композиційно створюють враження природного походження будівельних конструкцій, імітуючи геологічні чи рослинні форми.

Прямий неконцентраційний. Сонячна теплова енергія може забезпечити енергією будь-яку систему, де сонячне випромінювання використовується для безпосереднього нагрівання середовища, яке може утримувати і використовувати тепло, наприклад, воду, повітря або тверду стіну (рис. 2.6, 2.7).

Вода може використовуватися безпосередньо як гаряча вода для побутових потреб в будівлі та для променистого підігріву підлоги (замість того, щоб покладатися на природний газ або електрична мережа, яка може вироблятися з викопне паливо для нагрівання води). Ці системи зазвичай використовують або плоскі пластини, або евакуйовані системи збору труб.

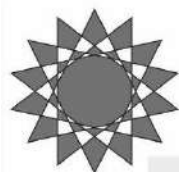
Сонячна нагріта вода може служити механізмом накопичення енергії для створення теплового відставання тепла в окупованому просторі, наприклад, з стіна Тромбе. Інші системи, які можуть допомогти тепловому простору, покладаються на повітря а не води. Повітря циркулює через порожнину, яка є під впливом прямих сонячних променів на зовнішній стороні будівлі.

Дуже простим прикладом теплової енергії є теплиця де вся будівля виконує роль збору сонячної енергії пристрою.

Сонячні теплові колектори можна встановлювати на даху або на даху стіни будівлі або в іншому місці, яке має експозицію до сонця.

Сонячну теплову енергію часто використовують у поєднанні з іншими енергозберігаючі методи, такі як тепло джерела ґрунту (геосонячні системи) та сонячне теплове охолодження (поглинання охолодження). Вони називаються сонячними комбісистемами.

Одну велику установку можна використовувати для «централізованого опалення» кілька будівель в межах екорайону.



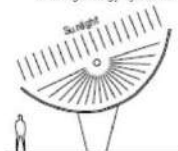
ТЕПЛОВІ СОНЯЧНІ ПРИСТРОЇ

СОНЯЧНІ ТЕПЛОВІ

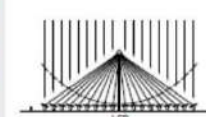
- Прямий неконцентруючий
- Сонячний ставок
- Параболічний жолоб
- Лінійний відбивач Френеля
- Тарілка Стерлінга
- Вежа сонячної енергії



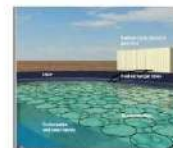
Stirling energy systems



PARABOLIC TROUGH



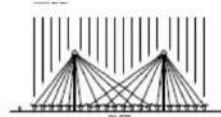
LINEAR FRESNEL REFLECTOR



SOLAR POND



Gemasolar power plant in Spain



CRFR

СОНЯЧНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ

- Фотоелектрична теплова (PVT)
- Кристалічний кремній
- Аморфний кремній
- Тонкоплівкова некремнієва
- Перовскіте
- Мульти-перехід
- Сонячний елемент, чутливий до барвників
- Органічна фотоелектрична
- Термофотоелектричний (TPV)
- Концентратор фотоелектричний (CPV)
- Люмінесцентний сонячний концентратор
- Нова фотоелектрична



ORGANIC PHOTOVOLTAIC



PEROVSKITE



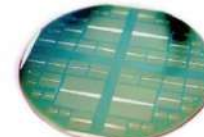
MULTI-JUNCTION



DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)



THIN-FILM NON-SILICON



THERMOPHOTOVOLTAIC (TPV)

ІНШІ СОНЯЧНІ ПРИСТРОЇ

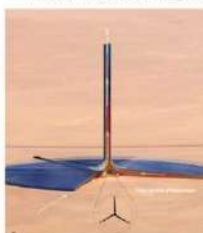
- Фотоелектрохімічна комірка (ФЕК)
- Термоелектрик
- Сонячна висхідна вежа
- Штучний фотосинтез
- Експериментальна сонячна



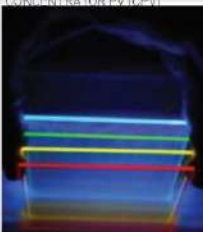
CONCENTRATOR PV (CPV)



ARTIFICIAL PHOTOSYNTHESIS



Cross cut diagram of solar updraft tower



Example of luminescent solar concentrators

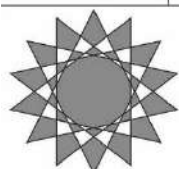


EMERGING PHOTOVOLTAIC



Sunshine to petrol solar furnace

Рис. 2.6. Класифікація пристроїв для перетворення енергії сонця



ТЕПЛОВІ СОНЯЧНІ ПРИСТРОЇ

ГЕЛІОПАНЕЛІ

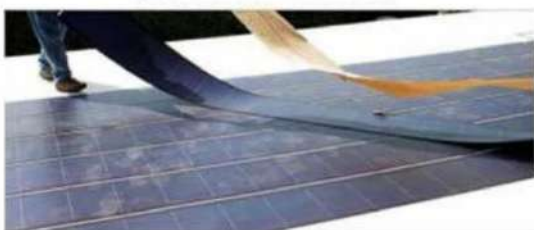
монокристалічні



полікристалічні



тонкоплівкові



ГЕЛІОКОЛЕКТОРИ

плоскі



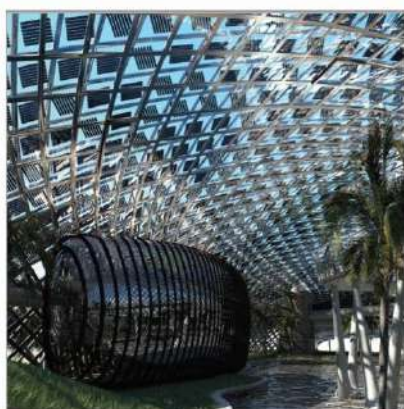
трубчасті



відкриті



ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СОНЯЧНИХ ПРИСТРОЇВ



THE OASIS, Abu Dhabi—LAGI 2019.



NEST, Abu Dhabi—LAGI 2019.



SOLAR (ECO) SYSTEM, Dubai/Abu Dhabi—LAGI 2010.

Рис. 2.7. Класифікація пристроїв для перетворення енергії сонця (продовження)

Найпоширеніший варіант переклад сонячної енергії в електричну за допомогою нагрівання кремнієвого складу, напиляного на пластину. Він застосуємо як у висотному, так і в малоповерховому будівництві. Другий варіант - переклад сонячної енергії в теплову за допомогою нагріву теплоносія в трубках. Рішення частіше застосовується в мало- і середньоповерхових будівлях для опалення та гарячого водопостачання.

Нещодавно з'явилося нове покоління геліопанелей - «Інтегровані будівельні фотоелектричні модулі». Приклади їх застосування наведені на рис.2.8.

Їх головна перевага – можливість монтажу на будь-яку поверхню будівлі: покрівля, похила площина, вертикальна стіна або скління. Основні особливості використання геліопристоріїв наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Особливості геліоенергопристроїв

Критерії класифікації	Результати (варіанти)
Тип енергії що одержується	- електрика (геліопанелі)
	- тепло (геліоколектори)
Типи пластин геліопанелей	- монокристалічні (ККД 18-21%, термін служби - 40-50 років);
	- полікристалічні (ККД 15-17%, термін служби - 25-40 років);
	- тонкоплівкові або з аморфного кремнію (ККД 15- 17%, термін служби - 10-15 років)
Матеріал геліопанелей	з кремнію;
	з телурид кадмію;
	з міді, індію, селену, галію;
	з полімерів
	з фуллеронів, фталоцианину міді

Продовження таблиці 2.3. Особливості геліоенергопристроїв

Типи конструкції геліоколекторів	плоскої форми;
	трубчастої форми (вакуумні);
	вільної форми
Область застосування геліоколекторів	опалення приміщень;
	гаряче водопостачання;
	підігрів води в басейнах
Тип підключення до мережі	мережевий тип
	автономний тип
Технологія «інтеграція фотоелектричних модулів в будівництво» («Building Integrated Photovoltaics») (BIPV)	
Поверхня установки	Тип модуля
На плоскому даху	плоскі пластини
На скатній покрівлі	черепиця з фотопокриттям
На фасаді	фасадні модулі
На скляному фасаді	прозорі модулі

Особливий інтерес викликають прозорі панелі, які пропускають денне світло і водночас перетворюють сонячну енергію. ККД сучасних сонячних систем становить 20-25%, є експериментальні зразки з показником 35-40%. Після обчислення середнього арифметичного висот усіх аналізованих ділянок виходить середній будинок висотою 290 м. Якщо взяти стандартну панель, яка виробляє 80 кВт/год, то потрібна площа приблизно 7000-8000 одиниць, або близько 10 000 м² для виробництва 56 МВт/год енергії. Візьмемо середнє значення загального енергоспоживання громадської будівлі 50 000 МВт/год.

Це означає, що за допомогою сонячної енергії можна забезпечити будівлю чистою енергією на 8-10% від загальної потреби. Орієнтовний термін погашення 10-15 років.

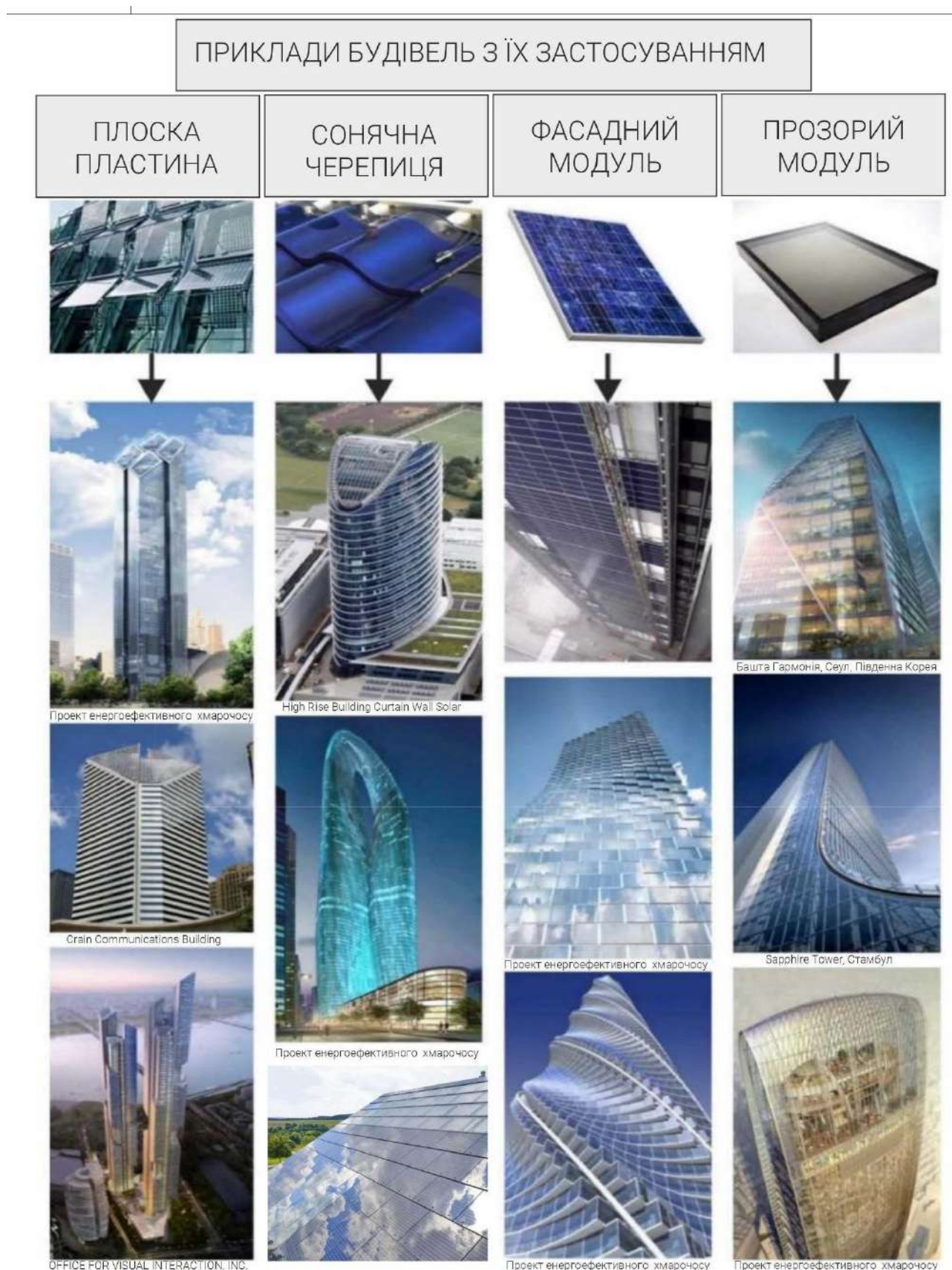


Рис. 2.8. Види інтегрованих будівельних фотоелектричних модулів

Концепція архітектурного рішення громадської будівлі може бути більш універсальною за рахунок використання технічних засобів з використанням ПДЕ. Спочатку це стосується систем, які перетворюють вітрову та сонячну енергію [114].

Люди давно контролювали енергію вітру, як варіант сонячної енергії. Згодом системи ставали все складнішими, на початку 19 століття був сконструйований вітрогенератор Савоніуса (вертикальна вісь обертання), а в 1890 році перший вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання.

На сьогоднішній день побудовано велику кількість різноманітних систем, які дозволяють використовувати та перетворювати енергію вітру (рис.2.9). Існує кілька параметрів, за якими їх можна класифікувати. Для наочності вся інформація зведена в таблицю (табл. 2.4.). Результати проілюстровано на архітектурних рішеннях будівель, обладнаних вітровими генераторами (рис.2.10).

У Китайській Народній Республіці стартував проєкт Tower of Power. Захисні конструкції являють собою оболонки параметричної форми з отворами. У точках сполучення «каркасу» встановлені вітрові генератори. Тому, окрім нестандартного образного рішення будівлі, проєктанти обіцяють ще й значне виробництво електроенергії.

ПРИСТРОЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

ВІТРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Берегова турбіна з горизонтальною віссю
- Морська вітряна турбіна з горизонтальною віссю
- Вітрогенератор з вертикальною віссю
- Концентратор вітру
- Енергія вітру на висоті та в повітрі
- Вихровий вібраційний резонансний вітрогенератор
- Генератор вітру



OFFSHORE HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE



RevolutionAir WTTKW WIND GRAZERS (GHT type design)



VORTEX INDUCED VIBRATION RESONANT WIND GENERATOR

ПРИКЛАДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ROTOR VERTICAL AXIS WIND TURBINE (VAWT)



Wind Grazers Melbourne



CONCENTRATED WIND

Рис. 2.9. Класифікація пристроїв для перетворення енергії вітру

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРИСТРОЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

КАРУСЕЛЬНІ

КРИЛЬЧАТІ

- генератор савоніуса



- з ротором дар'є



- гелікоїдний ротор



- безлопатеві



- одно- двулопатеві



- монолопатеві



ПРИКЛАДИ ПРОЄКТІВ З ПРИСТРОЯМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ



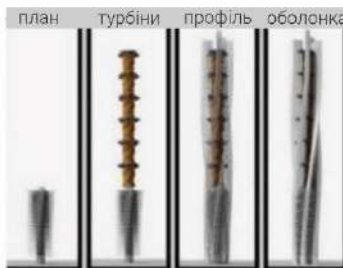
Біонічна арка, Тайвань, Вінсент Калебаут



Спіральний еко-хмарочос, м. Нойда, Індія



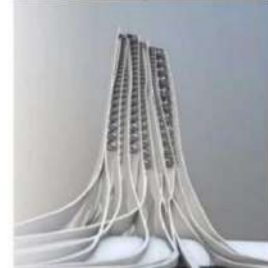
Концептуальний проєкт хмарочосу з ротором



Концептуальний проєкт будинку-турбіни



Хмарочос Lo2P в Нью-Дейлі (проєкт)



Хмарочос Gesterbine з вітровими турбінами

Рис. 2.10. Класифікація енергетичних пристроїв для перетворення енергії вітру

Таблиця 2.4. Особливості вітроенергоустановок

Критерії класифікації	Результати (варіанти)
Розташування осі обертання щодо поверхні землі	<ul style="list-style-type: none"> - карусельні (з вертикальною віссю обертання); - крильчасті (з горизонтальною віссю обертання);
Кількість лопатей	<ul style="list-style-type: none"> - однолопатеві; - дволопатеві; - трилопатеві; - багатолопатеві; - безлопатеві
Матеріал лопатей	<ul style="list-style-type: none"> - жорсткі; - вітрильні
Потужність	<ul style="list-style-type: none"> - великої потужності (понад 1 МВт); - середньої потужності (від 100 кВт до 1 МВт); - малої потужності (від 5 до 99 кВт); - дуже малої потужності (менше 5 кВт)
Кроковий ознака гвинта	<ul style="list-style-type: none"> - із змінним кроком; - з фіксованим кроком
Тип підключення до мережі	<ul style="list-style-type: none"> - мережевий вітрогенератор; - автономний вітрогенератор;

Класифікація поліенергетичних комплексів (ПЕК) з поновлюваними джерелами енергії

Аналіз проводився для 45 будівель і споруд, які використовують відновлювані джерела енергії (ПДЕ). На основі цієї інформації була створена класифікація ЕГБ. Він базується на розподілі будівель за кількістю та використовуваним показником ПДЕ. Зроблено широкий поділ на моноенергетичні і поліенергетичні об'єкти. У першій групі використовується одне з джерел енергії, у другій групу – поєднання кількох джерел енергії. Кожна група поділяється на різні типи. Розглянемо ближче енергоблоки (рис.2.12):

Будівлі, що використовують вітрову енергію Тип характеризується використанням технічних систем, заснованих на перетворенні енергії вітру. Він поділяється на такі види: будівлі з наскрізними отворами, в яких встановлені вітрові генератори, та будівлі, де вітрогенератори встановлені на відкритих майданчиках. Перший вид має особливе об'ємне рішення, яке дозволяє концентрувати і направляти вітрові потоки в отвір. Потоки повітря прискорюються і посилюються, вони проходять через встановлений на вулиці вітрогенератор, тим самим збільшуючи його ефективність. Типові приклади: «Strata Tower» (Великобританія), «World Trade Center» (Бахрейн). Другі – це об'єкти, на конструкції яких встановлені вітрові турбіни на різні висоти (Vlad Tower, Китай, Giant Egg, США). Одним з найпоширеніших методів є установка вітрогенератора на даху будинку.

Будинки, що використовують сонячну енергію. Значну частину зовнішнього облицювання такого типу об'єктів складають сонячні панелі. Вони визначають структуру і фактуру фасадів. Може бути встановлено на спеціальну конструкцію (наприклад, дисплей), на якій розміщені сонячні панелі сонячної системи, наприклад, “Investment Council Complexes” в Абу-Дабі (ОАЕ). Інший поширений варіант — створення похилої поверхні або даху з кутом, рівним куту падіння сонця, для досягнення максимальної ефективності системи («Iris Bay», Об'єднані Арабські Емірати).

БУДІВЛІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЕНЕРГІЮ ВІТРУ



Tower of Power-NL Architects

Strata tower, Лондон, Британія

Всесвітній торговий центр Бахрейн

БУДІВЛІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЕНЕРГІЮ СОНЦЯ



Iris Bay, Дубай, ОАЕ

The Solar Tower in Chicago, Illinois

Twin office towers in Abu Dhabi, (Al Bahar)

БУДІВЛІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЕНЕРГІЮ ВОДИ



Енергоефективний хмарочос

Концептуальний проект

Hydrogen-Producing Skyscraper Harvests Energy From Bolts of Lightning

БУДІВЛІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЕНЕРГІЮ ЗЕМЛІ

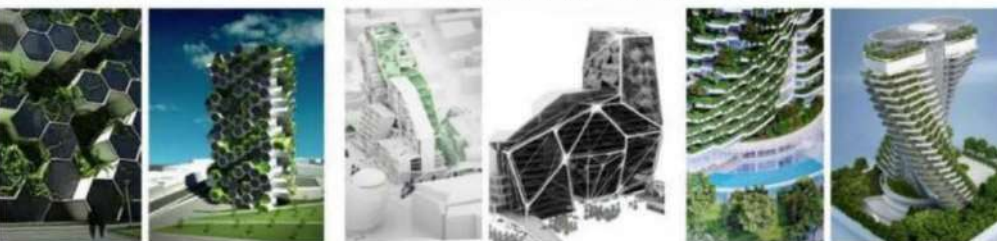


Imperial Tower, Мумбай, Індія

Проект енергоефективного хмарочосу

Проект енергоефективного хмарочосу

БУДІВЛІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЕНЕРГІЮ БІОМАСИ



London Tower Farm

London Tower Farm

Agora Tower, Тайбей

Рис. 2.11. Будівлі моноенергетичних типів використання енергоефективних технологій

Будівлі, що використовують енергію води. Об'єкти будують біля джерела води, як правило, річки або моря. При плануванні гідроелектростанції необхідно визначити та проаналізувати кілька заходів для визначення можливості використання альтернативних джерел енергії. Головна конструктивна частина нижніх поверхів (стилобатна частина) визначається проектом електростанції. У більшості випадків це малі гідроелектростанції, які працюють на енергії припливів. Для цього типу не підходять водойми зі стоячою водою або слабкою течією. Подібних прикладів будівель небагато, оскільки нижня частина ділянки часто не має прямого виходу на водну гладь. Одним із успішних проєктів є «Gold Coast Tower» (Австралія). вимога при виборі – оптимальне розташування і зручність використання.

Будівлі, які використовують енергію землі. Прикладом такого виду використання енергії є 17-поверховий енергозберігаючий житловий будинок. Для підготовки гарячої води в будівлі встановлено теплонасосну систему, яка використовує тепло землі та повітря, що виходить із вентиляції. Застосоване рішення разом з іншими технологіями дозволило знизити енергоспоживання міських електричних мереж. Це багатоповерховий будинок, але не багатоквартирний. Серед останніх можна виділити «Імперську вежу» і «Індійську Вежу», два об'єкти, що спроектовані в Індії. Цей вид ПДЕ впливає на проектування першого та підземного поверхів об'єкта [36].

Існує багато способів отримання кінетичної, теплової та іншої енергії (природні або створені людиною) які можна зібрати та перетворити на електричну енергію [115] (рис.2.12): мікророслинні джерела енергії, п'єзоелектрика, трибоелектрика, кінетична енергія, колектори енергії водню, колектори механічної енергії.

Використання та виробництво біопалива сьогодні є одним із найперспективніших напрямів альтернативної енергетики. Незважаючи на те, що біопаливні заводи є здебільшого окремо стоячими спорудами, вони впливають на дизайн архітектурного середовища та беруть активну участь у майбутніх будівельних та міських концепціях.

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРИСТРОЇ РІЗНОГО ТИПУ

ВИДИ ТЕХНОЛОГІЙ

- Мікророслинні джерела енергії
- Пьезоелектрика
- Трибоелектрика
- Кінетична енергія
- Колектори енергії водню
- Колектори механічної енергії



ПРИКЛАДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ТЕХНОЛОГІЙ

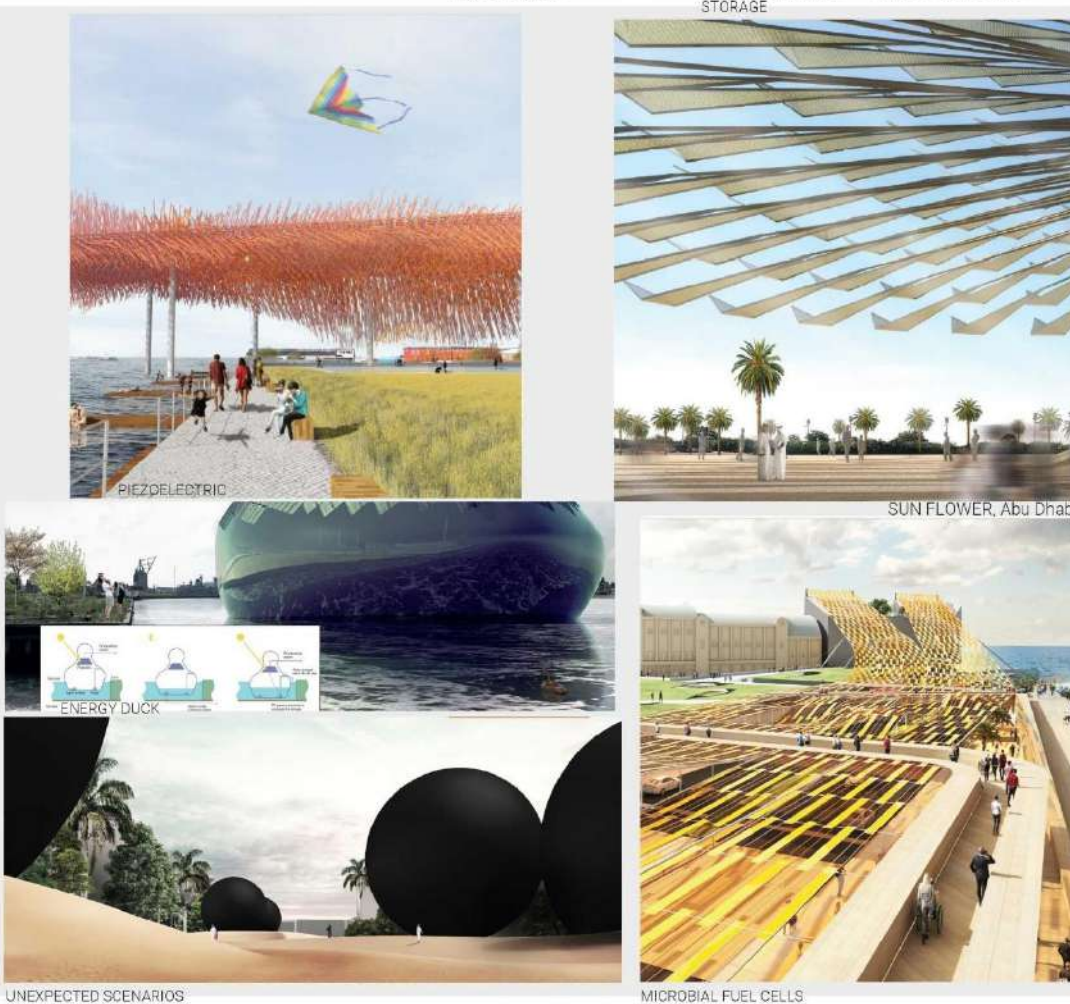


Рис. 2.12. Класифікація пристроїв для перетворення різних видів енергії

Різні типи теплових насосів, виконаних у вигляді трубної або каналної системи з рідинним або повітряним охолодженням, встановлюються на першому поверсі і мають спеціальне технічне оснащення суміжних приміщень будівлі без істотного впливу на архітектурне рішення. Однак земляний масив у вигляді штучного насипу або природного насипу може бути використаний як геотермальний колектор, який виконує роль захисної споруди. Це рішення має значний вплив на архітектурний вигляд, особливо в наземному та водному будівництві, де ґрунтовий масив часто є основною частиною зовнішньої матеріальної структури.

Мікробні паливні елементи виробляють електроенергію, використовуючи природні біоелектричні системи, які перетворюють хімічну енергію в електричну енергію в анаеробних мікробних екосистемах.

Існує два типи MFC: Медіаторний мікробний паливний елемент та Мікробний паливний елемент без медіаторів (Plant-MFC). Plant-e (відокремлена компанія Вагенінгенського університету) дизайнер Ermie van Oers розробив Living Light, це система без посередників, яку можна встановити в ландшафтах або внутрішні простори. Прикладом впровадження таких технологій можна назвати будинок BIQ. BIQ, розташований у Гамбурзі, є першою у світі будівлею, яка працює на водоростях. BIQ — кубічний п'ятиповерховий пасивний будинок з двома різними моделями фасаду. Сторони будівлі, звернені до сонця, мають ще одну зовнішню обшивку з мікрководоростями. BIQ збирає всю енергію, необхідну для виробництва електроенергії та тепла з відновлюваних джерел.

Трибоелектричний ефект описує виробництво електрики заряд, коли матеріал одного виду поміщений у тертя контакт з матеріалом іншого роду. Трибоелектричні наногенератори (TENG) виробляють електроенергію за допомогою використовуючи електростатичні властивості різних матеріалів. Кінетична енергія рухає два різні матеріали разом і нарізно, і цей рух посиляє потік електронів які можна поширювати для використання або зберігати в акумуляторі.

Термоелектричні генератори (ТЕГ) можуть використовувати теплову енергію від сонця і перетворювати його безпосередньо в електрику шляхом використання ефект Зеебека. Їх також можна використовувати для збирання теплової енергії з інших джерел, наприклад промислових процеси, які інакше були б витрачені даремно. Вони можуть навіть використовувати енергію від будівель вночі.

Будівлі поліенергетичних типів використання енергоефективних технологій

Тип 1. Енергія сонця та вітру. Це один з поширених типів громадських будівель. Використання «комбінації» вітряних і сонячних електростанцій дозволяє виробляти великі обсяги енергії в кожному кліматичному поясі. Об'ємно-просторова організація в кожному конкретному випадку індивідуальна і обмежується лише вибором архітектора і технічними можливостями системи перетворення різного типу енергії. Вдалими прикладами подібних рішень є Бурдж-Халіфа (ОАЕ), хмарочос Мераас (ОАЕ). Перший житловий будинок виробляє електроенергію з турбіною висотою 61 метр на вершині, а також сонячні панелі (також на стінах будівлі) що займають площу 15 000 м².

Інший об'єкт майже повністю покритий склом, шаром, який дозволяє перетворювати енергію сонця в електричну. Також розташовані вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання на різній висоті з трьох сторін. Вітроенергетика заснована на ефекті Вентурі.

Тип 2. Енергія сонця і землі. Як правило, це мегабудівлі як з архітектурної, так і з конструктивно-комунікаційної точки зору. Оскільки енерговитрати такої системи будуть величезними, проект передбачає можливість використання всіх відновлюваних джерел енергії, вертикальне озеленення, збір дощової води та кілька інших рішень. Можливі експериментальні розробки, такі як поверхневі панелі, наповнені розчином водоростей, які діють як захист від сонця та можуть одночасно перетворювати світло в електричну енергію. Також перспективним напрямком є можливість використання модульної архітектури, за допомогою якої як житлові осередки (або функціонально інші), так і енергетична система

об'єкта може бути доповнена необхідною кількістю енергетичних модулів для перетворення ВДЕ. Форма цих клітин може бути різною. У проектах найчастіше зустрічаються три типи: сферична, трикутна і шестикутна. Прикладом може бути «Logistics City», Китай. Подібні проекти є в Об'єднаних Арабських Еміратах та Сполучених Штатах Америки (рис.2.14).

Будівництво будинків із цими джерелами можливе поблизу водойм, що, окрім енергетичної складової, також позитивно впливає на конструктивні властивості будівлі та, завдяки прилеглий воді, дає можливість психологічного розвантаження для відвідувачів. Перетворення сонячної енергії може бути забезпечено (частково) облицюванням фасадів будівель, при цьому похилі частини витісняють фальш-елементи.

Тип 3. Енергія сонця, вітру та води. Даний тип є складним об'єктом, електрична система якого включає три ПДЕ одночасно. Основною архітектурною особливістю зазвичай є плавна біонічна форма, можливо, з динамічними деталями. Для кількох об'єктів можна простежити спіральну, закручену форму. Тому що такий спосіб дозволяє перенаправити вітрові потоки і при цьому надати частині фасаду необхідний вигин і нахил для захоплення сонячного світла. Прикладом такого рішення є «Вертикальне місто» в Об'єднаних Арабських Еміратах. Форма будівлі може збільшити виробництво PDE [79].

Тип 4. Енергія сонця, вітру, води та землі. Цей тип характеризується великими розмірами будівлі, як правило, з розвиненою стилізованою частиною. Можливе застосування масштабних рішень, наприклад, шляхом розміщення геліополіса або групи вітрогенераторів на даху стилізованої частини та використання прозорої фотоелектричної мембрани у вікнах об'єкта, фасаду, який перетворює та відкриває сонячну енергію, як бутон квітки, в залежності від інтенсивності освітлення («Екологічна вежа», Китай).

Тип 5. Енергія сонця, вітру, води, землі та біомаси. Даний вид є найбільшою конструкцією. Це вертикальне місто – місце, яке може вмістити кілька тисяч людей і має площу 5000 м² і більше. Наразі таких будівель не

побудовано, але є кілька десятків проєктів. City", Китай. Аналогічні проєкти є в Об'єднаних Арабських Еміратах і Сполучених Штатах Америки.

Загальну класифікацію громадських будівель та енергоефективних технологій наведено на рисунку 2.13.



Рис. 2.13. Класифікація громадських будівель та енергоефективних технологій

Понад 50% побудованих і запланованих громадських будівель використовують кілька ПДЕ. Ця функція дозволяє урізноманітнити архітектурне рішення та підвищити ефективність енергосистеми об'єкта. Зараз спостерігається тенденція до будівництва все більш високих будівель. Крім вертикальної забудови, ці ділянки мають значні розміри в плані. Ці умови разом зі збільшенням споживання енергії свідчать про продовження використання кількох пристроїв ПДЕ та появу нових типів будівель.

Об'ємно-просторове рішення будівель часто є візуальним «маніфестом» використовуваних технологій. Використання ПДЕ позитивно впливає як на психіку людей, так і на ситуацію в навколишньому середовищі. Загалом ця тенденція позитивно впливає на імідж громадських будівель. Зараз у всьому світі співвідношення багато- та моно-енергетичних будинків приблизно однакове. Кожна група має своїх «лідерів». Моноенергетичні будівлі (рис. 2.14) – це об'єкти, які використовують енергію сонця та вітру, для поліенергетики типу 1, типу 2, типу 3. Визначено ступінь використання ПДЕ в громадських будівлях. (табл. 2.5).

Таблиця 2.5. Співвідношення застосування ПДЕ в моно- і поліенергетичних будівлях

Найменування джерела, типу будівлі	Займана частка від загальної кількості, %
МОНОЕНЕРГЕТИЧНІ БУДІВЛІ	
Енергія сонця	49,0
Енергія вітру	47,0
Енергія води	2,53
Енергія землі	3,45
Енергія біомаси	1,35

Продовження таблиці 2.5. Співвідношення застосування ПДЕ в моно- і поліенергетичних будівлях

ПОЛІЕНЕРГЕТИЧНІ БУДІВЛІ	
Тип 1 (сонце + вітер)	75,5
Тип 2 (сонце + земля)	14,0
Тип 3 (сонце + вітер + вода)	5,0
Тип 4 (сонце + вітер + вода + земля)	2,5
Тип 5 (сонце + вітер + вода + земля + біомаса)	2,0

Показано залежність вибору відновлюваних джерел поновлювальної енергії від роботи енергетичного об'єкта. Технічні пристрої для використання енергії сонця, води та землі можна встановлювати в приміщеннях з будь-якими функціями. Не рекомендується використання енергії вітру в будівлях (з монофункціональністю) і поверхах (з багатофункціональністю) з такими функціями: житлові, рекреаційні, готельні. Обладнання для переробки біомаси та біогазу рекомендовано для використання на високогірних фермах і лабораторіях, а також для комерційних і виставкових цілей. Багатоквартирні будинки з офісними функціями, як правило, розташовані в центральній або середній зоні міста.

Приклади будівель поліенергетичних типів використання енергоефективних технологій наведені на рис.2.14.

ТИП 1 Використання сонячної та вітрової енергії



Marina + Beach Towers by Oppenheim Architecture + Design

Бурдж Халіфа Дубай, Об'єднані Арабські Емірати

Meraas Tower, Дубай, Об'єднані Арабські Емірати

ТИП 2 Використання сонячної та геотермальної енергії



Qatar Sprouts a Towering Cactus Skyscraper

PNC Tower in Pittsburgh

Carpe Diem бюро Роберта А. М. Стерна, Дефанс.

ТИП 3 Використання вітрової, сонячної та водної енергії



Burj al-Taqa в Дубай, О.А.Е

Dubai City Tower

Solar City Tower, Ріо-де-Жанейро (Бразилія)

ТИП 4 Використання 4 типів альтернативної енергії



Концептуальний проект Тайванська башта

Концептуальний проект Спиральна башта

The Acupuncture Tower the Kaohsiung Port in Taiwan

ТИП 5 Використання всіх типів альтернативної енергії



Shenzhen Logistic City, Китай

Dragonfly Vertical Farm: New York

Harvest Green Project, Mark Holland and Janine de la Salle

Рис. 2.14. Будівлі поліенергетичних типів використання енергоефективних технологій

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. Показано загальну методику даного дослідження. Загальна методика дослідження ґрунтується на застосуванні таких методів дослідження: теоретичні методи (наукометричний метод, аналіз вітчизняного та закордонного досвіду проектування та будівництва досліджуваного об'єкту по літературним джерелам та проектним матеріалам, аналіз вітчизняних та закордонних стандартів та нормативних документів з теми дослідження); емпіричні методи (графо-аналітичний); метод структурного аналізу (при формуванні об'ємно планувальної структури будівлі); метод експериментального проектування (при розробці конкурсної і проектної документації); метод структурно-функціонального моделювання (при розробці концептуальних моделей впливу засобів енергозбереження на громадські будівлі).

2. Вивчення процесів формування досліджуваних енергоефективних громадських будівель дозволило виділити наступні зовнішні фактори, що впливають на формування громадських будівель з використанням ПДЕ: природно-кліматичні, містобудівні, екологічні, соціально-економічні. Внутрішніми факторами в свою чергу є інженерно-технічні, архітектурні, функціонально-планувальні, конструктивні.

3. Узагальнено критерії оцінки рішень архітектури ЕГБ з використанням ПДЕ. Оцінюються наступні параметри: висота будівлі, форма плану поверху, отвори, які посилюють вітер, форма будівлі яка вловлює вітер, зовнішній каркас що продувається, вбудовані сонячні модулі, системи, що вловлюють вітер, системи що слідкують за траєкторією сонця, п'єзоелектричні елементи та наявність ПДЕ.

4. Виведена наступна класифікація енергоефективних громадських будівель, яка містить моноенергетичні і поліенергетичні типи будівель. Класифікація складена на основі аналізу 45 об'єктів і проектів. Серед

моноенергетичних типів будівель поширеним та ефективним є використання енергії від сонця і вітру, серед поліенергетичних типів будівель найефективнішими є всі типи.

5. Визначено, що при проектуванні енергоефективних громадських будівель недоцільно застосовувати типові проекти. У кожному індивідуальному випадку дія факторів неоднорідна і вибраний тип енергії індивідуально впливає на об'ємно-просторове рішення ЕГБ.

РОЗДІЛ 3.

ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

3.1. Принципи проєктування енергоефективних громадських будівель

Принципи просторового розміщення представлені на рисунку 3.1.



Рис. 3.1. Принципи підвищення енергоефективності шляхом об'ємно-планувальних трансформацій

«Стійкі» майданчики - сталий розвиток території, прилеглої до місця будівництва, обумовлюють вплив на навколишнє середовище. Вибір місця майданчика будівництва і відповідної стратегії проєктування має важливе значення.

Для досягнення стійкості необхідний розумний вибір будівельних майданчиків, що мають необхідні характеристики для створення оптимальних потреб, збереженням навколишнього середовища від негативних впливів [116]. Передпроектний аналіз цих даних сприяє збереженню природних умов ділянки шляхом мінімізації впливу проєкту на навколишнє середовище сприяє захисту існуючих природних систем, ґрунтів, підземних вод від збитку, сприяє біорізноманіттю. На першому етапі проєктування слід визначити оптимальні потреби і типи приміщень, будівель і сервісів, пов'язаних з функціональним використанням приміщень [117,118]

Для збереження природних умов ділянки різні типи приміщень з урахуванням їх форм повинні бути орієнтовані з урахуванням напрямків сонця і вітру, щоб використовувати їх природні можливості і уникнути будь-яких негативних впливів, які з ними пов'язані [119]. Таким чином, вибір майданчиків для проєктування повинні бути спрямовані на те, щоб максимізувати потенціал пасивного сонячного нагріву взимку і уникати його влітку, надаючи доступ до сонячної енергії на рівні вулиці, використовуючи пропорції вулиць і зовнішні елементи ландшафтного дизайну, які враховують зміни клімату та висоти сонця і графіка інсоляції. Крім того, при виборі майданчика і проєктування повинні використовувати переваги існуючого навколишнього матеріалу і інфраструктури, щоб отримати його переваги, уникаючи будь-яких негативних впливів.

Проєктування, що враховує вплив сонячної енергії, має розглядатися в якості основного принципу при виборі, плануванні та детальному проєктуванні будівельних майданчиків [103]., при цьому необхідно враховувати, що мешканці потребують природному освітленні, опаленні, охолодженні, вентиляції, сонячному освітленні і другому сонячному випромінюванні [108]. Є

ряд факторів, пов'язаних з залежним від кількості сонячної енергії проектуванням і значно розрізняються в різних країнах світу відповідно до географічним положенням і умовами навколишнього середовища конкретної місцевості, такими як: орієнтація приміщень, особливості організації форми житлового будинку, навколишня місцевість, прилеглі об'єкти та інші

Принцип формування архітектури в залежності від природно-кліматичних факторів. Принцип заснований на використанні кліматичних умов (багато сонячних днів у році, сильні переважаючі вітри, плюсова середньорічна температура) методом врахування зональної карти території України з врахуванням можливостей застосування ПДЕ. Основна відмінність від поточного однойменного принципу полягає в тому, що фокус зосереджений на досягненні найбільших можливостей ПДЕ.

В даний час нормативні параметри впливу природно-кліматичних умов на об'єкт це утеплення приміщень, товщина снігового шару взимку, рівень ґрунтових вод та інші. Ці особливості важливі, але їхня цінність у проектуванні будинків ПДЕ може відрізнятись від звичної. Візьмемо, наприклад, вплив вітру на дахи будівель. Це вважається недоліком з яким потрібно боротися, оскільки вона змушує всю будівлю вібрувати і навіть вібрувати, що особливо помітно на великій висоті.

При використанні ПДЕ це явище можна практично використати, розмістивши вітрогенератори у верхній частині будівлі. Окрім спеціального об'ємного конструктивного рішення та можливості самостійно генерувати частину енергії будівлі, усуваються горизонтальні навантаження та коливання. Це досягається шляхом концентрації та направлення потоків через вітрові отвори, з встановленими вітровими генераторами. Якщо застосувати цей принцип для малих і середніх будівель, то він дуже раціональний при проектуванні громадських будівель, оскільки такі будівлі за визначенням мають великі габарити, що дозволяє використовувати більші електростанції. їх структуру.

Способи реалізації:

- орієнтація об'єкта за траєкторією руху сонця для досягнення максимальної тривалості освітлення;

- Вирівняйте об'єкт відповідно до кута вітру, щоб виявити та скористатися вітровими потоками;

- Якщо швидкість вітрового потоку є недостатньою, через зручність використання вітрових турбін, може бути вирішено збільшити первинну висоту ділянки [119];

- Використання води та геотермальної енергії;

- Використання енергії припливів і відливів;

- Розташування заводу в районах з якомога більшою кількістю сировини для використання біомаси.

Вибір функціональності залежно від вибору поновлювального джерела енергії. Зміст принципу полягає в тому, що функціональне проектне рішення взаємозалежне від джерел енергії об'єкта (рис. 3.2).

У проведеному дослідженні вдалося виділити 8 найбільш затребуваних функцій багатоквартирних будинків і задати для них оптимальний коефіцієнт ПДЕ (відповідний сукупності порівнянь реалізованих і реалізованих об'єктів) (табл. 3.1.). Основою принципу є розрахунок груп природно-кліматичних і архітектурних факторів для створення багатоквартирних будинків, розроблений у розділі 2.

Далі визначали відсоткове співвідношення функцій, що відбуваються як самостійно, так і в поліфункціональних об'єктах. Потім вибиралася одна функція, усі випадки, в яких вона була найбільш важливою, підсумовувалися ПДЕ і визначалося їх відсоткове співвідношення. Справа в тому, що не були враховані комбінації декількох функцій, оскільки в цьому випадку зникає специфіка і виходить, що практично всі ПДЕ можна застосовувати.

ПРИНЦИП ВИБОРУ ПДЕ ДЛЯ РІЗНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ



ПРИНЦИП ВИБОРУ ОБЛІКУ В АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОМУ РІШЕННІ ІНЖЕНЕРНОГО ОБЛАДНАННЯ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ПДЕ

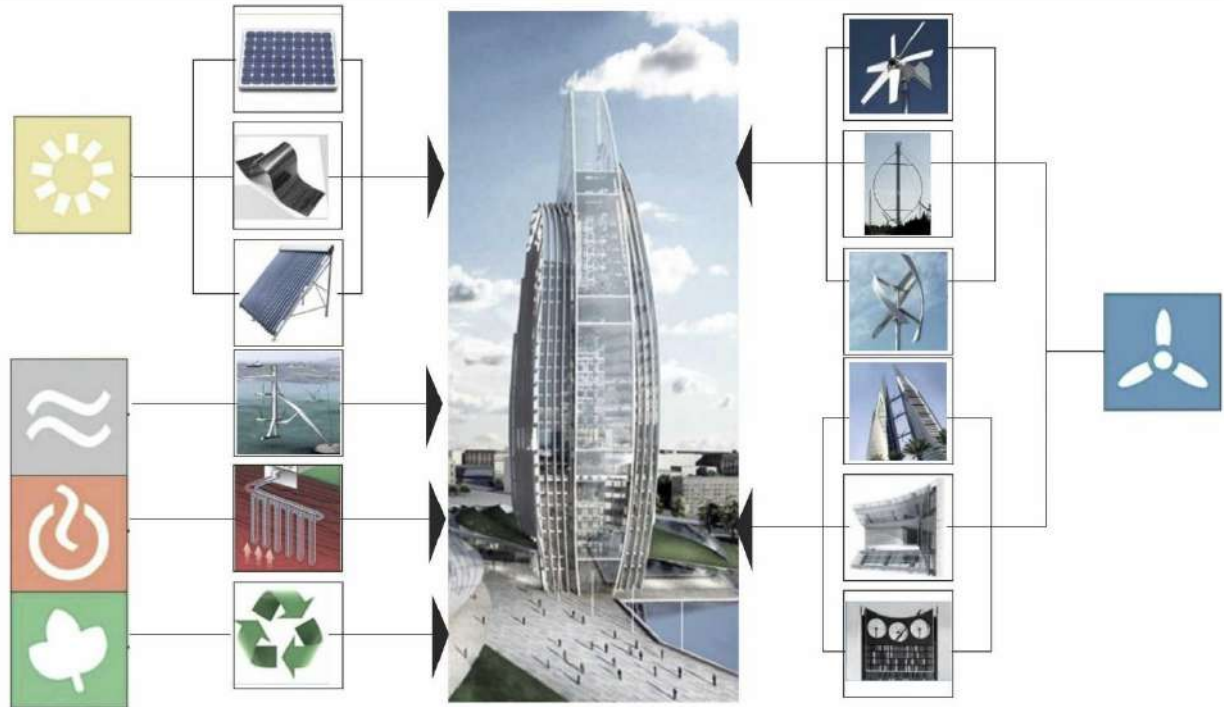


Рис. 3.2. Принципи формування об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель

Таблиця 3.1. Процентне співвідношення ПДЕ в різних функціях

Назва функції	Застосовування	Відсоток в функції
ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ		
Житлова функція	Енергія сонця	59,62%
	Енергія води	15,38%
	Енергія землі	25,00%
Офісна функція	Енергія сонця	45,50%
	Енергія вітру	35,40%
	Енергія води	15,90%
	Енергія землі	13,37%
Торгівельна функція	Енергія сонця	35,50%
	Енергія вітру	29,98%
	Енергія біомаси	10,10%
	Енергія води	16,30%
	Енергія землі	12,63%
Готельна функція	Енергія сонця	68,55%
	Енергія землі	21,65%
	Енергія води	12,04%
ДРУГОРЯДНІ ФУНКЦІЇ		
Громадське харчування	Енергія сонця	35,54%
	Енергія вітру	26,23%
	Енергія води	17,58%
	Енергія землі	31,11%
Сільськогосподарські ферми і лабораторії	Енергія сонця	25,50%
	Енергія вітру	23,00%
	Енергія біомаси	14,67%
	Енергія води	17,50%
	Енергія землі	15,65%

Продовження таблиці 3.1. Процентне співвідношення ПДЕ в різних функціях

Рекреаційна	Енергія сонця	75,65%
	Енергія води	11,10%
	Енергія землі	15,24%
Виставкова	Енергія сонця	26,75%
	Енергія вітру	21,78%
	Енергія біомаси	13,30%
	Енергія води	20,50%
	Енергія землі	14,15%

Примітно, що джерела, використані в окремих проектах, також були відхилені через їх малу частку. Крім того, були виключені ПДЕ, негативні сторони яких спостерігалися під час їх експлуатації. Таким чином було визначено коефіцієнт ПДЕ кожної з обраних функцій. При розробці ЕГБ неминуче будуть джерела, що «перекриваються» і мають сенс для кожної функції, але також можуть бути розбіжності. Показано зв'язок вибору ПДЕ з функціональним рішенням об'єкта, що полягає у розподілі функцій за тривалістю перебування та фазами діяльності людини.

Для діяльності, в якій людина проводить тривалий час, у висотних офісних будівлях і закладах громадського харчування (середня тривалість, активна фаза) слід обмежуватися використанням енергії сонця, вітру, води та землі. Такі будинки найчастіше планують у центральних районах, на площах. Використання технологій на основі біомаси не рекомендується, оскільки воно потребує регулярної подачі палива і, отже, збільшує навантаження на транспорт, що створює незручності для тих, хто працює в будівлі. Усі п'ять джерел можуть бути використані в трьох інших видах діяльності: торгівлі, виставках і сільському господарстві. Ці види діяльності характеризуються короткочасним перебуванням людей в них і періодом активної діяльності (розумової та фізичної діяльності).

Прийоми реалізації:

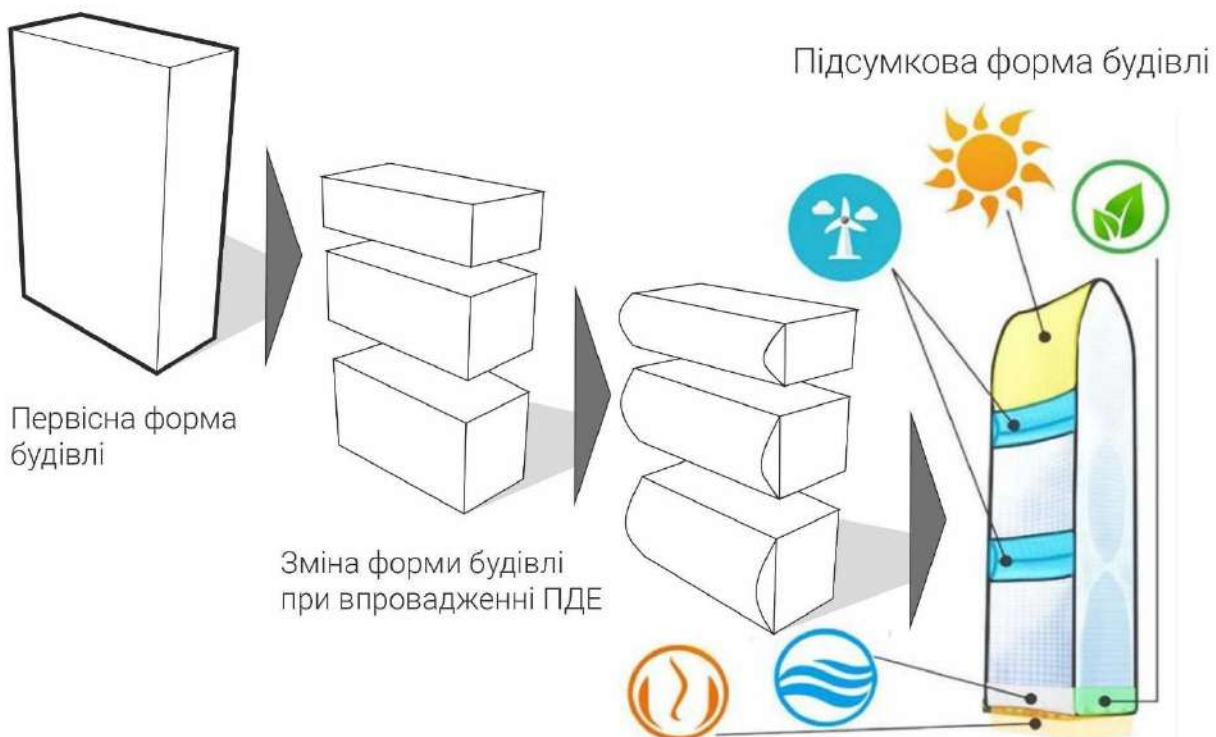
- облік природно-кліматичних факторів (принцип 1). Це дозволить встановити наявність і визначити потенціал наявних ПДЕ;
- зонування приміщень за показниками тепловиділення;
- розміщення лестнично-ліфтового вузла в центрі будівлі;
- вільне планування типових поверхів для можливості розміщення будь-якого орендаря;

Принцип включення ПДЕ в об'ємно-планувальну структуру будівлі. Він передбачає архітектурне рішення ЕГБ шляхом застосування функцій, визначених у розділі 2, при розміщенні проектних пристроїв на ПДЕ (рис. 3.3). В основі принципу лежить розрахунок груп архітектурних і техніко-технічних факторів створення багатоквартирних будинків. Тоді формується об'ємне дизайнерське рішення. Зміни в архітектурно-проектному рішенні відповідно до застосування проектних засобів, що працюють на ПДЕ (табл.3.2).

Способи реалізації:

- Врахування природно-кліматичних умов;
- Розрахунок функціонального рішення громадської будівлі що залежить від ПДЕ;
- Розробка об'ємно-планувального рішення шляхом впровадження технічних засобів з найвищою ефективністю.

ПРИНЦИП РОЗМІЩЕННЯ ПДЕ В ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІЙ СТРУКТУРІ КОМПЛЕКСУ



ПРИНЦИП ВИБОРУ ОБЛІКУ В АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОМУ РІШЕННІ ІНЖЕНЕРНОГО ОБЛАДНАННЯ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ПДЕ

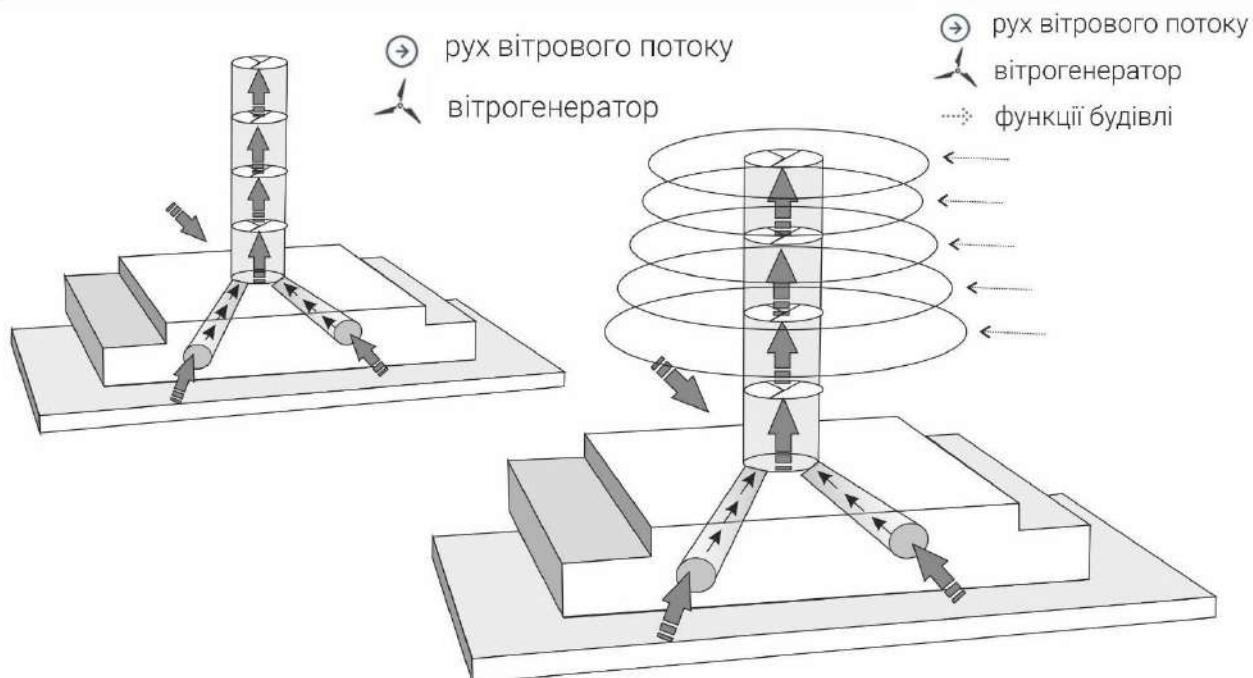


Рис. 3.3. Принципи формування об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель (продовження)

Таблиця 3.2. Архітектурні та інженерно-технічні фактори формування громадських будівель

Джерело поновлюваної енергії	Особливості енергетичного обладнання	Пропоновані рішення ЕГБ
Сонце	сонячний колектор	Збагачення фасадного рішення об'єкта за рахунок масивів, острівців або малюнків, сформованих за допомогою «текстури» геоліопанелей
	фотоелектрична панель	
	плівка з фотоелектричними панелями	Можливість застосування в будь-якій точці будівлі. створення криволінійних «Малюнків» на панорамному склінні.
Вітер	вітроустановки з горизонтальною віссю обертання	Акцентування уваги глядача на частині фасаду (верхня частина стилобату) або поверху будівлі (виступаюча консоль) за допомогою змонтованих вітрогенераторів.
	вітроустановки з вертикальною віссю обертання	
	Універсальні вітроустановки	
Вода	приливна електростанція	місце розташування об'єкта на березі
Земля	облаштування свердловин	-
Біомаса	встановлення для переробки біопалива	-

Принцип розміщення ПДЕ в об'ємно-планувальній організації громадської будівлі. Особливістю є інтеграція просторових елементів в об'ємне проектне рішення ЕГБ, що посилює розвиток кожної будівлі, в залежності від типу відновлюваної енергії (рис. 3.3).

