


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівельних конструкцій

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівельних конструкцій
 Л.А.Циганенко

«05» грудня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження енергоефективності будівель цивільного призначення»

Виконав



(підпис)

А.П. Фесенко

(Прізвище, ініціали)

Група

ПЦБ 2203м

(Науковий)
керівник



(підпис)

Л.А. Циганенко

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних конструкцій

Спеціальність: **192 "Будівництво та цивільна інженерія"**

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Фесенка Андрія Павловича

Тема роботи: Дослідження енергоефективності будівель
цивільного призначення

Затверджено наказом по університету № 33-01-н від "27" жовтня 2023р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "04" грудня 2023 р.

Вихідні дані до роботи:

Нормативні акти і нормативні документи в сфері будівництва та енергоефективності

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Аналіз досліджень світових фахівців в галузі енергоефективності, визначення та розкриття спеціалізованих термінів, визначення зовнішніх кліматичних факторів, які впливають на енергоефективність будівель

пропозиції практичного втілення досліджень

5. Перелік графічного та/або мультимедійного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Робота презентована у вигляді слайдів в POWER POINT у кількості 24 листів презентації

Керівник:



Л.А. Циганенко

Консультант:

Г.М. Циганенко

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач



А.П. Фесенко

Анотація

Фесенко Андрій Павлович. Дослідження енергоефективності будівель цивільного призначення – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2023.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляд досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновки за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Результати досліджень дозволяють зробити висновки, що для успішного досягнення поставленої мети, а саме, можливість проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії, важливою складовою є «вихідні дані», а саме наукові підходи до тлумачення понять «терміни», та їх застосування. Наприклад «категорія А» - критерія енергоспоживання 44,0 кВт/м² рік (відносно існуючих будівельних норм). Методика впровадження даного енергетичного рішення є певна збалансована технологічна карта, яка унормовує всі показники щодо санітарно-гігієнічних норм. Відповідно до даної норми вихідних даних застосовуються різні або конкретні наукові підходи щодо реалізації даного енергетичного рішення. Проміжок часу з 2010 року по 2021 рік була розроблена «Теорія компенсації» та в 2023 році апробована на I Міжнародній конференції "Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захисту довкілля" Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка. Використовуючи дану наукову методику та методику системотехніки щодо оптимізації енергетичних потоків було розроблено декілька технологічних карт щодо досягнення енергетичного рішення категорії А, які підтвержені натурними

апробуваннями. Під час дослідницької діяльності щодо освітньої дисципліни 192, маючи фахові знання за спеціальністю «інженер-системотехнік», даною дипломною роботою, та матеріалами дослідження підтверджена імплементація попередніх знань в філософію думки за-для встановлення критеріїв технологічної карти щодо можливості проектування саме конструктором будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії.

Аналіз публікацій та досліджень встановив, що концептуально тематика щодо будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії малодосліджена. Тим не менше в Україні діє розвинена структура державних норм, згідно з якими проектуються, будуються, експлуатуються будинки в яких ми мешкаєм чи користуємось.

В основній частині наведено дослідження санітарно-гігієнічних норм з приведенням до 1м^2 проектованої площі «замкнутого контуру» будівель з застосуванням будівельної фізики, Державних будівельних норм та настанов з енергоефективності для визначення інформаційних складових енергоефективних заходів з приведенням до технологічних, результатом реалізації яких є підвищення енергетичної ефективності (зниження питомих витрат), яке можна виміряти або розрахувати з застосуванням розрахункової моделі. *Сформовано (правило) енергоефективності.*

У **висновках** констатовано факт, що розрахунок будівельної конструкції, від якої залежить експлуатаційна та мікрокліматична складова, потрібно вести з урахуванням двох груп граничних станів. Завершальним етапом розрахунків є розроблення відповідних конструктивно-технологічних рішень для проектування - технологічних карт, які мають привести до «енергетичного рішення». При цьому ланцюг – архітектор, конструктор, енергоаудитор є взаємопов'язаними і не взаємозамінними. «Технологічна карта» повинна забезпечити «енергетичне рішення», та бути економічно обґрунтованою.

Ключові слова: енергозаощадження, санітарно-гігієнічні норми, енергетичне рішення, технологічна карта, «Теорія компенсації».

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента наведено в Розділі 1 даної роботи. В додатках наведено: тези конференцій, сертифікати.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 77 сторінках, у тому числі 6 таблиць, 22 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 3 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 78 використаних джерел, 7 додатків на 22 сторінках. Графічна частина складається з 24 слайдів мультимедійної презентації.

Abstract

Fesenko Andrii Pavlovich. Research of energy efficiency of civil buildings - Master's thesis in the form of a manuscript.

Master's thesis in the speciality 192 "Construction and Civil Engineering." - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2023.

The work consists of the *table of contents, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions on the results of the ICR (in Ukrainian and English).*

The purpose, objectives, object and subject of the study, methods of scientific research are formulated.

The results of the research allow us to conclude that in order to successfully achieve the goal, namely, the possibility of designing buildings with close to zero energy consumption, an important component is the «initial data», namely, scientific approaches to the interpretation of the concepts of "terms" and their application. For example, "category A" is an energy consumption criterion of 44.0 kW/m² per year (relative to existing building codes). The methodology for implementing this energy solution is a certain balanced technological map that regulates all indicators in terms of sanitary and hygienic standards. In accordance with this norm of baseline data, different or specific scientific approaches are used to implement this energy solution. In the period from 2010 to 2021, the "Compensation Theory" was developed and tested at the First International Conference "Modern Problems of Heat and Power Engineering and Environmental Protection" at National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" in 2023. Using this scientific methodology and the system engineering methodology for optimising energy streams, several technological maps were developed to achieve an energy solution of category A, which were confirmed by field tests. In the course of research activities in the discipline 192, having professional knowledge in the speciality "systems engineer", this thesis and research materials confirmed the implementation of previous knowledge in the philosophy of thought to establish the criteria for a flow chart on the possibility of designing buildings with close to zero energy consumption by the designer.