Зміна елементів конструктивного рішення обсягу ЕГБ що залежить від поновлювальних джерел енергії представлена в табл.3.3.

Таблиця 3.3. Вплив на архітектуру будівлі застосування ПДЕ

Джерело поновлюваної енергії	Особливості енергетичного обладнання	Пропоновані архітектурні рішення ЕГБ
Енергія від сонця	Похила форма покрівля, облицьовання фотоелектричними панелями	Влаштування покрівлі або її частини як похилих поверхонь на всю висоту будівлі
	Виступи на фасаді, блицьовані Геліопанелями Розміщення геліопанелей на стилібатній частині і на оточуючій території («Геліополе»)	виступаючі елементи різної форми, що відповідають загальному задуму об'єкта Площа геліополя
	Динамічна геліофасадна система (рух в залежності від руху сонця, відкриття в залежить від інтенсивності сонячного випромінювання)	Оболонковий фасад, який обертається відповідно до сонячної траєкторії. Форма фасадної оболонки підтримує загальне рішення громадської будівлі

Продовження таблиці 3.3. Вплив на архітектуру будівлі застосування ПДЕ

Енергія від вітру	Вітрові генератори в верхній частині будівлі	Дизайн верхньої частини будівлі для розміщення вітрових генераторів
	Об'ємно просторове рішення об'єкта, що включає в себе отвори зі встановленими вітрогенераторами	Отвори для забору повітря. Розміри та розташування визначаються ефектом Вентурі
	Об'ємно просторове рішення об'єкта, яке концентрує, направляє і підсилює вітрові потоки	ЕГБ, об'єм якої представляє собою «відокремлені» елементи, простори, в яких розміщені вітрові генератори
Енергія від води	Влаштування обладнання що працює на енергії води. розміщення будівлі біля води	стилобатна частина орієнтована в сторону водного простору.
Енергія від землі	Влаштування свердловин в підземних приміщеннях	Інформація про поновлювальні джерела енергії медіафасади
Енергія від біомаси	Пристрої установки для переробки біомаси на перших поверхах будівлі	Інформація про поновлювальні джерела енергії медіафасади

Переваги використання:

- множина природно-кліматичних умов;
- верхня частина вітрогенератору є новим джерелом енергії від

функціонального джерела ЕГБ;

- раціональний вибір обладнання;
- зміна форми поверхні фасаду будівлі , що враховує кут падіння сонячного проміння (за рахунок використання нахилених елементів, елементів що виступають, похилої покрівлі);
- використання ефекту Вентурі - утворення об'ємно-просторового рішення будівлі що залежить від потоків вітру.

Принцип формоутворення ЕГБ з використанням ПДЕ, що полягає в зміні об'ємно-просторового та архітектурно художнього рішенням з метою досягнення виразності об'єкта. Він включає створення секційного або пластикового фасаду, використання ламаних форм або похилих елементів фальш-елементів, а також динамічних, модульних будівельних частин, що сприяють ефективному функціонуванню ПДЕ. Можливе утворення цілого з об'єктів, що об'єднаних спільною функцією, а також об'ємно-просторовими рішеннями конструкції. Стилосатна частина може бути елементом, що об'єднує будівлі в єдине ціле. Приклади подібних будівель: «Всесвітній торговий центр» (Бахрейн), «Еко-кібернетичне місто» (Іспанія). «Сад шестикутного хмарочоса» (Австралія).

Прийоми реалізації:

- врахування дії природно-кліматичних умов;
- врахування взаємозалежності джерел енергії від функціонально-планувальних рішень ЕГБ;
- раціональний вибір обладнання;
- врахування впливу ПДЕ на об'ємно-планувальну структуру будівлі;
- при будівництві об'єкта використовується модульна система. Це відкриває варіанти зміни фрагментів, та можливості варіацій геометричних параметрів будівлі;
- створення будівель за схемою «електростанція + функція»,
- вертикальні елементи і основа працюють поєднуючись в
- електростанцію, готовий енергетичний об'єкт оточується

функціональним наповненням.

Прийоми формування архітектури енергоефективних громадських будівель представлені на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Прийоми формування архітектури енергоефективних громадських будівель

Основними прийомами є наступні.

Гнучкість архітектурних систем - збільшення компонентів що легко змінюється в загальній кількості підсистем будівлі.

Трансформативність елементів - трансформація об'єму і горизонтальних поверхонь планувальної структури.

Функціональна диверсифікація - збільшення числа видів можливого використання будівлі або споруди.

Варіативність - збільшення числа варіантів планувальних рішень для кожного із видів функціонального використання будівель і споруд.

Модульність - групуваність і взаємозамінність функціонального планувальних компонентів будівель.

Автономність - забезпечення незалежного підводу комунікацій до кожного функціонального планувального компоненту будівлі.

Дискретність - побудова часткового до загального, функція і обладнання.

Функціональна ємність - максимум функціональних можливостей при мінімальній площі.

Енергоефективність - наявність автоматизованих систем контролю клімату енерго і ресурсоспоживанн.

Інформативність - формування об'ємно-просторової структури з індивідуальним художнім образом.

Вищенаведені принципи та прийоми дозволяють інтегрувати інженерне обладнання, яке працює на відновлюваних джерел енергії в об'ємно-просторове рішення будівлі і навпаки. Це може бути, як окреме впровадження енергоустановок, так і масштабний симбіоз традиційної енергосистеми і ПДЕ.

3.2. Прийоми формування енергоефективних громадських будівель та теоретичні моделі об'ємно-просторового рішення за критеріями екологічності

Постановка задачі проєктування та алгоритм її вирішення

Постановка задачі по формуванню енергоефективних громадських будівель полягає у визначенні бажаного кінцевого результату:

- вирішення оптимізаційної задачі по одному енергоефективному будинку шляхом проєктування будинку з оптимальними параметрами з врахуванням обмежень або вирішення оптимізаційної задачі по кварталу з підвищенням середнього показника енергоефективності по кварталу;

- розрахунок максимального показника енергоефективності або заданого значення в рамках визначених обмежень.

Алгоритм вирішення задачі проєктування енергоефективних громадських будівель включає в себе вибір метода проєктування, на основі визначення ієрархічного рівня формування будівлі в просторі та в архітектурному середовищі, проведення передпроектного дослідження, розрахунків, оцінки енергоефективності, вибору необхідних прийомів проєктування, розробки проєктної пропозиції, з дотриманням основних містобудівних та архітектурно-планувальних вимог до проєктування [102,103,108,117,121,122] та проведення перевірки результатів.

Необхідно визначити етап методики формування енергоефективних громадських будівель (рис.3.5). Перший етап - оцінка ситуації - необхідний для будь-кого подальшого варіанта. Загальними рекомендаціями для всіх інших варіантів методики є необхідність застосувати містобудівні, архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні заходи підвищення енергоефективності при містобудівних обмеженнях, обмеженнях історичного середовища, обмеженнях відповідно до ДБН та ДСТУ України та обмеженнях по заданій або мінімальній кількості спожитої енергії.

Методика містить наступні методи проєктування енергоефективних громадських будівель.

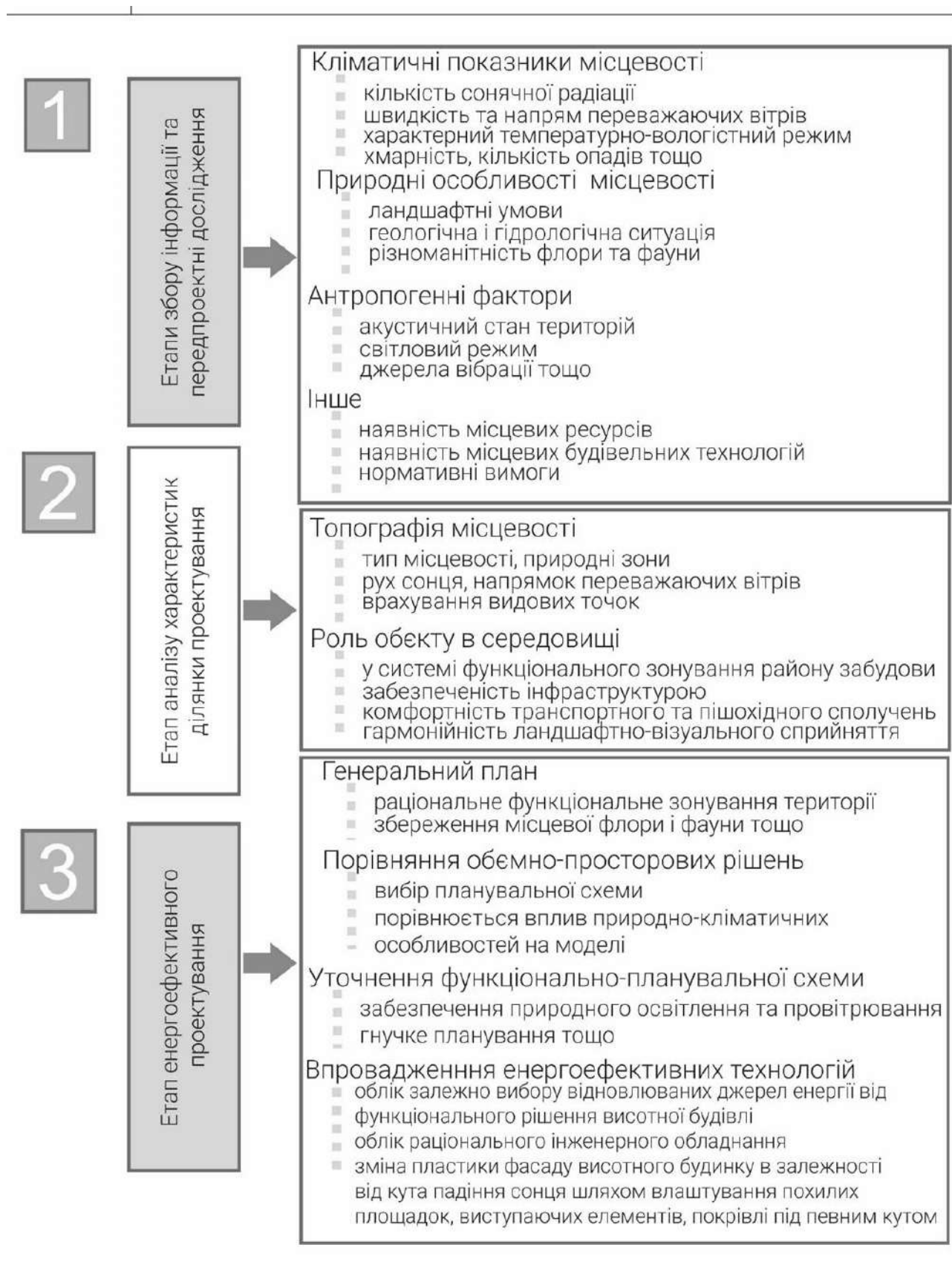


Рис. 3.5. Рекомендації по вибору об'ємно-просторових рішень енергоефективних громадських будівель (продовження)

Метод екологічності, в основі якого лежить середовищний підхід зі збереженням функціональних зон, збільшенням використання відкритих просторів, боротьбою з ефектом «перегрітого острова», використанням природних ресурсів.

Метод вдосконалення планувальних рішень, що включає прийоми гнучкості (забезпечує швидке реагування на зростаючі потреби людей, реагування на зміни умов і вимог експлуатації об'єктів, здатність до динамічної адаптації, уникнення морального зносу), варіабельності структур (подолання одноманітності і монотонності квартальної забудови, можливість використання рельєфу, отримання найбільшого числа варіантів при мінімальній кількості елементів), універсальності планування (поєднання основної функції з допоміжними або швидке пристосування до іншої функції), адаптивності (включає концепцію модульного будинку «зростаючий дім» із можливістю добудовувати нові частини будинку, концепцію «вільних планувальних і направляючих», концепцію «відкритого будівництва», концепцію «лофт»), компактності планування для зменшення питомої площі огорожуючих стін.

Метод виразності архітектурно-художнього рішення, що спрямований на забезпечення художньої виразності, стилістичної відповідності та композиційної підпорядкованості засобами гармонізації форми, співмасштабності, тектонічності, параметризма, продовження національних традицій, синтезу мистецтв, наслідування композиційних та стилістичних прийомів.

Метод концептуальності розробки, який полягає у застосуванні алгоритмів проектування від ескізу до реалізації з пріоритетом ідеї енергоефективності, закладеної на рівні архітектурно-планувальних рішень. Дані методи не протирічають один одному, тому можуть бути поєднані і застосовані в роботі. Вибір пріоритетного метода базується на передпроектних дослідженнях в кожному окремому випадку.

Екологічна система, на даний час, не має чіткої моделі математичного

обґрунтування, тому у роботі запропоновано методика, яка буде сприяти вибору оптимальних архітектурно-планувальних рішень будівель з максимально комфортними показниками внутрішнього та зовнішнього середовища. Для встановлення раціонального проєктного рішення багатопверхового об'єкту пропонується методика, в основу якої покладений порівняльний аналіз за рядом показників у певній послідовності.

На першому етапі необхідно провести передпроєктні дослідження. На відміну від традиційного аналізу, де архітектор враховує лише окремі чинники (орієнтація, інсоляція, конфігурація рельєфу, наявність транспортних шляхів) при комплексному архітектурно-екологічному аналізі задається цілісна система екологічних вимог з основними типами показників.

Перший етап включає збір інформації, стосовно:

- природно-кліматичних показників місцевості (кількість сонячної радіації, швидкість та напрямки переважаючих вітрів,
- характерний температурно- вологовий режим, хмарність, середня кількість опадів та інше);
- природних особливостей (ландшафтних умов, геологічної і гідрологічної ситуації, кількості і різноманітності місцевої флори та фауни, наявності прилеглих зелених масивів);
- місцевих ресурсів, будівельних технологій, художніх традицій;
- антропогенних факторів (акустичний стан, світовий режим (особливо в нічні години), наявності пиле- та газозабруднення, джерел вібрації, електромагнітних полів) та інше.

Крім того, необхідно відокремити нормативні диференційовані вимоги до санітарно-гігієнічних параметрів у залежності від типу будівлі [сюди вставити посилання на ДБН].

Другий етап включає аналіз характеристик ділянки проєктування. Перш за все, необхідно визначити ієрархію місцевості, виділити ключові природні зони та ділянки, необхідні для повноцінного функціонування та ефективного розвитку екосистеми. Для цього використовується метод “картографічного

сита”. Він полягає у послідовному аналізі топографії місцевості (кутів схилів чи інших особливостей ділянки). Потім вивчаються напрямки руху сонця та переважаючих вітрів, що характерні для даного району будівництва. Особливу увагу необхідно приділити існуючій місцевій флорі та фауні. Після цього аналізуються можливості ділянки, визначаються місця потенційного будівництва з врахуванням найкращих видових точок. Всі ці карти накладаються одна на одну утворюючи екологічну мапу території. На її основі визначають найбільш доцільні території для майбутнього будівництва будівель.

Крім того на цьому етапі доцільно проаналізувати роль об’єкту у оточуючому середовищі, а саме ситуаційне розміщення будівлі у структурі міста. Важливе значення має:

- розміщення об’єкту у системі функціонального зонування району забудови;
- забезпеченість інфраструктурою;
- комфортність транспортно-пішохідних сполучень;
- гармонійність ландшафтно-візуального сприйняття.

Бажаним є наявність у зоні будівництва зелених масивів для компенсації значної відірваності мешканців від прямих контактів з природою та нейтралізації ряду негативних ефектів, що супроводжують будівництво. Слід зазначити, що на кожній стадії необхідно намагатись визначити основні архітектурні вимоги, як до всієї будівлі у цілому, так і до окремих приміщень. Цей етап архітектурно- екологічного аналізу завершується розробкою ескіз ідеї.

Третій етап екологічного проектування – складання проектного рішення. Архітектурний проєкт включає ситуаційний та генеральний план, об’ємно-просторове та функціонально-планувальне рішення. На основі рекомендацій, що були отримані на передпроектній стадії при складанні проектного рішення, визначаються основні раціональні прийоми на різних рівнях.

На рівні генерального плану виконується функціональне зонування території. Архітектурне рішення будинку повинне вписатись у місце на ділянці, визначене екологічною мапою та бути раціональним з точки зору орієнтації,

аерації, сонячної радіації, взаємодії з природним оточенням. Окремі функціональні зони, а саме майданчики для відпочинку, бажано розміщувати поблизу зелених насаджень, що залишились недоторканими під час будівництва, слід мінімізувати площу транспортних та пішохідних шляхів, не знизивши комфортності та безпеки пересування. Особливу увагу необхідно приділити збереженню існуючої флори та фауни.

Наступним кроком буде порівняння впливу природно-кліматичних факторів на різні об'ємно-просторові рішення однакових розмірів. Необхідно перевірити вплив вітрових потоків на будівлю та прилеглу територію. У результаті аналізу обирається архітектурне рішення, при якому відбувається найменший тиск повітря на фасади та створюються найкращі вітрові умови на ділянці проектування. У подальшому аналізується загальна кількість сонячної радіації (пряма, розсіяна і відбита), що отримує будівля у цілому, та кожний фасад окремо. Бажано розрахувати площу затінення та річний показник. На основі встановлених даних та загальних кліматичних особливостей (південні чи північні) визначаються об'ємно- просторова форма та її орієнтація.

У подальшій роботі у залежності від функціональних, природно-кліматичних, технічних чинників обирають принципову планувальну схему багатоповерхової будівлі (центрична, асиметрична, розосереджена). На основі обраної схеми виконується внутрішня планувальна структура, що має забезпечувати природним світлом і повітрям всі робочі приміщення, можливу трансформацію внутрішнього простору, доцільне розміщення джерел тепла, зручну орієнтацією у просторі, мінімальний час доступу до різних функціональних зон тощо. Для покращення екологічних та санітарно-гігієнічних показників бажано визначити раціональний тип відкритого чи закритого екологічного простору, його розміщення, орієнтацію, площу у залежності від кількості працюючих, тип горизонтальних і вертикальних огорожень. Особливе значення мають зелені компоненти у структурі адміністративного будинку. При їх виборі необхідно керуватись біологічними особливостями, висотою, на яку вони будуть висаджені тощо. Важливе значення має

визначення форми верхніх поверхів. Встановивши внутрішнє планування необхідно підібрати раціональні типи та розмір застосування фасадів, їх розміщення, форму і розміри. У південних регіонах передбачити пасивні прийоми затінення, а саме різні сонцезахисні пристрої. У північних влаштування додаткових заходів по утепленню.

У залежності від природно-кліматичних умов та планувальних особливостей впроваджуються енергоефективні технології [123-127](рис.3.6).

Важливим є вибір будівельних матеріалів по методу “екологічної переваги”, а саме:

- використовуються матеріали безпечні для людей та оточуючого середовища; довговічні; економічні; ресурсо та енергозберігаючі на всіх стадіях будівництва та експлуатації; поліфункціональні; придатні для повторного використання; по

- можливості з відновлювальних ресурсів тощо. Важливим у залежності від ряду природно-кліматичних та інших особливостей є встановлення альтернативного джерела енергії. На основі проведеного аналізу визначається архітектурно-художнє рішення, пластика фасадів, кольорова гамма, уточнюється силует, який повинен органічно візуально поєднуватись із існуючим середовищем. Можливе використання місцевих художніх традицій.

Заключним етапом є комплексна оцінка прийнятого проєктного рішення, що полягає у співставленні отриманих результатів з рекомендаціями для складання проєкту. Запроєктоване архітектурно-планувальне рішення та закладені матеріали можна перевіряти за допомогою спеціальних комп’ютерних програм, наприклад “Autodesk Ecotect Analysis”. Автором дослідження в експериментальному плані було проаналізовано проєкт трьох 37-ми поверхових висотних будинки по вул. Предслав’янській, 22 у м. Києві за запропонованою методикою та зазначеною комп’ютерною програмою. Аналіз показав, що: найменшого сонячного впливу зазнають будинки з планом у формі трикутника, а найбільшого видовженні паралелепіпеди; з точки зору вітрових аспектів раціональна форма циліндру, особливо враховуючи поле швидкості повітряних

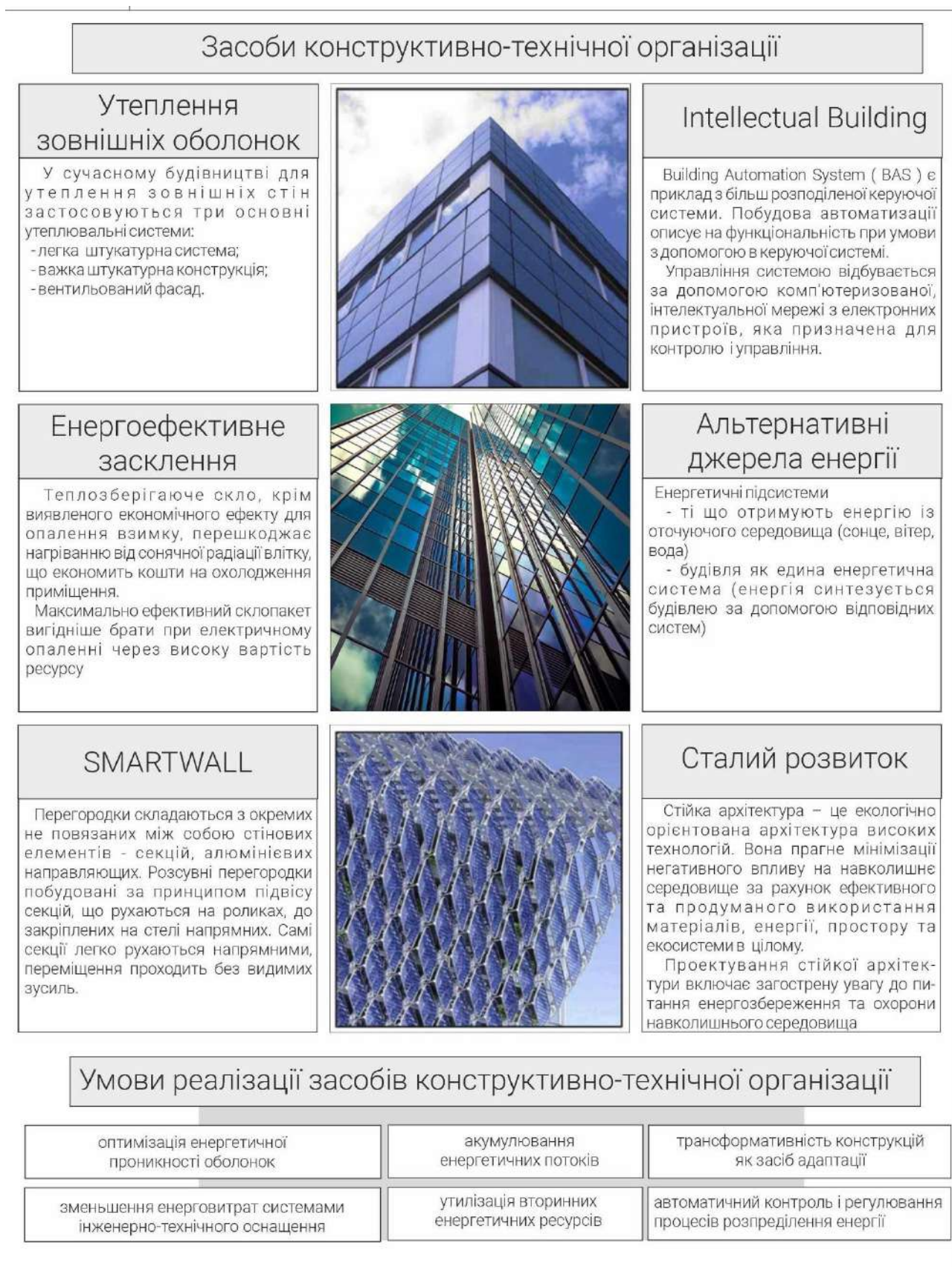


Рис. 3.6. Конструктивно-технічна організація енергоефективних громадських будівель

потоків на різних відмітках з подібними показниками видовженого паралелепіпеда; найменшому затіненню прилеглої території, сприяє циліндрична форма. Відтак, найбільш екологічно ефективними слід вважати просторові об'єми з планом у формі кола та трикутника.

Зазвичай, екологічні будинки потребують збільшення капітальних затрат на стадіях проектування та будівництва, однак ці затрати мають значний соціально-економічний ефект, сприяють зменшенню негативного впливу на оточуюче середовище; економно використовують енергоресурси, покращують санітарно-гігієнічний комфорт внутрішнього середовища, яке безпосередньо впливає на самопочуття й здоров'я людей, а також забезпечують екологічну рівновагу висотної забудови. Як свідчить проведений вище аналіз, висотні будинки це – складні об'ємно-просторові структури, ефективність екологічно обґрунтованих рішень яких, залежить від багатьох факторів.

На основі проведеного дослідження була побудована загальна модель організації енергоефективних громадських будівель (рис.3.7), яка може бути визначена відповідно до термінів системного аналізу. На кожному рівні ієрархії головний об'єкт дослідження та архітектурного проектування визначається як система, яка складається з відносно неподільних елементів, поєднаних системостворюючими зв'язками, та може бути охарактеризована певними функціональними та кількісними параметрами. Для створення моделі організації енергоефективних громадських будівель також необхідним є встановлення критеріїв, що впливають на їх формування.

3.3. Пропозиції щодо розміщення енергоустановок в архітектурних рішеннях громадських будівель і перспективи розвитку даного типу об'єктів

Впроваджуючи в структуру ЕГБ своєрідну електростанцію та додаючи функціональне наповнення, використання технологій використання сонячної та вітрової енергії впливає на просторові та архітектурно-художні рішення. Деталі розглядаються нижче.

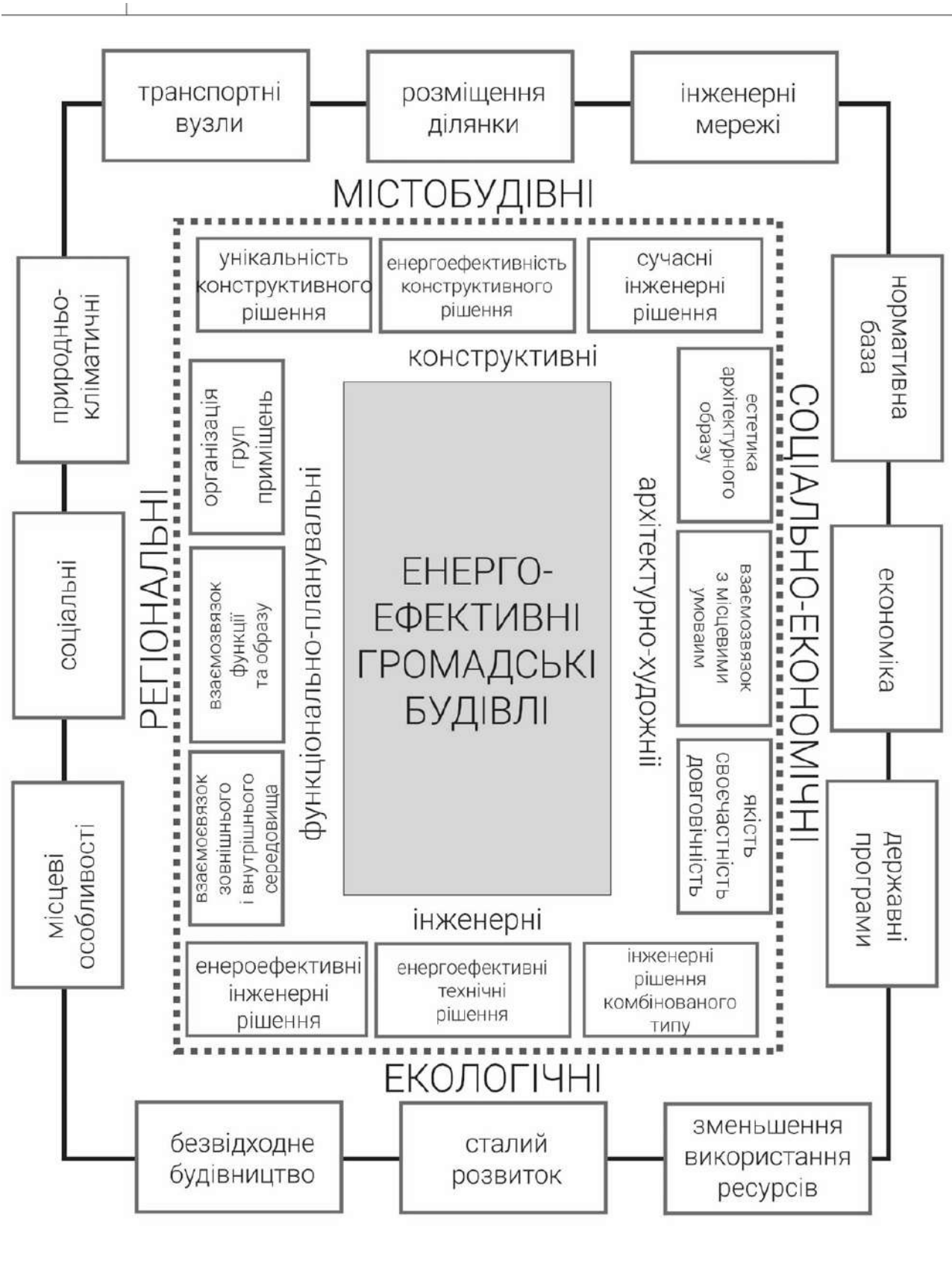


Рис. 3.7. Модель організації енергоефективних громадських будівель

Застосування енергії вітру в ЕГБ. Більшість будівельних рішень, які використовують енергію вітру, схильні до ефекту Вентурі. «Його суть — це прискорення вітру на висоті Який проходить через рівномірне звуження». У громадських будівлях відбувається перерозподіл потоків повітря: 60% йде у верхньому напрямі, приблизно 40% — на нижній напрям, тому середня частина майданчика є несприятливою зоною для розміщення вітрових генераторів.

Виділено два основні види будівель, які використовують енергію вітру: з майданчиками з отворами різної форми, в які встановлюються вітрові генератори, і з окремо розташованими вітровими генераторами. У представлених пропозиціях (рис.3.8) локації розподілені за розташуванням вітрових генераторів: у верхній, середній чи нижній частині будівлі. Можливі варіанти комбінованого розміщення.

Найбільш оптимальним для ефекту Вентурі є розміщення технічного обладнання у верхній і нижній частині будівлі, приклади подібних проектів : «Strata Tower» (Великобританія). “Lighthouse Tower” (ОАЕ), “Burj Khalifa” (ОАЕ), “Altitude Restaurant” в Дубаї (ОАЕ), “Wrapped Wind Tower” (Великобританія). Якщо об’ємно-просторове рішення об’єкта вимагає розміщення вітрогенераторів в центрі, ефективним прийомом є створення форми, що прискорює і спрямовує вітрові потоки. Такий тип об’єктів називають «ветроловними» будівлями, прикладами яких є «Всесвітній торговий центр» (Бахрейн), «Спіральний хмарочос» (Індія) і «Зосереджувальний будинок» (концепція проекту Європейського Союзу).

Рекомендації щодо розміщення вітрових енергоустановок в архітектурних рішеннях громадських будівель [38].

Найбільш оптимальним для застосування ефекту Вентурі є розміщення у верхній і нижній частині будівлі технічного обладнання, прикладами проектів можна назвати: «Strata Tower» (Великобританія). “Lighthouse Tower” (ОАЕ), “Burj Khalifa” (ОАЕ), “Altitude Restaurant” в Дубаї (ОАЕ), “Wrapped Wind Tower” (Великобританія). Якщо об’ємно-просторове рішення об’єкта вимагає

розміщення вітрогенераторів в центрі, ефективним прийомом є створення форми, що прискорює і спрямовує вітрові потоки. Ці типи об'єктів називають «вітровловлюючими» будівлями. Можна навести приклади:



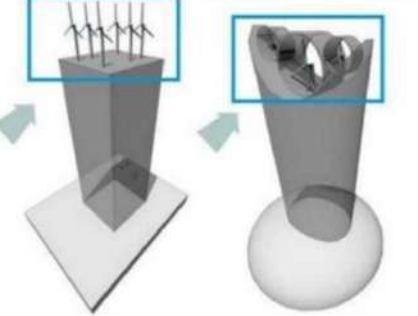


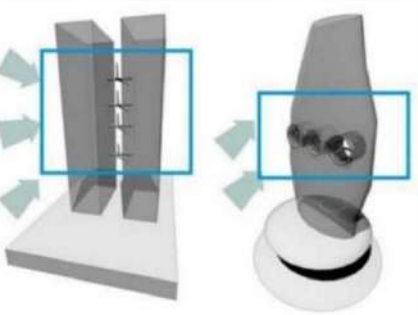


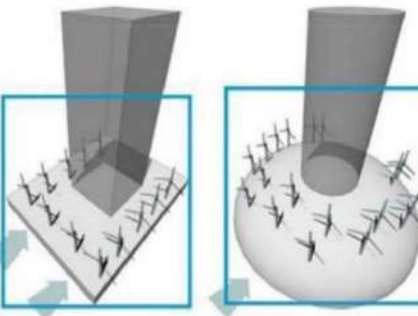


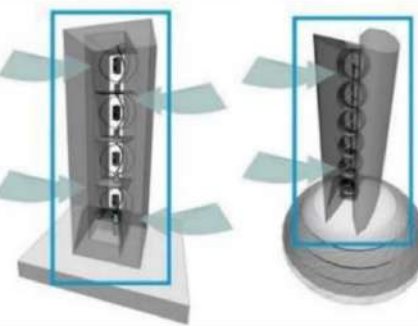
Місцерозташування поновлювального джерела енергії	ПРИКЛАДИ БУДІВЕЛЬ І ПРОЄКТІВ	СХЕМА РОЗМІЩЕННЯ
 <p>Верхня частина будівлі</p>	 <p>CASTLE HOUSE SKYSCRAPER, Лондон, Британія</p>	
 <p>Середня частина будівлі</p>	 <p>Twin skyscrapers Концептуальний проєкт</p>	
 <p>Нижня частина будівлі</p>	 <p>Закручена башта, Індія, Проєкт</p>	
 <p>Комбіноване розміщення</p>	 <p>Pearl River Tower – башня с вітровими турбінами в Гуанчжоу</p>	

Рис. 3.8. Розташування ПДЕ в структурі енергоефективних громадських будівель

«Allround-Center» (Бахрейн), «спіральний хмарочос» (Індія), «будинок-концентратор» (концептуальний продукт для Євросоюзу).

Комбіноване планування включає точку вітрогенераторів і прорізів будівель («Вежа Перл-Рівер», КНР) і динамічну архітектуру. Автором цього напрямку є Девід Фішер, який розробив систему, при якій поверхи будівлі постійно перебувають у русі з невеликою швидкістю, щоб не створювати незручностей мешканцям. Лопаті ротора вітрових турбін розташовані між шарами. Завдяки безперервному обертанню змінюється напрямок вітру і форма течій, що, на думку автора, дозволяє збільшити ККД, що досягається зміною вітру. Інтеграція проектних пристроїв, заснованих на перетворенні енергії вітру, в структуру ЕГБбудівлі є розумним рішенням з кількох причин. По-перше, на кожні 100 метрів висоти швидкість вітру збільшується на 5 м/с. Чим вище будівля, тим вище швидкість вітру та ефективність ККД. По-друге, зараз розробляються універсальні вітрогенератори, здатні вловлювати як вертикальні, так і горизонтальні потоки вітру. Вітрова технологія має негативну сторону – вібрації, які передаються конструкції та викликають дискомфорт у відвідувачів будівлі. Однак цей недолік можна усунути розміщенням вітрогенераторів на технічних поверхах і спеціальними заходами для гасіння вібрацій. Крім того, безплатформні вітрові турбіни та системи.

Використання сонячної енергії в ЕГБ. Є загальне правило, яке дозволяє ефективно використовувати сонячну енергію - врахування кута падіння сонця в залежності від широти місцевості. Залежно від напрямку і кута нахилу сторін горизонту змінюється частка річної радіації. У зв'язку із запропонованими варіантами використання енергії вітру ми також розглянемо чотири основні місця розташування сонячних панелей у громадських будівлях.

Кути падіння сонячного світла залежать від широти місцевості. Можливе використання сонячних панелей у верхній частині об'єкта, які можуть розташовуватися на похилій поверхні даху об'єкта. Скління фасаду будівлі, в тому числі верхньої частини, сонячними батареями або використанням скла з доданою до складу плівкою, що дозволяє перетворювати сонячне світло в

електроенергію (Energy Flower «Kalla», Китай). Інше рішення – похила поверхня, розміщена на плоскому даху об'єкта, приклади: «Azuri Eco Tower» (Ізраїль).

У середніх і нижніх частинах громадських будівель (у тому числі стилобатах) обшивка сонячними батареями використовується рідше – сонячними батареями. Можливе розміщення сонячних модулів окремо. Прикладами цього є «Сонячна гуртожиток» (Великобританія), «Сонячна вежа в Чикаго» (США).

У комбінованому аранжуванні використовується фасад зі скляними шматками, які вловлюють сонячне світло. Ще одне рішення – динамічний подвійний фасад. Прикладом може бути «Комплекс інвестиційної ради», побудований в Абу-Дабі (ОАЕ). Це дві бочкоподібні будівлі, в яких зовнішній фасад обертається відповідно до шляху сонця, а його частини, наприклад квіти, розгортаються відповідно до інтенсивності падаючого світла.

Сучасні сонячні модулі виробляють електроенергію в будь-яку погоду, навіть якщо небо вкрите хмарами, що істотно розширює область їх застосування. У більшості регіонів України гостро стоїть проблема промерзання панелей при мінусовій температурі. Зараз ведуться розробки, які дозволяють розтопити лід шляхом нагрівання поверхні або контуру панелі, що дозволяє повністю виробляти енергію навіть у зимовий період.

Підключення вітрових і сонячних пристроїв до конструкції РЕК впливає на архітектуру будівлі (рис.3.9). Як показує практика планування та будівництва, такі рішення дозволяють відвідувачам візуально побачити використання відновлюваних джерел енергії в дестинації, що позитивно впливає на імідж. Духовно люди усвідомлюють, що такі будівлі завдають меншої шкоди навколишньому середовищу, є більш екологічними та енергоефективними, ніж об'єкти, які повністю залежать від енергосистеми міста.