An analysis of publications and research has shown that the conceptual topic of near-zero energy buildings is not well understood. Nevertheless, Ukraine has a well-developed structure of state regulations that govern the design, construction, and operation of the buildings we live in or use.

The main part of the article presents a study of sanitary and hygienic standards with reduction to 1 m² of the designed area of the “closed loop” of buildings using building physics, State Building Regulations and energy efficiency guidelines to determine the information components of energy efficiency measures or their combination, the result of which is an increase in energy efficiency (reduction of specific costs), which can be measured or calculated using a calculation model. An energy efficiency rule has been formed.

The conclusions state the fact that the calculation of a building structure, on which the operational and microclimatic components depend, should be carried out taking into account two groups of limit states. The final stage of the calculations is the development of appropriate design and technological solutions for the design - technological maps, which should lead to an "energy solution". In this case, the chain of architect, designer, and energy auditor are interconnected and not interchangeable. The "technological map" should provide an "energy solution" and be economically justified.

Keywords: energy effectiveness, sanitary and hygienic standards, energy solution, flow chart, "Compensation Theory".

The list of publications and/or conference presentations by the student is given in Section 1 of this paper. The appendices include conference abstracts and certificates.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 77 pages, including 6 tables and 22 figures. The text contains a general description of the work, 3 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 78 references, 7 appendices on 22 pages. The graphic part consists of 24 slides of a multimedia presentation.

Зміст

Перелік умовних позначень.....	3
Вступ. Гіпотеза дослідження.....	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....	7
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ.....	13
2.1 Постановка питання.....	13
2.1.1 Вихідні дані.....	15
2.2 Аналіз останніх досліджень і публікацій.....	16
2.3 Термін енергоефективність.....	16
2.4 Основні терміни та визначення.....	20
2.5 Еволюція показників енергетичної ефективності будівель.....	23
2.5.1 Перша зарубіжна енергоефективна будівля.....	25
2.5.2 «Пасивний будинок».....	26
2.5.3 ЄС та Україна.....	27
2.5.4 Класифікація житла (за комфортом).....	29
2.5.4.1 Клас енергоефективності.....	30
2.6 Світові тренди у будівництві.....	32
2.6.1 Життєвий цикл будівлі, планування терміну експлуатації... 2.6.1.1 BIM (Building Information Modeling) - процес оптимізації проектування і будівництва.....	33
2.7 Кліматичні складові.....	36
2.8 Аналіз нормативних актів і нормативних документів.....	38
2.8.1 Будівельна конструкція.....	38
2.8.2 Будинки з близьким до нульового рівня споживання енергії.....	42
2.8.3 Вимоги до теплової оболонки будівлі.....	43
2.9 Визначення головних критеріїв оцінки.....	44
Висновки до глави.....	45

РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ПРАКТИЧНОГО ВТІЛЕННЯ.....	48
3.1 Системний аналіз.....	49
3.2 «Теорія компенсації».....	50
3.3 Оцінка відповідності діючих конструктивних рішень майбутнім вимогам енергоменеджементу.....	51
3.4 Можливості проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії.....	51
3.5 Розрахункова модель.....	53
3.6 Санітарно-гігієнічні норми.....	61
3.7 Вплив вологи на конструктиви.....	65
3.8 Розрахунок тепловтрат з урахуванням динамічних характеристик зовнішнього середовища.....	74
3.9 (Правило) енергоефективності.....	80
3.10 Авторське конструктивне рішення.....	81
Загальні висновки.....	82
Список використаних джерел.....	84
Додаток А Класифікація житла за «комфортом» на думку ріелторів.....	92
Додаток Б Державна класифікація будівель.....	93
Додаток В Аналіз нормативної літератури для створення розрахункової моделі.....	94
Додаток Г Аналіз нормативної літератури для проектування зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель цивільного призначення в сфері енергоефективності для конструктора.....	96
Додаток Ґ Статистичні дані.....	99
Додаток Д Тези доповідей.....	102
Додаток Е Сертифікати і дипломи за участь в конференціях.....	111
Матеріали презентації на 24 слайдах POWER POINT	113

Перелік умовних позначень

Національний план - Національний план на період до 2030 року.

ККД - коефіцієнт кінцевої дії.

ККЯ - коефіцієнт кінцевої якості.

"Теорія компенсації" - слугує алгоритмічною моделлю для вдосконалення будівельних систем з урахуванням нових інформаційних умов, пов'язаних з майбутньою концепцією згідно Національного плану щодо збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії.

$\eta_{\text{компенсації}}$ ($\text{ККД}_{\text{компенсації}}$) - аналітичний коефіцієнт, одиниця виміру для оптимізації системи управління енергетичною компенсацією для подальшого прогнозування технічних, економічних, екологічних та соціальних заходів в межах «енергетичної моделі».

$E_{\text{del},i}$ - поставлена енергія для i -го енергоносія, кВт x год.

$f_{\text{p,del},i}$ - фактор первинної енергії для i -го поставленого енергоносія.

E_{p} - показниками первинної енергії, кВт x год.

$Q_{\text{H,use}}$, $Q_{\text{C,use}}$ – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні.

$E_{\text{P,use}}$ – річне розрахункове або фактичне значення загального показника питомого енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні.

$E_{\text{P,p}}$ – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових, кВт·год/м², та громадських будівель, [кВт·год/м³].

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції чи непрозорій частини огорожувальної, м²·К/Вт.

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції чи непрозорій частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт.

R_0^{Tp} - опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними нормами.

R – опір теплопередачі огорожувальної конструкції елементарної площі в 1 м^2 .

T_p – температура «точки роси», $^{\circ}\text{C}$.

a - (постійна) = 17,27.

b - (постійна) = 237,7.

ϕ - відносна вологість повітря, %.

\ln – натуральний логарифм.

T – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Q - кількість теплоти (в холодний проміжок часу), яка підведена до поверхонь $(n+1)$ багатошарової конструкції.

tga - тангенсу кута нахилу до поверхонь, кількості теплоти (в холодний проміжок часу).

$\theta_{si,min}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

θ_{int-si} – різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, $^{\circ}\text{C}$.

$\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, $^{\circ}\text{C}$.

$\theta_{si,tb,min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, $^{\circ}\text{C}$.

\vec{q} – щільність, густина теплового потоку, векторна величина, яка за величиною дорівнює відношенню елементарного теплового потоку, кількість теплоти, яка проходить через 1 м^2 площини за час (рік), розташований по нормалі до напрямку передавання тепла, $\vec{q} = Q$, при $F=1$.

$\text{grad}(T)$ – різниця температури повітря зовні та всередині приміщення.

F – елементарна площа теплообміну.

τ – час теплообміну (рік).

$\theta_{a,int}$ – температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$\theta_{a,ext}$ – температура зовнішнього повітря для заданої кліматичної зони, $^{\circ}\text{C}$;

h_{si} – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$X = \{x_1, x_2 \dots x_n\}$ - координати стану, які визначають стан об'єкта в будь-який момент часу, для автоматичної системи регулювання.

$U_{out} = \{U_{out1}, U_{out2} \dots U_n\}$ - вихідні змінні, які характеризують якість продукту, продуктивність об'єкта.

$P = \{p_1, p_2, \dots p_n\}$ - збурення – зовнішні та внутрішні фактори, вплив яких порушує роботу об'єкта.

$U_{in} = \{U_{in1}, U_{in2}, \dots U_{in n}\}$ - керуючі дії – цілеспрямовані змінювання матеріальних та енергетичних потоків, направлені на компенсацію збурень.

$O = f\{X, U_{out}, P\}$ - людина, яка встановлює умови, для координат стану, вихідних змінних, збурень.

Вступ

Гіпотеза дослідження

Закон збереження енергії прямолінійно вказує на енергетичне рішення по відношенню до кількості витраченої енергії та її оптимізацію після виведення системи із енергетичної рівноваги.

Ключом для досягнення мети дослідження є технологічна карта приведена до енергетичного рішення.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми та постановка задачі.

Зв'язок роботи з державними програмами, планами.

«Для України як держави – сторони Договору про заснування Енергетичного Співтовариства імплементація Директиви є обов'язковою відповідно до рішення Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства 2015/08/МС-ЕпС від 16.10.2015» [3].

«На виконання зобов'язань України за Договором, 13 листопада 2021 року набрав чинності Закон України № 1818-IX «Про енергетичну ефективність» [1], яким зокрема розкривається поняття про забезпечення енергетичної ефективності під час виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та сталого підвищення енергоефективності кінцевого споживання енергії з встановленням цільового показника річного споживання» [3].

«Закон спрямований на імплементацію *acquis communautaire* Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності, а саме: Директиви 2012/27/ЄС про енергетичну ефективність, Директиви 2009/125/ЄС про рамки для встановлення вимог до екодизайну для пов'язаних з енергоспоживанням продуктів, Регламенту (ЄС) 2017/1369 про встановлення рамок для енергетичного маркування» [1].

Та «Національний план на період до 2030 року (далі – Національний план) розроблено відповідно до Директиви EED у рамках співпраці із Секретаріатом Енергетичного Співтовариства, та спрямований на досягнення національної мети з енергоефективності, що встановлена відповідно до підходів та вимог Директиви та із врахуванням підходів держав Європейського Союзу та Енергетичного Співтовариства» [3].

«Національний план керується принципом, що задекларовано ЄС у Регламенті 2018/1999 Європейського Парламенту та Ради від 11 грудня 2018

року – «Energy efficiency first», яким передбачається пріоритетне врахування питань енергоефективності при розробці політик, програм, законодавства» [3].

«Також розробка та виконання Національного плану, наявність середньострокового планування політик в сфері енергоефективності є елементом політики долучення України до “Європейського зеленого курсу” (European Green Deal), який є дорожньою картою заходів, які перетворять ЄС на ефективну, стійку та конкурентоспроможну економіку, визначать засоби перетворення Європи на перший у світі кліматично нейтральний континент до 2050 року» [3].

«Завданням є стимулювання розвитку економіки, покращення здоров’я та якості життя людей, а також трансформації кліматичних та екологічних викликів на можливості у всіх сферах та політиках ЄС, гарантуючи справедливий та інклюзивний характер зеленого переходу» [3].

Крім того, «Національний план враховує проголошені резолюцією Генеральної Асамблеї Організації Об’єднаних Націй від 25 вересня 2015 року №70/1 - Цілі сталого розвитку до 2030 року, що мають бути дотримані Україною відповідно до Указу Президента України від 30 вересня 2019 року № 722/2019 “Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року” (ціль «забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії для всіх» та ціль «вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та її наслідками»)» [3].