Рис. 3.9. Пропозиції по застосуванню ПДЕ в архітектурі

На основі виявлених типів та робіт кількох сучасних архітекторів визначено найбільш вірогідні перспективи розвитку громадських будівель з використанням ПДЕ. З 2003 року планування та будівництво хмарочосів вийшли на новий етап у своїй історії – поява «збалансованого будівництва» є альтернативою прагненню людини «підкорити» природу. Це включає вивчення можливостей використання екологічно чистих відновлюваних джерел енергії, оптимальне використання енергії, економію водних ресурсів, використання багаторазових будівельних матеріалів та покращення якості життєвого простору людини [128,129].

«У травні 2013 року почалося будівництво Королівської вежі (Бурдж аль-Валід) у Джидді (Саудівська Аравія) висотою понад 1 км. Наприкінці 2014 року був побудований хмарочос "Shanghai Sky City" висотою 838 м. Очікується його відкриття в Китаї. Громадські будівлі та міське середовище Результати конференцій, організованих Всесвітньою радою за останні п'ять років, передбачають поступову появу «вертикальних міст». Будівлі можуть вмістити все більше людей, їх системи стають все більшими і складнішими, так що такий об'єкт стає маленьким містом зі своєю інфраструктурою. Основна відмінність від звичайного міста – це середовище, яке неможливо змінити. У Метрополісі ми можемо знести застарілі будівлі, замінивши їх новими, частково функціонально іншого змісту, або облаштувати (мікро)територію, збагативши її об'єктами соціально-побутового обслуговування. Будівля ЕГБ має чіткі геометричні розміри, які сьогодні вже неактуальні.

Якщо потрібна зміна функціонального призначення приміщень, то це можливо у вузьких межах, якщо потрібне розширення площі земельної ділянки, єдиним виходом залишається будівництво нових будівель. Виходом із цієї ситуації може стати використання модулів. Така ідея не нова, але вона набуває особливого значення в громадських будівлях. Модульність, здатність розвивати структуру об'єкта шляхом додавання додаткових частин, дозволяє будувати «еволюціонуючі» будівлі в майбутньому. При такому підході будівля будується за певних умов, а коли відбувається зміна, змінюється структура. Варіативною

формою таких будівель може бути гроно винограду, можливо, перевернута. «Виноградник» в даному випадку є окремим модулем. Їх розміри, особливості та функції можуть відрізнятися. Перешкодою для впровадження таких рішень є сучасний стан технологій. Мається на увазі розробка нових матеріалів, які дозволяють легко з'єднувати модулі. Ще одна проблема – збільшення навантаження будівлі на фундамент. У міру зростання будівлі збільшується маса, яку підтримує підземна частина, можливий варіант деформації або руйнування частини чи всієї конструкції. З точки зору архітектури такий модульний підхід має позитивні моменти: можливість створення варіацій композиції об'єкта, реалізація масштабних конструкцій, будинків-фракталів тощо. За останні роки громадські будівлі зробили величезний стрибок у розвитку. Технології, розроблені сьогодні, допоможуть удосконалити існуючі методи будівництва та матеріали, що використовуються в найближчому майбутньому.

Ще один напрямок, який набув розвитку - спеціалізація будівель. Зараз кожне місто має свої соціально-економічні проблеми: неозеленення міст, нестача їжі, відсутність паркувальних місць у сільській місцевості тощо. Можливим вирішенням цієї проблеми є будівництво громадських будівель. Серед запропонованих альтернатив можна виділити наступні функції майданчика: вертикальні сади, сільськогосподарські споруди, автостоянки, складські майданчики та споруди для обробки відходів, будівлі очищення повітря, споруди опріснення води та навіть високі склади.

Енергія поглинається за допомогою ПДЕ. Прикладом реалізації такого підходу є дві вежі (80 і 112 метрів), будівництво яких завершується в Мілані. У ньому розміщуються дерева, кущі та дрібні рослини, що відповідає площі 1 га звичайного лісу. «В основу концепції вертикального лісу покладено ідею покращення екології міських територій: фасади вкривають листям різних форм і розмірів, які поглинають пил з повітря, створюють сприятливий мікроклімат і захищають від сонячне випромінювання.» є своєрідною біологічною архітектурою, в якій суворо технологічний і механізований підхід не

використовується в питаннях екологічної раціональності» [130].

Загальний вигляд і схема технічного обладнання. Близько 20 років тому Паоло Солері сформулював концепцію «аркологія», що є поєднанням архітектури та екологічних принципів, де архітектура відіграє головну роль. Проведене наукове дослідження виявило необхідність застосування терміну «архітектурна енергетика» як окремої дисципліни, яка розглядає ці два поняття як єдине ціле. У майбутньому такий метод дозволить проектувати будівлі, в які ПДЕ органічно інтегрується вже на етапі проектування як частина просторового рішення ділянки. Подальшим розвитком цієї ідеї стала ідея «будівель з нульовим енергетичним балансом» («Net Zero Energy Building»). Це означає, що можна запроєтувати повністю енергетично самодостатню будівлю, та забезпечувати надлишковою енергією міську мережу. Як пише Маріанна Бородач: «Ця мета (створення будівлі з нульовим енергоспоживанням) може бути досягнута лише спільною творчою працею архітектора, інженера, вченого та самої природи на основі оптимізації орієнтації» [131] форми будівлі, використання денного світла, природної вентиляції, застосування тепло-насосів і відновлюваних джерел енергії тощо. Ця ідея особливо важлива для високих громадських будівель. Впровадження обходиться ціною найбільшого недоліку - високого енергоспоживання. На даний момент у світі запущено кілька програм, які сприяють будівництву будівель з нульовим енергетичним балансом. Європейське рішення діє до 2019 року, а США мають довгострокові програми до 2020-2050-х років.

Розробка прийомів підвищення класу енергоефективності будівель за рахунок раціонального розташування геліосистем

Сьогодні в Україні питання підвищення енергоефективності будівель на належний рівень, розвитку енергоефективних будівель та термомодернізації існуючого житлового фонду є дуже актуальним. Клас енергоефективності базується на кількості енергоспоживання будівель, яке можна зменшити за рахунок використання екологічно чистої, відновлюваної енергії сонця, фотоелектричних систем. В даний час існують різні типи фотоелектричних

систем (сонячні колектори, сонячні модулі, сонячні панелі тощо).

Останнім часом все більшого поширення набули сонячні облицювальні панелі, які поєднуються з огорожувальними конструкціями і є частиною зовнішнього декору. Тому що звичайні сонячні батареї не завжди ідеально пасують до екстер'єру будівель, особливо якщо йдеться про суворе дотримання планів архітектора чи не порушування первісного вигляду історичної архітектури.

Щоб вирішити цю проблему, деякі виробники розробили панелі з різними колірними тонами. Звичайні, найпоширеніші панелі темно-синього або фіолетового кольору. Ілон Маск і SolarCity представили сонячну панель, яка нічим не відрізняється від звичайної, але при цьому виробляє електроенергію. Але не тільки дах, а й фасад будівель можна розглядати як корисну площу для розміщення сонячних батарей.

Щоб надати фасаду будівлі форму поверхні, яка виробляє електроенергію, не порушуючи дизайну, в Об'єднаних Арабських Еміратах були створені спеціальні скляні панелі. Зовні панелі Kromatix виглядають як звичайне скло, але придивившись ближче, ви розумієте, що насправді це сонячні батареї. Для цих панелей можна вибрати різні кольори.

Перетворення енергії сонця в електричну залежить від орієнтації в просторі будівлі та типу сонячної панелі, географічної широти тощо.

При реалізації проекту архітектор і планувальник повинні швидко визначити напрям (α, ω) , місце розташування, площу S і кількість перетвореної електричної енергії E_i . Сучасні засоби не дозволяють комплексно визначити кращі показники вказаних параметрів без довготривалих розрахунків.

Розроблено методику швидкого та комплексного визначення параметрів раціональної орієнтації (α, ω) , площі S , рівня перетвореної електричної енергії E_i для сонячної батареї без тривалих розрахунків та можливості підвищення енергоефективності будівель.

З метою вирішення проблеми раціонального (майже оптимального) розміщення фотомодулів на будівельних поверхнях запропоновано графічне

рішення. Розроблено полюсні моделі ($E_i = f(\omega)$ модель $\omega = \text{const}$) для залежності рівня генерованої енергогенеруючими панелями електричної енергії від орієнтації в просторі (азимут α при певному куті нахилу ω). [80]. Розробником використовуються планарні полярні моделі джерел живлення, що відповідають орієнтації по азимуту $E_i = f(\alpha) \omega = \text{const}$ (кути нахилу 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90). Посередині моделі, зображеної на малюнку. На рисунку 3 показана область, відведена для розміщення будівельних креслень (план поверху з розміщеними панелями). Архітектор-дизайнер поєднує креслення конструкції та моделі щогл і визначає оптимальну площу для розміщення сонячних панелей і максимальну кількість електроенергії.

Розроблено метод швидкого загального визначення параметрів раціональної спрямованості (α, ω) , площі S , що визначає рівень перетвореної електричної енергії E_i без тривалих розрахунків. Це сприяє підвищенню енергоефективності, а отже, і класу будівлі.

Проаналізовані дані дозволяють сформулювати основні прийоми, що забезпечують економію енергії в будівлях (рис.3.10, 3.11).

За результатами дослідження можна надати рекомендації по застосуванню поновлювальних джерел енергії в архітектурі. і сформувати їх в єдину схему (рис.3.12).

1. Врахування місцезонашцвання будівлі з врахуванням кліматичних особливостей, рельєфу місцевості і існуючої забудови в районі будівництва



Стадіон Sapporo, Хоккайдо, Японія



Офіс міністерства енергетики Малайзії



Екологічний хмарочос Мері Екс, Лондон, Британія

2. Визначення форми та орієнтації будівлі

Екологічний хмарочос Мері Екс, Лондон, Британія

Commerzbank, Франкфурт, Німеччина, 1997 р

«Коммерцбанк Туфер», м. Франкфурт-на-Майні, 1997 р., 259 м, авт. **Норман Фостер**. План у вигляді трикутника із заокругленими кутами. Уздовж двох сторін трикутника розміщені офісні приміщення, а по третій – з'ясовий слід висотою 4 поверхки. Три стовпери жорсткості, в яких розміщені сходово-ліфтові вузли.

Сіті-хол, Лондон, Великобританія, 1998 р

3. Вибір конструкції та матеріалів зовнішнього облицювання

Commerzbank, Франкфурт, Німеччина, 1997 р

Техносфера, Дубаї, ОАЕ

Проект дитячого садка з використанням енергозберігаючих технологій

Рис. 3.10. Основні прийоми економії енергії в будівлях

4. Вибір засклення будівлі (площа і розташування отворів) та сонцезахисту



Solaris (2011, Сінгапур), TR Hamzah & Yeang

Сіті-хол, Лондон, Великобританія, 1998 р

Solaris (2011, Сінгапур), TR Hamzah & Yeang



Viikki Infocentre Koruna, Finland, 2008

Stadttor, Дюсельдорф, Германия, 1998 р.

Commerzbank Tower, Франкфурт, Німеччина

Business center, Дюсельдорф, Німеччина

5. Використання нетрадиційних джерел енергії

1. Сонячна енергія (сонячні батареї)



Федеральний офісний будинок (Манчестер, США)

Image source: (SOLARIS graphic courtesy of T. R. Hamzah & Yeang Sdn. Bhd.)

2. Енергія вітру (вибір форми і орієнтації для природної вентиляції)

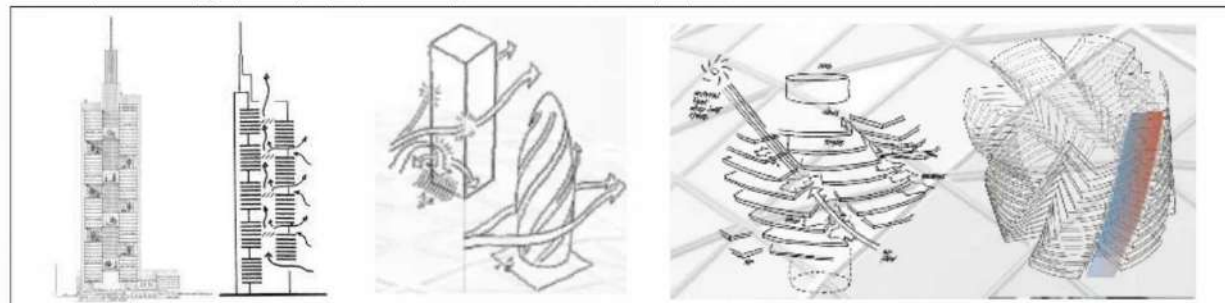


Рис. 3.11. Основні прийоми економії енергії в будівлях (продовження)

РОЗТАШУВАННЯ	АРХІТЕКТУРНІ ПРИЙОМИ	ТИПОЛОГІЯ	ВПРОВАДЖЕННЯ
 Покрівля  Площина фасаду  Об'єм будівлі  Між частинами будівлі  В частині будівлі  Розташований окремо  Мала архітектурна форма	 Активний силует покрівлі  Пластика об'ємів  Орієнтація по сонцю  Пластика фасаду  Плавні форми  Перфорація  Висотність  Розділення об'ємів	 30% житло  4% готелі  26% офіси  9% видовищні споруди  20% торгівля  4% споруди різного призначення  7% арт-об'єкти	  

Рис. 3.12. Рекомендації по застосуванню поновлювальних джерел енергії в архітектурі

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

1. Сформульовано принципи підвищення енергоефективності при проектуванні громадських будівель, а саме принципи просторового розміщення, принцип формування архітектури залежно від природно-кліматичних факторів, принцип підбору функції залежно від типу джерел енергії, принцип вибору інженерного обладнання, що працює на основі поновлювальних джерел енергії, принцип включення джерел енергії в об'ємно-планувальну структуру будівлі, принцип розміщення поновлювальних джерел енергії в об'ємно-планувальній структурі комплексу, принцип формоутворення поліенергетичних громадських будівель з поновлювальних джерел енергії та методи їх реалізації.

2. Розроблена модель організації ЕГБ, яка умовно поділяється на два рівні відповідно до відповідно до містобудівної ієрархії. Перший рівень включає в себе такі підрівні як містобудівний (транспортні вузли, розміщення ділянки, інженерні мережі), регіональний (місцеві особливості, культурні, природно-кліматичні), соціально-економічний (економіка, соціальний, державні програми), екологічний (безвідходне будівництво, сталий розвиток, зменшення використання ресурсів). Другий рівень включає в себе наступні підрівні: функціонально-планувальний (взаємозв'язок с внутрішнім та зовнішнім середовищем, взаємозв'язок з функцій та образом, організація групи приміщень), конструктивний (унікальність конструктивних рішень, енергоефективність конструктивних рішень, сучасні інженерні рішення), архітектурно-художній (естетика архітектурного образу, взаємозв'язок з місцевими умовами, якість, своєчасність, довговічність), інженерні (енергоефективні інженерні рішення, енергоефективні технічні рішення, інженерні рішення комбінованого типу).

3. Надано пропозиції щодо розташування поновлювальних джерел енергії (ПДЕ) в структурі ЕГБ: верхня частина будівлі, середня частина будівлі, нижня частина будівлі, комбіноване розташування.

4. Запропоновано об'ємно-просторові прийоми при використанні альтернативних джерел енергії: активний силует, пластика об'ємів, орієнтація по сонцю, пластика фасаду, плавні форми, перфорація, висотність, розділення об'ємів.

5. Виявлено, що перспективами розвитку ЕГБ є трансформація їх в поліфункціональні енергоефективні комплекси (ПЕК), які спроможні стимулювати перехід до сталості енергетичної системи держави, підвищити енергетичну ефективність і нарощуванню темпів прогресу, спрямованого на досягнення цілей сталого розвитку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено наукове завдання, що мало на меті виявлення принципів і прийомів формування енергоефективних громадських будівель.

1. На основі ретроспективного аналізу розвитку поновлюваних джерел енергії та енергетичних парадигм за кордоном виявлено 3 етапи розвитку енергоефективних громадських будівель: 1 етап – Розділеність (1974-1998 рр.), характеризується непостійним використанням інноваційних технологій; 2 етап – Симбіоз (1998 -2008 рр.) характеризується появою у 1998 році рейтингової системи LEED; 3 етап – Цілісність (2008 р. – наш час), характеризується використанням з 2005 року методу аналізу життєвого циклу (LCA і LCC) на економічному та екологічному рівнях.

2. Аналіз досвіду проектування ЕГБ дозволяє визначити основну тенденцію залежності об'ємно-просторових рішень громадських будівель від використання поновлювальних джерел енергії. Для підвищення швидкості вітру з подальшим застосуванням його енергії застосовуються в об'ємно-планувальних рішеннях вертикальні, горизонтальні отвори, будівництво декількох корпусів для посилення аеродинаміки; використовуються форми будівель з нахиленими фрагментами фасадів, подвійними або динамічними фасадами, що мають певну геометричну форму для застосування фотоелектричних панелей і т. д. Встановлено, що використання в структурі електростанцій, що працюють на поновлювальних джерелах енергії значно впливає на архітектуру будівель.

3. Узагальнено критерії оцінки архітектурних рішень ЕГБ з використанням поновлювальних джерел енергії. Були оцінені такі параметри: висота об'єкта, форма плану, отвори для посилення вітру, форма будівлі яка вловлює вітер, зовнішній каркас що продувається, наявність фотоелектричних модулів, наявність систем, що відслідковують інсоляцію, наявність інших видів поновлювальних джерел енергії.

4. Виведена наступна класифікація енергоефективних громадських будівель, яка містить моноенергетичні і поліенергетичні типи будівель. Класифікація складена на основі аналізу 45 об'єктів і проектів. Серед

моноенергетичних типів будівель поширеним та ефективним є використання енергії від сонця і вітру, серед поліенергетичних типів будівель найефективнішими є всі типи.

5. Сформульовано принципи підвищення енергоефективності при проектуванні громадських будівель, а саме принципи просторового розміщення, принцип формування архітектури залежно від природно-кліматичних факторів, принцип підбору функції в залежності від типу джерел енергії, принцип вибору інженерного обладнання, що працює на основі поновлювальних джерел енергії, принцип включення джерел енергії в об'ємно-планувальну структуру будівлі, принцип розміщення поновлювальних джерел енергії в об'ємно-планувальній структурі комплексу, принцип формування поліенергетичних громадських будівель з поновлювальних джерел енергії та методи їх реалізації.

6. Розроблена модель організації ЕГБ, яка умовно поділяється на два рівні відповідно до відповідно до містобудівної ієрархії. Перший рівень містить такі підрівні як містобудівний (транспортні вузли, розміщення ділянки, інженерні мережі), регіональний (місцеві особливості, культурні, природно-кліматичні), соціально-економічний (економіка, соціальний, державні програми), екологічний (безвідходне будівництво, сталий розвиток, зменшення використання ресурсів). Другий рівень містить наступні підрівні: функціонально-планувальний (взаємозв'язок з внутрішнім та зовнішнім середовищем, взаємозв'язок з функцій та образом, організація групи приміщень), конструктивний (унікальність конструктивних рішень, енергоефективність конструктивних рішень, сучасні інженерні рішення), архітектурно-художній (естетика архітектурного образу, взаємозв'язок з місцевими умовами, якість, своєчасність, довговічність), інженерні (енергоефективні інженерні рішення, енергоефективні технічні рішення, інженерні рішення комбінованого типу).