Актуальність роботи

Актуальність цих питань є невід’ємною складовою, стратегічною метою яких, є поступове підвищення енергетичної ефективності будівель для переходу будівельної галузі в формат збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, тобто рух до nZEB (будинки з нульовим енергоспоживанням). «Вимогою до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії є числовий показник первинної енергії» [2].

Постановка задачі.

Повноцінне відновлення цивільної інфраструктури з приведенням до взятих зобов'язань та перебудови всього енергетичного комплексу України, має відбуватися одночасно із змінами не лише нормативної документації, а й конструктивних рішень, які дозволять модернізувати новобудови, ще не закінчені об'єкти, зруйновані, що потребують відновлення або реконструкції чи капітального ремонту існуючих будівель, доводячи їх до більш якісних параметрів експлуатації, що гарантує як безпекову складову, так і нові енергоефективні рішення.

Тому нагальним питанням є оцінка відповідності діючих конструктивних рішень майбутнім вимогам енергоменеджементу. Слід враховувати також і сучасні вимоги стандартів щодо якості мікроклімату у будівлях від яких залежить напрямок проектування.

Мета і завдання дослідження.

Визначення інформаційних складових енергоефективних заходів або їх сукупність, результатом реалізації яких є підвищення енергетичної ефективності (зниження питомих витрат), яке можна виміряти або розрахувати для забезпечення санітарно-гігієнічних норм досліджуваних об'єктів.

Визначення вихідних даних, які будуть основою для розробки енергетичної моделі будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії.

Завдання дослідження.

- аналіз базису світових енергетичних моделей;
- дослідження з урахуванням зовнішніх кліматичних параметрів, від яких залежать технологічні карти для енергетичних рішень та вимог щодо клімату у приміщеннях;
- аналіз наукових статей в сфері енергоефективності;
- визначення термінів, які впливають на енергоефективність в цілому;
- аналіз нормативної бази і нормативних документів України;
- аналіз існуючих енергетичних моделей України;

- створення напрямку інформаційної моделі енергоменеджменту;
- пошук конструктивного енергетичного рішення конструкції зовнішніх огорожувальних конструкцій, враховуючі вимоги законодавства.

Об'єкт дослідження

Санітарно-гігієнічні умови:

- житлових будинків: одноквартирні (садибні), багатоквартирні, у тому числі спеціалізовані квартирні житлові будинки для осіб похилого віку і сімей з інвалідами та гуртожитки;

- будинки дошкільних навчальних закладів, навчальних закладів, закладів охорони здоров'я, соціального захисту населення, науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління.

Окрім будівель, в яких зовнішня огорожувальна конструкція є повністю світлопрозорою.

Предмет дослідження

Кількісний показник лімітованої енергії в опалювальному/кондиціонованому об'ємі будівель у відношенні до 1 м² площі. Погляд на проблему від конструктора, магістранта 192 освітньої дисципліни.

Наукова та/або технічна новизна одержаних результатів.

Технічна новизна одержаних результатів

Довговічність, надійність та експлуатаційна придатність будівель і споруд цивільного призначення залежать від правильно обраного методу розрахунків.

Застосовуючи метод розрахунку «від потреби до джерела» [53] одержано результат: розроблення «технологічних карт» з приведенням до «енергетичного рішення» лежить в площині (*конструктора. – А.Ф.*), який керується вихідними даними архітектора, енергоаудитора та будівельними нормами України.

Дослідженням в сфері енергозаощадження, абстрагувавшись від існуючих парадигм, вдалося виявити основні закономірності фізичного процесу, що і було покладено в основу даної роботи.

За результатами дослідження запропоновані конструктивні умови створення «технологічних карт», які відповідають категорії «А» енергоефективності (будинки з близьким до нульового рівня споживання енергії).

Наукова новизна одержаних результатів

Даною роботою запропонована модель саме компенсації енергії, на основі так званої («Теорії компенсації». - А.Ф., В.Ф., Л.Ц., Н.С.) - заснованої на постулатах закону збереження енергії, яка дозволить аналізувати і прогнозувати вектори розподілення енергії в часі, допоможе зменшити помилки при проектуванні і будівництві, враховуючи нові терміни інформаційного характеру по відношенню до майбутньої концепції реалізації національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії.

Сформульовано («Правило) енергоефективності». – А.Ф.).

Проблематика розкрита без залучення фахівців санітарно-гігієнічного напрямку та доказано, що будівельна галузь повинна залучати фахівців відповідного напрямку для вирішення спільних задач.

Тому подальші дослідження мають бути тільки спільними.

Практичне значення одержаних результатів.

Проведені дослідження та отримані результати можуть бути рекомендовані проектним та будівельним організаціям.

Авторське конструктивне рішення щодо непрозорої огорожувальної конструкції з мінеральних будівельних матеріалів може бути запропоновано для практичного застосування на об'єктах будівництва.

Апробація та публікація результатів магістерської роботи.

Апробація

1. Тези доповіді «Вплив вологи на фізико-технічні властивості конструктиву будівель, зведених з мінеральних матеріалів» Сумський Національний аграрний Університет. - Всеукраїнська наукова конференція

студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента. Для викладачів, студентів, аспірантів. – (14-18 листопада 2022 р.). – Суми, 2022. – (збірник тез стор. 139).

Фесенко А.П., студ. 1 курсу ОС «Магістр», спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія», Людмила Циганенко к.т.н., доцент кафедра будівельних конструкцій Сумського Національного аграрного Університету

2. Тези доповідей «Введення в теорію компенсації». Фесенко А. П., здобувач ОС «Магістр», Циганенко Л. А., к. т. н., доцент, Срібняк Н. М., к. т. н, доцент Сумський національний аграрний університет I Міжнародна конференція "Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захисту довкілля". Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка". (21 вересня 2023 р.). – Полтава, 2023. – (збірник тез стор. 29).

3. Тези доповідей «Наука Системотехніка - крок у майбутнє» Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів, присвячена міжнародному дню студента. 17 листопада 2023 року. Фесенко А. П., здобувач ОС «Магістр», Циганенко Л. А., к. т. н., доцент, кафедра будівельних конструкцій

Публікація

1. ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ Андрій Фесенко здобувач СО «Магістр», Людмила Циганенко к.т.н., доцент Міжнародна науково-технічна on-line конференція "ПРОБЛЕМИ БУДІВЕЛЬНОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ" (23-24 травня 2023 року), <https://www.kntu.kr.ua/?view=science&id=4>

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

2.1 Постановка питання

В більшості розвинених країн оптимізація показників енергоефективності будівель виконується на стадії проектування.

Враховуючи, що 80% будівель в Україні не відповідає сучасним нормам, тому аналіз показників енергоефективності проводиться на стадії експлуатації, для вже діючих будівель, що має свої особливості.

Світові тенденції розрахунку питомої енергопотреби будівель (показник енергоефективності) направлені на зменшення часових інтервалів (наприклад, година).

«Гармонізація кращих європейських підходів з умовами України - є одним з основних кроків. Динамічні моделі на базі програмних продуктів та стандартів, які широко використовуються провідними енергоефективними країнами світу, достатньо дослідженні для їх кліматичних умов. Таких системних порівнянь для будівель, які знаходяться в зоні різкоконтинентального клімату (кліматичні умови України) проведено не було» [7]. Що є підставою для подальших наукових досліджень.

В умовах ефективного використання енергоносіїв (регулювання опалення, та охолодження) потреба в опаленні та охолодженні повинна розраховуватися з урахуванням погодинної зміни кліматичних характеристик, що не можливо реалізувати в стаціонарних моделях з урахуванням життєвого циклу будівель.

Будівельне виробництво не може стояти осторонь інших сфер і технологічних рішень.

Показником енергоефективності в інших сферах технологій, в світовій практиці, є кількість спожитого енергоресурсу з приведенням до ККД (коефіцієнт кінцевої дії) або ККЯ (коефіцієнт кінцевої якості) які мають бути максимальними та оптимальними.

Автопром є цьому найкращий приклад, для проведення аналогії.

(Маючи в своєму арсеналі передову дослідницьку лабораторію, Формула 1, інженери мають можливість перевіряти свої технологічні надбання на пікових режимах експлуатації в тривалому часовому інтервалі. На порозі 2000-х років, коли почали підіймати питання стосовно зменшення кількості викидів m_{CO_2} в атмосферу, провідні компанії Європи перейшли на концепцію зменшення об'ємів двигунів внутрішнього згорання, чим в свою чергу значно зменшили кількість викидів CO_2 .

Але прорахувалися. Не врахували життєвий цикл товару. Двигуни мали менший мотороресурс в часі, і це в свою чергу призвело до здорожчання кінцевого продукту, оскільки вартість утилізації повернула викиди CO_2 на попередній рівень.

Японська консервативність в цьому питанні залишилася в виграві. Бо японські інженери це питання вирішили за допомогою передавального числа механічної системи трансмісії, не втручаючись в сталу модель добре зарекомендувавших себе двигунів. Так, збільшивши передавальне число трансмісії з 4 до 8 ступіней, вдалося зменшити кількість спожитого палива на 30%-40%, без втрати потужності, чим значно збільшили загальний ККД системи, та зменшили викиди CO_2 . Це є інженерний метод, який є кроком вперед. – А.Ф.).

Ці надбання науки і техніки добре свідчать про те, що розглядати і розраховувати та прогнозувати характеристики замкнутої системи поодиноці без врахування життєвого циклу товару не можна.

Тому технологічно параметри енергоефективності в житловому та громадському секторі в подальшому будуть розглянуті у вигляді моделі аналізу і прогнозування на весь життєвий цикл будівлі, як цього вимагає законодавство.

Саме тому на всіх освітніх заходах, на яких було взято участь, а це Сумський національний аграрний університет, Міжнародна конференція в Кропивницькому, I міжнародна конференція в Полтаві, зазначалось, що (основою вартості будівель або споруд має бути виключно вартість