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міністерство енергетики України: веб-сайт. URL: <https://www.mev.gov.ua> (дата звернення: 25.01.2022)
2. Державна служба статистики України: веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 25.01.2022)
3. Passive Houses: 13 Reasons Why the Future Will Be Dominated by this New Pioneering Trend. URL: <https://ukr.smarthomemaking.com/passive-houses-10-reasons-future-will-dominated-new-pioneering-trend> (дата звернення 12.01.2023)
4. Design Support & PHPP Tools. *Passivhaus Trust*: веб-сайт. URL: https://passivhaustrust.org.uk/design_support.php (дата звернення 10.12.2022)
5. Антонюк Д.И. Архитектура детских дошкольных учреждений с гелиосистемами теплоснабжения (на примере УССР): дис. ... к-та арх.: 18.00.02 / КНУБА. Киев, 1989. 175 с.
6. Бумаженко О. В. Энергоэффективное (экологическое) строительство: информационноаналитический обзор. *Экологические системы*. 2002. № 1. URL: http://esco-ecosys.narod.ru/2002_1/art18.htm (дата звернення: 21.05.2022)
7. Печеник О. М., Бродський М. О. За захист клімату штучного матеріального середовища будівель планувально-містобудівними методами. *Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті*. 2007. №10. С. 82-87.
8. Буравченко С. Г., Чижевский А. Л. Тектоника светопрозрачных фасадов. *Особняк*. 2004. № 4. С.35-41.
9. Казаков Г. В. Архитектура энергоощадних сонячних будинків. Навчальний посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки. 2009.84с.
10. Кащенко Т. О. Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації форми : дис. ... канд. архітектури : 18.00.02 . Львів, 2001.199с.

11. Кащенко Т. О. Енергозбереження і прогностика в архітектурі. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Архітектура*. 2007. № 585. С. 53–57.
12. Козятник І. П. Планувальна організація житлових територій із застосуванням методів регулювання теплового режиму мікроклімату: автореферат дисертації канд. арх.: 18.00.04 / КНУБА. Київ, 2015. 25 с.
13. Мартинов В.Л. Оптиміальне розташування вікон в огорожувальних конструкціях енергоефективних будівель в п'яти кліматичних районів України. *Містобудування та територіальне планування*. 2014. Вип. 52. С. 192- 197.
14. Сардикова А. О. Принципи формування архітектури малоповерхового енергоефективного житла: автореф. дис. канд. арх.: 18.00.02 . Харків, 2014. 20 с.
15. Хавхун Г.Н. Применение систем использования солнечной энергии в архитектуре рекреационных зданий (на примере природно-климатических условий УССР): дис. ... канд. арх.: Київ, 1987. 135 с.
16. Zhovkva O. Energy efficiency and environmental friendliness, as important principles of sustainability for multifunctional complexes. *Revista Ingenieria de Construcción*. 2020. Vol. 35, No. 3. P. 308–321.
17. Шулдан Л. О. Принципи архітектурно-типологічного вдосконалення шкільних будівель з врахуванням енергозаощаджування: дис. канд. арх.:18.00.02 / Львівська політехніка. Львів, 2007. 208 с.
18. Шулдан Л.О., Бродський М.О. Архітектура громадських будівель та проблеми енергозаощаджування. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія Архітектура*. 2010. № 67. С. 335–340.
19. Гершкович В. Ф. Пособие по проектированию систем водяного отопления к СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Киев: Укрархстройинформ, 2001. 36 с.
20. Світлопрозорі огороження будинків / Підгорний О. Л. та ін. Київ: КНУБА, 2005. 282 с.
21. Саницький М. А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посіб. Київ: Ліра, 2013. 244 с

22. Сергійчук О. В., Діб М.З. О перспективе дальнейшего увеличения теплоизоляции наружных ограждающих конструкций в Украине. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2013. Вип. 4. С. 253-258.
23. Фурсов Ю.В. Энергозберігаючі фасадні конструкції: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.23.01. Харків, 2009. 22с.
24. Філоненко О. І. Теплозахисні властивості фундаментної зони цивільних будинків: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка. Полтава, 2009. 20с.
25. Фаренюк Г. Г. Теплова надійність огорожувальних конструкцій та енергоефективність будинків при новому будівництві та реконструкції: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.01 / ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка. Полтава, 2009. 36 с.
26. Береговий, А. М. Будівлі з енергозберігаючими конструкціями: автореф. дис. д. т. н.: 05.23.01 / Пенза, 2005р. 48с.
27. Маркус Т. А., Моррис Э. Н. Здания, климат и энергия / пер с англ. Кобышевой Н.В., Малявиной Е.Г. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 543с
28. Page J. K. *Optimization of building shape to conserve energy*. Journal of Architectural Research. 1974. Vol. 3, №3. P. 20-28.
29. Agenda 21. *United Nations*. веб-сайт. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/170126?ln=ua> (дата звернення 4.05.2022)
30. Стійка архітектура. *Справочник Автор24*: веб-сайт. URL: https://spravochnick.ru/arhitektura_i_stroitelstvo/ustoychivaya_arhitektura/ (дата звернення 12.01.2023)
31. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективное здание – симбиоз мастерства архитектора и инженера. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2002. №4. С.22-23.
32. Єсаулов Г.В. Устойчивая архитектура как проектная парадигма (к вопросу определения). *Стійка архітектура: минуле та майбутнє*: матеріали міжнародного симпозіуму, 17–18 листопаду 2011 р., М., 2012. С. 76–79.

33. Єсаулов Г.В. Устойчивая архитектура — от принципов к стратегии развития. *Вісник ТГАСУ*. 2014. №6. С. 9–23.
34. International Council for Construction Innovation and Research. URL: <https://cibworld.org> (дата звернення 25.01.2022)
35. Стійкість та навколишнє середовище. *Факти про Німеччину*: веб-сайт. URL: <https://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/ru/rubriken/kultur-medien/ustoychivaya-arhitektura> (дата звернення 19.01.2022)
36. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Ключові концепції енергоефективних будівель у світовому досвіді. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2019. №17-18. С. 445-450.
37. Greenglobe design - GGD. URL: http://www.greenglobes.com/newconstruction/Green_Globes_Design_for_New_Construction_v2_Summary.pdf (дата звернення 3.04.2022)
38. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Принципи створення стійкої архітектури громадських будівель на прикладі світової практики. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2020. №20. 2020. С.8-18.
39. Малашенкова В.О., Вержбицька П.В. Особливості проектування активної сонячної архітектури. *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. № 16. С. 98 – 105.
40. Корниенко, С. В. Опыт проектирования и строительства энергоэффективных зданий в г. Волгограде. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013. № 4. URL: <http://nauka.x-pdf.ru/17stroitelstvo/368438-1-journal-homepage-wwwunistroypbru-opit-proektirovaniya-stroitelstva-energoeffektivnih-zdaniy-volgograd-kornienko-f.php>
41. Типологические основы формирования инновационных зданий в городской среде: монография. Харьков: ХНУГХ ім. А. Н. Бекетова, 2018. 189 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/50085/> (дата звернення 11.01.2022)
42. Dianova-Klokoval I.V., Metanyev D.A. Sustainable architecture and space for innovation work. 2015. 16с. URL: http://onirgipronii.ru/files/publications/2015_002.pdf (дата звернення 4.05.2022)

43. Зелена архітектура, ландшафтна архітектура і зелене будівництво. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/zelena-arhitektura-landshaftna-arhitektura-i.html> ((дата звернення 15.02.2023))
44. BREEAM/ Resources / Download BREEAM Scheme Documents / The Code for Sustainable homes. The Code for Sustainable Homes. Manual. URL: www.breeam.org (дата звернення 12.01.2023)
45. Certified BREEAM Assessments — 2008 schemes onwards plotted on a map. *Green Book Live*: веб-сайт. URL: <http://www.greenbooklive.com/search/buildingmapgoogle.jsp>
46. Foster, Norman: Sir Norman Foster and Partners. Sir Norman Foster and Partners Publications. London, 1993
47. Decision No 647/2000 EC of the European Parliament and of the Council of 28 February 2000 adopting a multiannual program for the promotion of energy efficiency (SAVE, 1998-2002), Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings // Official Journal. 2003 (04.01). P. 65-70. (Директива 2002/91/EC по енергетичній ефективності будівель)
48. Що таке пасивний дім? URL: <https://www.dwellzahid.com.ua/pasyvnyj-dim> (дата звернення 19.09.2022)
49. Passive House Design. *Issuu*: веб-сайт. URL: https://issuu.com/detail-magazine/docs/bk_passive_house_design_issuu_30 (дата звернення 22.01.2023)
50. Эндхардт М. Опыт строительства пассивных домов в Германии. *Энергосовет. Современные технологии на пути к энергосбережению*. 2010. № 5 (10). С. 20-24.
51. Shubhangi M., Pallavi Ch., Shubh T., Shammi S. (2017). A Review Study on Net Zero Energy Building. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2017. Vol. 4, Issue 4, P. 1567-1570
52. Що таке пасивний будинок (пассивный дом, passive house). *Неоакр преміум констракшн*: веб-сайт. URL: <https://www.neoacre.com/blog/passivhaus> (дата звернення 22.01.2023).

53. Zeiler W., Boxem G. Active house concept versus passive House. *Proceedings of the 3rd CIB International conference on Smart and Sustainable Built Environments (SASBE2009)*, June 15-19 2009, Delft: Delft University of Technology . P. 1-8.
54. Перевірка герметичності Пасивного Будинку: «Blower-Door Test». *Passive house-igua українська ініціативна група пасивного будинку*: веб-сайт. URL: <https://passivehouse-igua.com/passive-house/passive-house-blow-door-test/> (дата звернення 22.01.2023).
55. Shubhangi M., Pallavi Ch., Shubh T., Shammi S. (2017). A Review Study on Net Zero Energy Building. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET.)* Vol. 4, Issue 4, 2017, pp. 1567-1570
56. Сонячно-воднева система автономного будинку. *savenergy.info*: веб-сайт. URL: <http://savenergy.info/page/solar-hydrogen-system-autonomous-home/> (дата звернення 22.04.2023)
57. А. Гінкул, Асоціація енергоаудиторів: «Ми — одна з країн, яка може на 100% забезпечувати себе енергією. *Na chasi*: веб-сайт. URL: <https://nachasi.com/city/2018/01/12/andrij-ginkul-talk/> (дата звернення 17.04.2023)
58. Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-p#Text> (дата звернення 25.04.2023)
59. Йен Гел. Міста для людей. Видавнича група «Основа». 2018. 304 с.
60. Що таке Smart City? *Громадський простір*. веб-сайт. URL <https://www.prostir.ua/?news=scho-take-smart-city> (дата звернення 23.10.2022)
61. ДСТУ ISO 37101:2019 Сталий розвиток у громадах. Система управління сталим розвитком. Вимоги та настанови щодо використання (ISO37101:2016, IDT) http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88063 (дата звернення 12.07.2023)
62. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2017. № 33. ст.359.

63. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. URL:http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 (дата звернення 25.02.2023)
64. Про енергоефективність: директива Європейського парламенту та Ради 2012/27EU. URL: http://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2 (дата звернення 25.02.2023)
65. Міністри та голови делегацій країн-учасниць конференції ООН «Довкілля для Європи» підписали історичний документ для України. Урядовий портал: веб-сайт. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ministry-ta-holovy-delehatsii-krain-uchasnyts-konferentsii-oon-dovkillia-dlia-ievropy-pidpysaly-istorychnyi-dokument-dlia-ukrainy> (дата звернення 25.02.2023)
66. Рябич О. М. Організаційно-економічне забезпечення ефективності скорочення викидів парникових газів в атмосферу: автореф. дис. канд. економ. Наук / 08.00.06. Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2008. 20 с.
67. Паризька угода: Угоду ратифіковано Законом України 14.07.2016 р. № 1469-VIII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161 (дата звернення: 03.03.2020)
68. Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2020, № 22, ст.150
69. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження. URL: <https://saee.gov.ua/uk> (дата звернення 18.02.2021)
70. Данько К.С. Формування основних елементів методики підвищення енергоефективності житлових будинків в системі житлової забудови. *Містобудування та територіальне планування*. 2008. Вип. 30. С.83-89
71. Із початку року видано понад 700 енергетичних сертифікатів будівель. *Україна комунальна*: веб-сайт. URL: <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/z-pochatku-roku-vidano-ponad-700-jenergetichnih-sertifkatv-budvel-59083>(дата звернення 29.02.2023)

72. HiSoUR: веб-сайт. URL: <https://www.hisour.com/ru/museum-of-science-of-trento-italy-56260/>(дата звернення 12.01.2023)
73. LEED v4 for building design and construction. USGBC: веб-сайт. URL: <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-design-and-construction-current-version> (дата звернення 11.02.2023)
74. Катола Х.О. «Зелена» архітектура університетських кампусів. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. Архітектура. 2014. № 793. С. 149-154.
75. Experimental Green Strategies: *Redefining Ecological Design Research. Architectural Design*. November / December. 2011. P. 106.
76. Магай А. А. Архітектура для високих будівель. Монографія. М: Гаразд, книга, 2007. 287 с.
77. Молодкин С. А. Принципи формування архітектури енергоефективних висотних житлових будинків: дис. ... канд. архітектури: 18.00.02 / М. РДБ, 2007. 142 с.
78. Green Building Regulations and Specifications. *Dubai Municipality*: веб-сайт. URL : <https://www.dewa.gov.ae/~~/media/Files>(дата звернення 2.10.2022)
79. Pearce A.R., Ahn Y. H., Global H. Sustainable Buildings and Infrastructure: Paths to the Future. London : Taylor & Francis, 2017. 482 p.
80. Wallhagen M., Mauritz G. Design Consequences of Differences in Building Assessment Tools: A Case Study. *Building Research & Information*. 2011. № 39 (1). P. 16-33.
81. Бродач М.М. Инженерное оборудование высотных зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. 320 с.
82. Кашенко Т.О. Енергозбереження в архітектурі як складова освітньо - професійної програми. *Збірник наукових праць Київського національного університету технологій та дизайну*. 2004. с. 155-160.
83. Бахтін Д. С., Впровадження енергоефективних технологій при будівництві нової комерційної нерухомості в Україні. *Вісник Національного*

університету «Львівська політехніка». Серія: «Архітектура». 2020. № 2 (4). С.1-11.

84. The Green Pyramid Rating System (GPRS) / The Egyptian Green Building Council: The Housing and Building National Research Center. 2011. URL: [http://eg.saint-gobain-glass.com/download /file/fid/1246](http://eg.saint-gobain-glass.com/download/file/fid/1246) (дата звернення 5.12.2022)

85. Zuo Jian, Zhen-Yu Zhao. Green Building Research–current Status and Future Agenda : AReview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. Vol. 30. P. 271-281. URL: https://www.academia.edu/7421358/Green_building_research_current_status_and_future_agenda_A_review_2014_Renewable_and_Sustainable_Energy_Reviews (дата звернення 22.11.2022)

86. BRE: Building Research Establishment (2014b) The Government’s Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings (SAP 2012 version 9.92. URL: https://www.bre.co.uk/filelibrary/SAP/2012/SAP-2012_9-92.pdf (дата звернення 12.01.2023)

87. Методы принятия решений / Абакумов В.В., Голубев А.А., Кустарев В.П., Подлесных В.И., Прохоров Ю.К., Тюленев Л.В. СПб.: Бизнес-пресса, 2002. 467 с.

88. Математическое моделирование энергопотребления зданий. Нидерланды. URL: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/788>(дата звернення 12.03.2023)

89. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. М.: СИНТЕГ, 2000. 528 с.

90. Могилевский В.Д. Методология систем: Вербальный подход. М.: Экономика,1999. 251 с.

91. Active for more comfort: Passive House. URL: https://passivehouse-international.org/upload/Passive_House_Active_for_more_comfort_brochure.pdf (дата звернення 9.02.2023)

92. Холлоуэй Д. Пассивный солнечный дом: Простой метод проектирования. Методика проектирования систем отопления пассивных солнечных домов на

- основе принципів прямого и косвенного обогрева. *Mensh*: веб-сайт. URL: <https://mensh.ru/passive-solar/index.html> (дата звернення 14.01.2023)
93. Беляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А. Энергоефективність та теплозахист будівель. М.: АСВ, 2012. 396 с.
94. Schueller W. High-Rise Building Structures. New York, London, Sydney, Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1977. 274 p.
95. Дмитроченкова Е.І. Аналіз міжнародних систем сертифікації «зеленого» будівництва. *Екологічні науки*. 2018. №1(20), Т.1. С. 140-143.
96. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов. / пер. с нем. А. Е. Елохова. М.: АСВ, 2008. 144 с.
97. Бумаженко О. В. Энергоефективне (екологічне) будівництво. *ESCO*. 2002. №1. С. 11-26
98. GreenGlobes Design - GGD . URL: www.greenglobes.com (дата звернення 10.05.2022)
99. Charles Kibert. Building Strategies for Sustainable Architecture. *Sustainable Construction (Green Buildings Design and Delivery)*. New Jersey : Wiley, 2008. P.217-237.
100. Vasylenko A., Architectural lighting. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2020. № 20. С. 230-238.
101. Техніко-економічний аналіз норм зеленого будівництва в Об'єднаних Арабських Еміратах на основі прикладу офісної будівлі. URL: https://www.researchgate.net/publication/345081797_Techno-Economic_Analysis_of_Green_Building_Codes_in_United_Arab_Emirates_Based_on_a_Case_Study_Office_Building (дата звернення 1.03.2022)
102. ДБН А.2.2-1-2003 "Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд". Введ. 2004-04-01. Київ.: Держбуд України, 2004. 23 с.
103. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій». Введ. 2019-10-01. Київ.: Мінрегіон України, 2019. 185 с.

104. Antonenko N., Rumilets T., Bakhtin D. Healthy environment as one of the key performance indicators of library space. *6-й міжнародний конгрес Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: збірник матеріалів, 23 –25 вересня 2020 року.* Львів : Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2020. С. 122.
105. Urenev V., Savytska O. Dmytrik N. Rumilets T., Bakhtin D. Architectural renovation of industrial objects for public libraries. *Wiadomości Konserwatorskie Journal of Heritage Conservation.* 2022. № 69. P. 36-42.
106. Уреньов В., Савицька О., Дмитрік Н., Румілець Т., Бахтін Д. Архітектурна реновація промислових об'єктів під публічні бібліотеки. *Інноваційні технології в архітектурі і дизайні: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції.* 8-9 квітня 2021 р. Харків: ХНУБА, 2021. С.196.
107. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Досвід проектування енергоефективних громадських будівель державної власності в Україні. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування.* 2020. Вип.57. С 322-339.
108. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Київ.: Мінрегіон України. 2006.78 с.
109. Danko K., Kashchenko T. Features of housing sanation in the historical architectural environment. *Commission of architecture, urban planning and landscape studies «TeKa».* 2018. Vol. XIV/1. P. 63-70.
110. Альтернативна енергетика. *Енергетичний центр МегаДом: веб-сайт.* URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/alternativni-dzherela-energoresursiv-v-ukrainskomu-prichornomori> (дата звернення 14.10.2022)
111. Вітрова енергія. *Майстерня своєї справи: веб-сайт.* URL: <http://msd.com.ua/misc/alternativnye-istochniki-energii-3/>(дата звернення 12.01.2023)
112. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Принципи створення стійкої архітектури громадських будівель на прикладі світової практики. *Проблеми теорії та історії архітектури України.* 2020. №20. 2020. С.8-18.