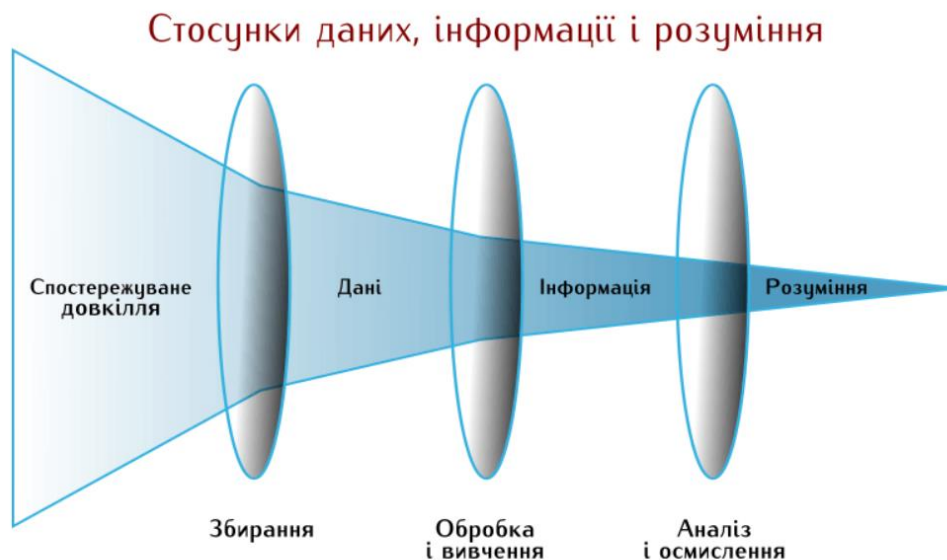
життєвого циклу. – А.Ф.) Туди входять і проектування, і будівництво, і подальша експлуатація і утилізація.

Чи можливо досягти цього сьогодні в Україні? Моя відповідь — так! Було б бажання і громадян, і урядовців, а фахівці готові підставити плече і надати точні наукові поради та допомогу.

2.1.1 Вихідні дані.

Для врахування вище перелічених шуканих величин, потрібні (вихідні дані. – А.Ф.), які є основою для якісного розв’язання поставленої задачі.

Показником якості розв’язання поставленої задачі є інформація, а саме, правильне її сприйняття для визначення вихідних даних.



Адаптовано з: U.S. Joint Chiefs of Staff diagram of the relationship between data, information and intelligence JP2-0, 2013.

Рисунок 2.1 Стосунки даних, інформації і розуміння

(Метою аналізу даних є знання про об’єкт дослідження - виявлення корисної інформації, знайдення висновків, врешті, розумне (зважене) прийняття рішень.

Будь-яке проектування і перевірка розрахунками має відбуватися на базі чинних будівельних норм. Тому для визначення вихідних даних, які є основою якісного розв’язання задачі потрібно проаналізувати нормативні акти і нормативні документи в сфері енергоефективності та будівельних норм. – А.Ф.).

Враховуючи, що аналіз даних може мати багато аспектів та підходів, реалізовуватися за допомогою різних інструментів - в тому числі математичних, статистичних, за допомогою різноманітних способів візуалізації, але головне завдання, яке ставиться перед роботою - стиснення інформації.

2.2 Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для того щоб зрозуміти стан проблем в сфері енергоефективності проведено детальний аналіз публікацій для розуміння поглядів на проблематику. В 2013 році статтю [8] послідовно та зрозуміло викладено погляд на енергоефективність. Роботою [9] зроблено висновок, що «енергоспоживання будівель значно залежить від критеріїв мікроклімату приміщень (температура, вентиляція і освітлення) та будівель (включаючи системи), що використовуються при проектуванні та експлуатації». Роботою [10] проведений детальний аналіз будинків на 2020 рік, зокрема, «для всіх житлових будівель, представлених у відкритій базі енергетичних сертифікатів, показник питомого енергоспоживання становить 163,87 кВт·год/м², що є вдвічі більшим за середнє значення у країнах Європи, тому потенціал зниження споживання енергії, а також викидів вуглекислого газу у будівельному секторі України є суттєвим». Проблематикою займалися [11, 12]. Пошуком якісного співвідношення до поглядів енергоефективності наведено в роботах [13-23] та інші.

Концептуально тематика щодо будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії малодосліджена. Тим не менше в Україні діє розвинена структура державних норм, згідно з якими проектується, будуються, експлуатуються будинки в яких ми мешкаємо.

2.3 Термін енергоефективність.

(Зовнішнє джерело інформації – це складний механізм протиріч. В більшості випадків це пов'язано з багаторівневою системою подачі інформації, але в багатьох випадках вона є прогнозованою самим джерелом інформації.

Але тим не менше все зводиться до «існуючого балансу» цей термін, який мною введений, для розуміння постановки задачі в природі яка нас оточує.

Фактично ми знаходимось в векторах потоку інформації, яку можна пояснити і правильно оцінити за допомогою однієї фізичної величини – швидкості розповсюдження вектору інформації (приймати енергетичне рішення потрібно зараз, але, як проаналізувати, що це рішення є оптимальним - вибір).

Джерелом «існуючого балансу» - є вільний ресурс (кошти) за допомогою якого ми хочемо і можемо вирішувати задачу. Тож для правильного вирішення будь-якої задачі першочергово треба правильно скласти умову задачі, в кількісному і якісному вираженні вхідних величин, функцій і їх залежних.

В цьому нам допоможе «існуючий базис» отриманий освітою, колом спілкування, статистикою а подекуди навіть інтуїцією прийнявши «зовнішнє джерело», як базис отриманих знань. – А.Ф.).

Перш ніж розпочати дослідження енергоефективності, як термін, пропоную визначитись з морфологією слова (вивчення явища, що характеризують граматичну природу слова). Термін є іноземно запозичений.

Енергоефективність (energy efficiency) так ми його знаходимо в більшості літературних джерел та наукових статей.

- Efficiency [i'fiʃəntsi] чи effectiveness [i'fektivnəs],
- Energy affect [e'fekt] чи energy effect [i'fekt],
- energy performance [pə'fɔrmənts] як правильно?

«Ефективність (efficiency) - це скорочення витрат і ресурсів, необхідних для виконання тактичних завдань» [24].

«Результативність (effectiveness) - це досягнення концептуальних цілей, які відповідають стратегії та приносять більше прибутку. Часто підвищення результативності природно призводить до підвищення ефективності» [24].

Річ у тім, що під час фонетичного сприйняття на слух, обидва слова, прибравши energy, можна сприйняти, як вплив – affect. Але під час

морфологічного дослідження, та визначення - affect- [e'fekt] – впливати, а effect- [i'fekt] – результат.

Також існує і інше визначення - продуктивність (performance).

Яке визначення призведе до оптимального рішення, а яке ні?

Під час проектування помилки бути не повинно - основні вимоги до будівель і споруд є безпека і доступність при експлуатації з конкретизацією у будівельних нормах, нормативних документах, які і допоможуть нам з цим питанням визначитись.

В стандарті [4], є визначення терміну – «енергоефективність» означає співвідношення між вихідною кількістю отриманих результатів діяльності (продуктивності), послуг, товарів або енергії та вхідною спожитою енергією» [4].

Стандартом ДСТУ Б EN 15217:2013 «Determine the values of the energy performance (енергетична продуктивність) of the building EP. – Визначення значення енергетичної ефективності будівель EP» [25].

Відповідно до закону України [1], «енергетична ефективність» - кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході» [1].

Але як би ми його не трактували, результат дії все одно зведеться до одного параметра згідно з вимогою до показника енергоефективності: енергопотреба, енергоспоживання, первинна енергія, (рисунок 2.2), бо результатом дії повинен бути (енергетичний результат. – А.Ф.) – energy effectiveness - енергозаощадження.

Енергопотреба, Енергоспоживання, Первинна енергія:



Рисунок 2.2 Вимоги до показників енергоефективності

Висновок до глави.

Враховуючи неоднозначність сприйняття та методів розв'язання поставлених цілей, логічним є моделювання архетипу, залежно від потреб пропонованого проекту та інформації, яка доступна на попередньому етапі.

Наприклад, цільовий об'єкт може бути значно більшим, ніж розмір за замовчуванням, змодельований в архетипі. Або користувач може віддати перевагу квадратним метрам чи встановити критерієм «комфорт», додати фінансові стимули чи встановити амбітні цілі з енергоефективності.



Рис. 2.3 Ланцюг постановки задачі

Це все є непростю задачею для проектувальника, бо потрібно знайти взаємозв'язок між технічними, економічними, екологічними та соціальними заходами життєвого циклу будівель і при цьому не помилитися.

(При цьому забезпечити стійкість теплоізолюючих зовнішніх огорожувальних конструкцій за морозостійкістю, вологостійкістю, біостійкістю, стійкістю до корозії, високої температури, спровокованих циклічними температурними коливаннями та іншими руйнівними впливами навколишнього середовища, а також розробленням відповідних конструктивно-технологічних рішень. – А.Ф.)

2.4 Основні терміни та визначення

«Вибір оптимальних теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій будівель дозволяє виключити утворення конденсату на внутрішній стороні, а також установити вологісний режим, що сприятливо впливає на теплозахисні властивості огороження та експлуатаційні характеристики будівельної конструкції в цілому»[26].

«До основних експлуатаційних характеристик цивільних будинків відносяться довговічність, надійність та економічність»[26].

(Процедура дослідження "енергетичної компенсації" будівель зводиться до задачі оптимізації та управління системами з розподіленими параметрами.

Її основні етапи наступні:

- виявлення фізичних особливостей реакції системи;
- розробка та обґрунтування математичної моделі;
- розробка та вибір методів і засобів для розв'язання та реалізації сформульованих задач;
- дослідження математичної моделі (перевірка працездатності (адекватності) запропонованої математичної моделі, алгоритмічний розрахунок тепловологісного стану реального об'єкта);
- оцінка отриманих рішень за сукупністю вимог до досліджуваних процесів, станів та методів управління ними;
- вибір раціональних конструктивних рішень і режимів експлуатації, а також визначення оптимальних параметрів досліджуваної системи. – А.Ф.)

В одних випадках заміна більш енергоємних конструкцій будівель, що захищають, на менш енергоємні дає позитивний ефект. В інших, навпаки, така заміна менш енергоємних на менш енергоємні та довговічні також може дати економію енерговитрат.

Саме вони й становлять сутність теплового проектування та теплофізичних розрахунків. Тільки при спільному розгляді впливу енергоємності, довговічності та теплозахисту компонентів будівельної продукції

можна отримати економію енергії протягом тривалого (більше 100 років) терміну служби будівлі.

До сучасних будівельних об'єктів застосовуються підвищені вимоги як до безпеки так і до комфорту, який є суттєво важливим для мешканців приміщень. Забезпечити комфортні умови перебування людини в приміщенні можливо тільки за рахунок комплексного підходу нормалізації параметрів мікроклімату які включають об'ємно-планувальні, виробничо-технологічні, санітарно-гігієнічні та медико-біологічні рішення [27].

Україна має розвинуту структуру будинків і споруд - тільки житловий фонд становить близько 1 млрд. м², та є одним з найбільших споживачів енергоресурсів після промисловості.

Показником якості розв'язання поставленої задачі є (*вихідні дані*. – А.Ф.), а саме інформаційні терміни за сукупністю системного підходу.

«Енергозаощадження – це практика використання меншої кількості енергії з метою зниження витрат і впливу на навколишнє середовище» [3]. Це означає зменшення використання електроенергії, газу чи будь-якої іншої форми енергії, яку ми отримуємо від комунального підприємства та за яку платимо.