113. Building sustainability assessment and benchmarking - an introduction. URL:<http://www.iisbe.org/system/files/private/Building%20Sustainability%20Assessment%20and%20Benchmarking.pdf> (дата звернення 14.02.2023)
114. Sassi Paola. Strategies for Sustainable Architecture. Taylor & Francis. 2006. 312p. URL: <http://library.uniteddiversity.coop/Ecological> (дата звернення 26.11.2021)
115. Robert Ferry, Elizabeth Monoian. Land Art Generator. A field guide to renewable energy technologies. Second edition. Initiative, 2019. New York. 190 p.
116. Зубко К.Ю., Лук'янихін В.О. Аналіз впливу результатів будівництва на навколишнє природне середовище. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/26666/1/Zybko.pdf>. (дата звернення 24.11.2021)
117. ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд». Введ. 02.08.2018. Київ.: Мінрегіон України, 2018. 85 с.
118. ДБН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Київ, 1999. 34с.
119. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Введ. 2014-06-01. Київ.: Мінрегіон України, 2014. 85 с.
120. Косо Й. Ваш новый дом. Энергосберегающие технологии (пер. с венг.). М.: Контэнт, 2008. 124 с.
121. Мержиевская Н. Ю., Уткина А. И. Мировые тенденции в создании многоуровневой городской среды. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2019. Вип. 17-18. С. 373-378.
122. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва». Введ. 2016-09. Київ.: Мінрегіон України, 2016. 49 с.
123. Геотермальні когенераційні станції. *Екологічне співтовариство*. : веб-сайт, URL: http://www.ecorussia.info/ru/ecopedia/geothermal_cogeneration(дата звернення 12.09.2022)

124. Гната Н.А., Некрасов А.С., Вороніна С.А. Петротермальніе ресурси як новий вид енергії ХХІ століття. *Маркшейдерія і надрокористування*. 2009. № 3. С. 11-15
125. Малашенкова В.О., Вержбицька П.В. Особливості проектування активної сонячної архітектури. *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. № 16. С. 98 – 105.
126. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку: збірник наукових праць ІV Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 25-27 квітня 2017 р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 140 с.
127. Денисенко Г. І. Комплексне використання поновлюваних джерел енергії Київ: в-во "Знання", 1984. 33 с.
128. Бахтін Д.С. Понятие и принципы устойчивой архитектуры,. *Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології*: матеріали ІІІ міжнародної науково-технічної конференції конференції, 11-12 грудня 2019 р. Одеса: ОДАБА, 2019. С. 109-110.
129. Уреньов В.П., Бахтін Д.С. Створення стійкої архітектури. Тези доповідей 76-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ОДАБА, 21-22 травня 2020 р. Одеса: ОДАБА, 2020. С. 35.
130. Малашенкова В.О., Залогіна А.С. Принципи вертикального озеленення в архітектурі на прикладі «вертикального лісу» у Мілані. *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. 2021. №15. С. 74 – 81
131. Табунщиков Ю. А., Бородач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания . М.: АВОК-ПРЕСС 2003 . 201 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

**Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації**

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Ключові концепції енергоефективних будівель у світовому досвіді. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2019. №17-18. С. 445-450.

<https://drive.google.com/file/d/1ECXqedMF1o0HEtPvyctIP7Go4R0Hcug9/view>

Особистий внесок здобувача: аналіз світового і вітчизняного досвіду застосування і впровадження концепцій енергоефективних будівель.

2. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Принципи створення стійкої архітектури громадських будівель на прикладі світової практики. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2020. №20. 2020. С.8-18.

<https://doi.org/10.31650/2519-4208-2020-20-8-18>

Особистий внесок здобувача: формулювання принципів створення стійкої архітектури громадських будівель на основі аналізу світового досвіду.

3. Бахтін Д. С., Впровадження енергоефективних технологій при будівництві нової комерційної нерухомості в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: «Архітектура». 2020. № 2 (4). С.1-11. <https://doi.org/10.23939/sa2020.02.008>

4. Уреньов В.П., Бахтін Д.С., Досвід проектування енергоефективних громадських будівель державної власності в Україні. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2020. Вип.57. С 322-339. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.57>

Особистий внесок здобувача: аналіз вітчизняного досвіду проектування енергоефективних громадських будівель.

5. Urenev V., Savytska O. Dmytryk N. Rumilets T., Bakhtin D. Architectural renovation of industrial objects for public libraries. *Wiadomości Konserwatorskie Journal of Heritage Conservation*. 2022. № 69. P. 36-42.

Продовження додатку А

https://repozytorium.biblos.pk.edu.pl/redo/resources/45785/file/resourceFiles/Urenev_V_AdaptiveReuse.pdf

Особистий внесок здобувача: аналіз світового і вітчизняного досвіду застосування енергоефективних засобів та прийомів при реновації промислових будівель під бібліотеки.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Бахтін Д.С. Понятие и принципы устойчивой архитектуры, *Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології*: матеріали III міжнародної науково-технічної конференції конференції, 11-12 грудня 2019 р. Одеса: ОДАБА, 2019. С. 109-110.

7. Уреньов В.П., Бахтін Д.С. Створення стійкої архітектури. Тези доповідей 76-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ОДАБА, 21-22 травня 2020 р. Одеса: ОДАБА, 2020. С. 35.

8. Antonenko N., Rumilets T., Vakhtin D. Healthy environment as one of the key performance indicators of library space. *6-й міжнародний конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*: збірник матеріалів, 23 –25 вересня 2020 року. Львів : Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТЗОВ, 2020. С. 122.

9. Уреньов В., Савицька О., Дмитрік Н., Румілець Т., Бахтін Д. Архітектурна реновація промислових об'єктів під публічні бібліотеки. *Інноваційні технології в архітектурі і дизайні*: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. 8-9 квітня 2021 р. Харків: ХНУБА, 2021. С.196.

Продовження додатку А

Відомості про апробацію результатів дисертації

- III міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології» (Україна, м. Одеса, 11-12 грудня 2019р. – очна участь);

- 76-а науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу Одеської державної академії будівництва та архітектури (Україна, м. Одеса, 25-29 травня 2020 р. – очна участь);

- VI Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», (Україна, м. Львів, 23 –25 вересня 2020 р. – дистанційна участь);

- V міжнародна науково—практична конференція «Інновації технології в архітектурі і дизайні» (Україна, м. Харків, 8-9 квітня 2021 р. – дистанційна участь).

Додаток Б

Акти впровадження результатів дослідження

**ОДЕСЬКА МІСЬКА РАДА
ОДЕСЬКИЙ ЛІЦЕЙ «ЄВРОПЕЙСЬКИЙ»**

вул. Маршала Говорова, 8А
м.Одеса, 65009, Україна
тел.(048)702-10-48

ЄДРПОУ 42353280

www.prvo.od.ua/school/eurol/
mail: odesa_evropeyskiy@ukr.net

« 10 » грудня 2023 р. № 01-18/367

Акт**Про впровадження результатів дисертаційної роботи**

Результати та положення наукового дослідження Бахтіна Д. використані та впроваджені в проєкт Одеського ліцею «Європейський».

Результати аналізу використання сучасних енергоефективних технологій і матеріалів використані для розробки фасадів навчального закладу Одеського ліцею «Європейський». Технологічні рішення утеплення та герметизації вузлів фасада та вікон були розроблені та реалізовані в архітектурі будівлі. Були проведені консультації щодо планування кабінетів, враховуючи інсоляцію об'єкта.

Бахтін Д. запропонував оптимальне рішення щодо кольорового рішення, тематичного дизайну архітектури та інтер'єру, використаних матеріалів у створенні архітектурно-художньої виразності Ліцею.

Бахтін Д. набув практичних навичок реального проєктування сучасних навчальних закладів з застосуванням енергоефективних інструментів.

В.о. директора

Катерина ШИКМАН

Продовження додатку Б



ОДЕСЬКА МІСЬКА РАДА
 Департамент охорони здоров'я Одеської міської ради
 КОМУНАЛЬНЕ НЕКОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО
 «ДИТЯЧА МІСЬКА ПОЛІКЛІНІКА №6»
 ОДЕСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ

65121, м. Одеса, пр. Ак. Глушка, 32-А, 797-27-28, e-mail:odgp06@gmail.com ЄДРПОУ 02774705

Акт

Про впровадження результатів дисертаційної роботи

Результати та положення наукового дослідження Бахтіна Д. використані та впроваджені в проект Дитячої міської поліклініки №6 за адресою: м Одеса, вул. Академіка Філатова, 7а та просп. ак. Глушка, 32А.

Детальне обстеження енерговтрат, інсоляції, аерації, обмірні роботи, вивчення сучасних тенденцій у проектуванні медичних установ, а також специфіку соціально-психологічної складової дитячих медичних закладів були використані Бахтіним Д. під час розробки проекту енергоефективного фасаду, та Дизайн-проекту приміщень, а також розробки проекту благоустрою прилеглої території біля головного фасаду Дитячої міської поліклініки №6 Одеської міської ради.

Бахтін Д. розробив системні рішення герметизації теплового контуру будівлі, провів розрахунок та впровадження системи сонячних колекторів для підігрівання води. Приймав участь у процесах автоматизації та оптимізації енергосистем аварійного живлення. В результаті роботи, окрім технічних вузлів, було виконано каталоги типових рішень кабінетів лікарів, опрацьовано вестибюльну групу, коридори та сходову групу. Проведено роботу з оптимізації використання оздоблювальних матеріалів медичних закладів. Виконано комплекс заходів, що дають змогу забезпечити належний рівень комфорту в установі. Ділять простору на зони, впливають на настрій та здатні полегшити стан маленького пацієнта.

Архітектурні і технічні рішення, прийняті у проекті, оптимізують та покращують енергоживлення та клімат у будівлі, що суттєво важливо в умовах бойових дій і блек-аутів.

Бахтін Д. набув практичних навичок, використовуючи сучасні тенденції при проектуванні установ специфічного характеру, як дитячі медичні заклади.

Директор КНП «ДМП №6» ОМР



Сергій ГОРІЩАК

Продовження додатку Б



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65052, тел./факс: (048) 723-69-04, тел. (048) 723-43-53.

e-mail: list@odaba.edu.ua, веб-сайт: www.odaba.edu.ua, код ЄДРПОУ 02071033

10.10.2023 № 43-951

На №

від

Г

Г

Акт

Про впровадження результатів дисертаційної роботи

Результати досліджень, викладені в дисертаційній роботі Бахтіна Д.С. на здобуття наукового ступеня доктора філософії за темою «Принципи формування об'ємно-просторової організації енергоефективних громадських будівель» (науковий керівник док. арх., проф., Уреньов В.П.) впроваджені у навчальний процес в Одеській академії будівництва та архітектури. Вони впроваджені в роботах над дипломними проектами магістрів:

- «Концепція розвитку території курорту Куяльник з розробкою громадських відкритих просторів в м. Одеса», ст. Прісекорян Д. О., кер.: доц. Савицька О.С., ст. вик. Белікова М. В., консульт. Бахтін Д.С.
- «Реновація промислової території «Краян», ст. Корой Ю.В., кер.: доц. Савицька О.С., доц. Сторожук С.С., консульт. Бахтін Д.С.

Результати дисертації сприяли набуттю теоретичних та практичних проектних навичок студентів архітектурної спеціальності та були використані при підготовці завдань з проектування дипломного проекту у підготовці фахівців за спеціальністю «Архітектура та містобудування».

Акт складений на подання до Спеціалізованої Ради за місцем захисту дисертації.

Проректор з НПР, д.ек.н., проф.

Ірина АЖАМАН

Впровадження результатів дослідження

Впровадження результатів дослідження. Концепція розвитку території Куяльник



Впровадження результатів дослідження. Реновація території заводу Краян в м. Одеса



Рис. В1. Впровадження результатів дослідження в навчальний процес (дипломні роботи магістрів)

Продовження додатку В

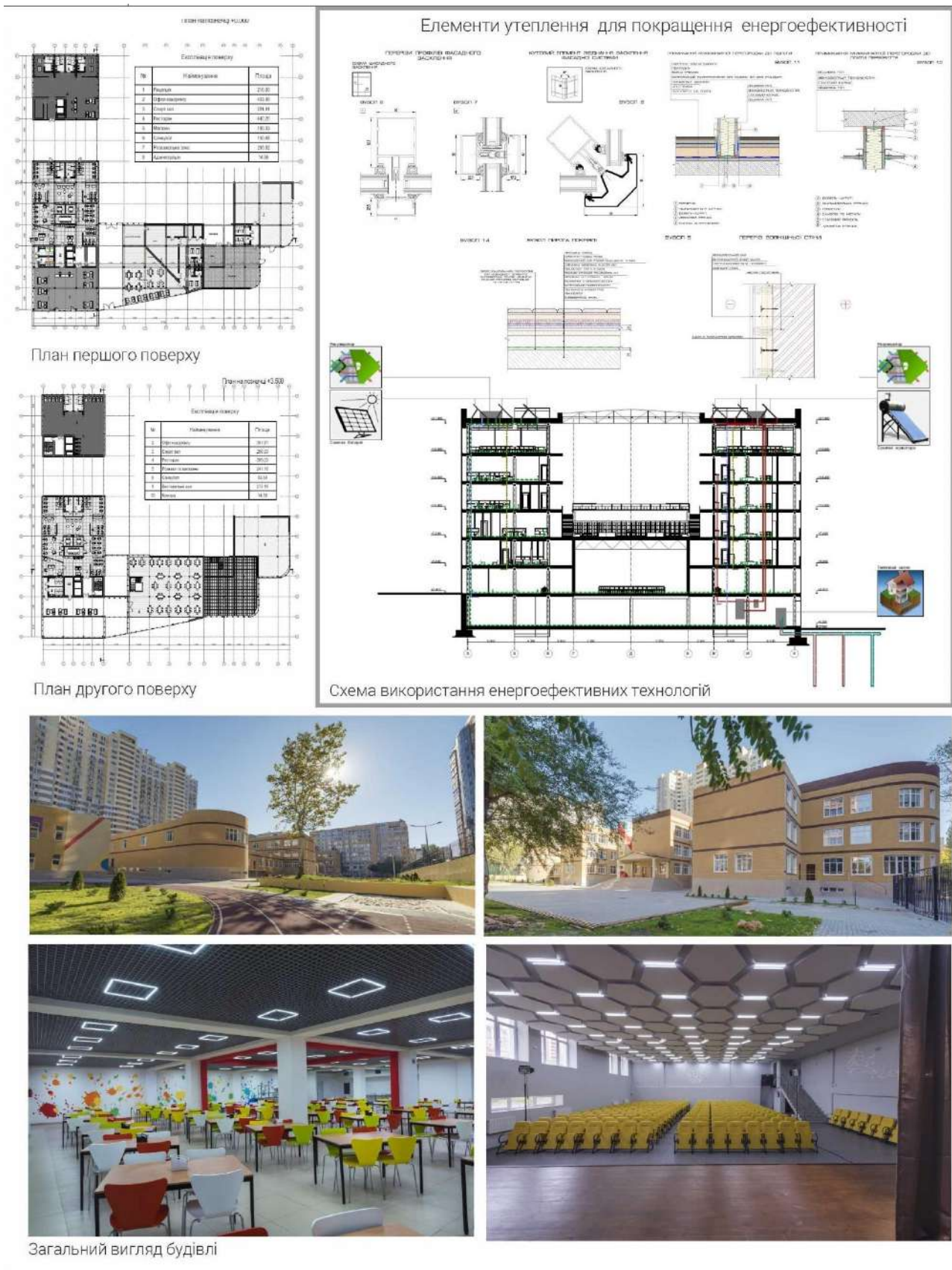


Рис. В2. Впровадження результатів дослідження. Проект ліцею в м.Одеса

Продовження додатку В

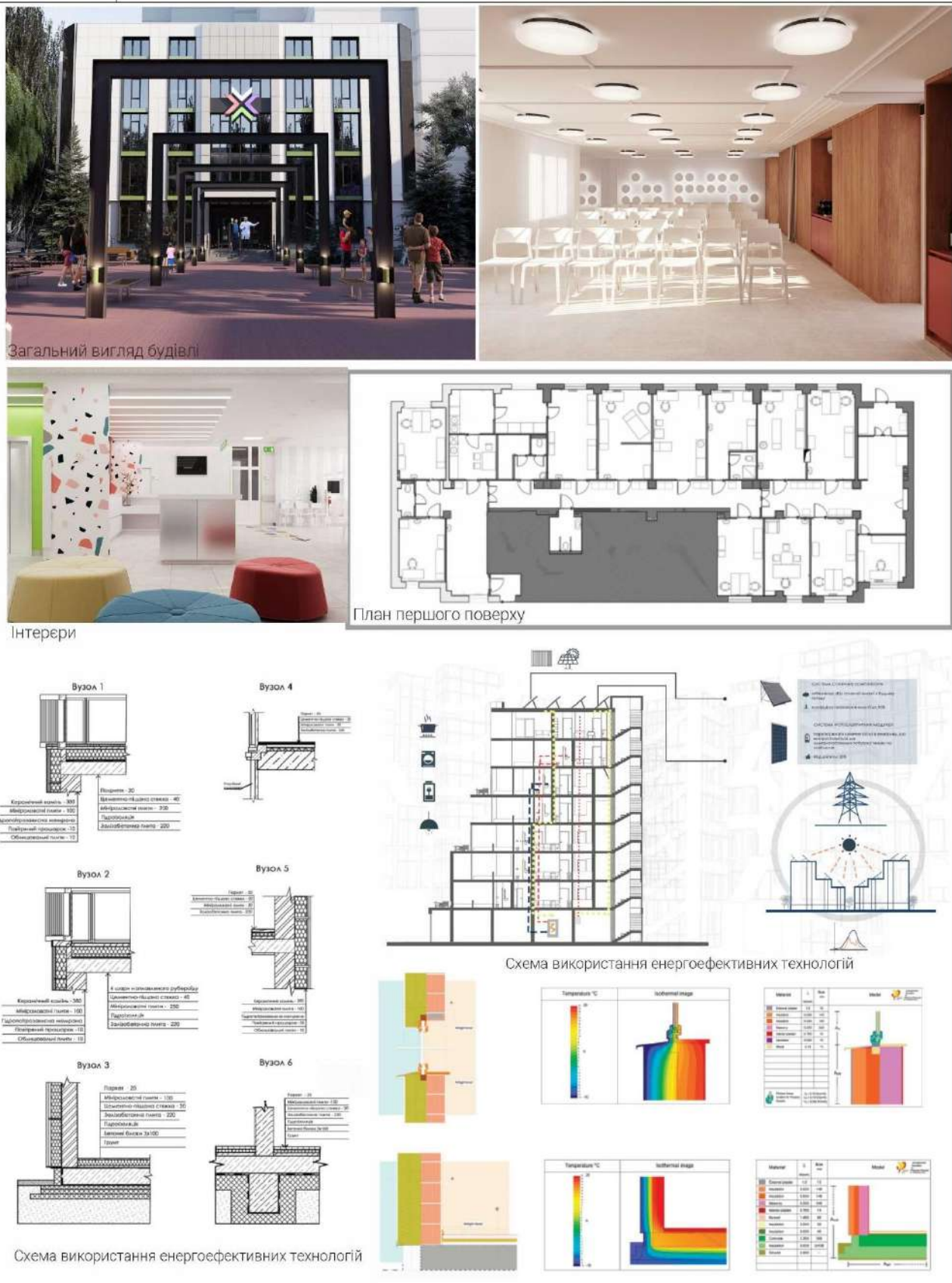


Рис. В3. Впровадження результатів дослідження. Проект госпіталю в м.Одеса