Компенсація енергії - відшкодування, зрівноважування недостатньої кількості додатної або від'ємної температури, як числове вираження кількості енергії, для забезпечення сталих комфортних умов в замкнутому контурі.

Замкнутий контур - вперше цей термін зустрічається в архітектурно будівельному розділі будівельної фізики, який можна визначити «як (площа приведена до об'єму»[25], яку ми створюємо для комфортних умов, при яких можливі режими компенсації енергії без шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу.

«Енергія – це скалярна фізична величина, загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії»[29]. Одиниці виміру – Дж, ккал, кВт·год, Вт·год. В буденному і повсякденному житті ми легше сприймаємо Вт·год (Ватт-година), тому в розрахунках її приймемо за основу.

«Енергія не виникає ні з чого і нікуди не зникає, вона може тільки переходити з одного стану в інший (закон збереження енергії)»[29].

«*Існуючий баланс*» це термін який мною введений для розуміння постановки задачі в природі яка нас оточує. Фактично ми знаходимось в векторах потоку інформації, яку можна пояснити і правильно оцінити за допомогою однієї фізичної величини – швидкості розповсюдження вектора інформації.

Елементарний кластер – це мінімальний об'єм прошарку енергії, приведений до 1 м³ поверхні в 1 м².

Вектор розподілу енергії – хаотична або керована по відношенню до напрямку величина, яка характеризується кількістю енергії в проміжок часу. Вимірюється градієнтом температури – grad (T).

Момент компенсації – проміжок часу (календарний місяць, день, година на кліматичному графіку), коли система урівноважується з зовнішнім контуром. Компенсація енергії не потрібна.

Кліматичний графік (тепловий пояс) - смуги з певними температурами повітря, які різняться між собою за кількістю тепла.

«*Енергетичне рішення*» - норма споживання енергії, унормована нормативними актами і нормативними документами у відповідності до класів енергоефективності «А-Г».

За сучасними уявленнями будь-яка фізична система є квантовою, включно з Всесвітом.

Висновок до глави.

Зміна технологічних умов опалення будинків, що обумовлена необхідністю максимального енергозбереження, привела до виникнення в масовому порядку дискомфортних умов експлуатації житлових будинків - наявності низьких температур повітря, підвищеної вологості, канцерогенних грибкових утворень на внутрішній поверхні будівельних конструкцій та у повітряному просторі приміщень.

Ці питання вимагають негайного вирішення через їх велику соціальну значимість [30] і при аналізі експлуатаційних властивостей будинків слід забезпечувати не енергозбереження і не енергоефективність а енергозаощадження, що постулюється з [3].

2.5 Еволюція показників енергетичної ефективності будівель

«Згідно зі світовою практикою, що зафіксована у Регламенті ЄС 305/2011 (Construction Products Regulation, CPR), який є нормативним актом Європарламенту і Європейської Ради і який заміняє Директиву 89/106/ЕЕС (Council Directive 89/106/ЕЕС – Construction Products Directive, CPD), існує сім основних вимог безпеки для будівель та споруд. Шостою обов'язковою вимогою безпеки є вимога з енергозбереження та енергоефективності – будівлі і споруди, їх системи опалювання, охолодження, освітлення та вентиляції мають бути запроектовані і побудовані таким чином, щоб кількість енергії, що використовується під час експлуатації, була низькою, з урахуванням потреб мешканців та кліматичних умов місця розташування будівлі або споруди»[31].

«Енергоефективні будівлі як новий напрямок в експериментальному будівництві з'явилися після світової енергетичної кризи 1974 року. Вони стали відповіддю на критику спеціалістів Міжнародної енергетичної ефективності (МІРЕК) ООН про те, що сучасні будівлі мають великі резерви підвищення їх теплової ефективності, але науковці недостатньо вивчили особливості формування їх теплового режиму, а проектувальники не вміють оптимізувати потоки тепла й маси в огороженнях і будівлях. У тій же доповіді фахівців МІРЕК була сформульована головна ідея економії енергії: енергоресурси можуть бути використані більш ефективно завдяки застосуванню заходів, які здійснені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з екологічного та соціального поглядів, тобто викликає мінімум змін звичного способу життя»[12].

Людство з давніх часів використовує енергію в різних формах. Для забезпечення власної потреби та життєдіяльності нам потрібна енергія. Тому,

хочемо чи не хочемо, споживати рано чи пізно доведеться, але в якій кількості.

У зв'язку з цим виникає ціла низка запитань:

- чи ефективно ми використовуємо енергію?
- чи потрібно нам її так багато?
- чи можна не підвищуючи рівня виробництва енергії суттєво підвищити ефективність її використання?
- чи можна зменшити вплив на довкілля, використовуючи нові більш чисті технології способи одержання енергії і продуктів будівництва?

Досвід розвитку світової спільноти останніх двох десятиліть свідчить про те, що можна знайти позитивні відповіді на ці питання.

Перехід будівельної галузі на енергозберігаючі технології дає змогу знизити не лише витрати тепла на одиницю продукції, а й підвищити продуктивність праці в галузі.

При цьому необхідно враховувати ту обставину, що енергоємність, рівень теплозахисту та охолодження, довговічність та експлуатаційна придатність в межах санітарних норм продукції будівництва тісно пов'язані між собою, тому енергетична ефективність галузі загалом залежить від сумарних витрат енергії при будівництві будівель та їх експлуатації.

Життєвий цикл будівель безпосередньо залежить від життєвого циклу матеріалів, що застосовуються при будівництві.

Будівельні матеріали та конструкції майбутньої будівлі визначаються на стадії проектування. При цьому важливим критерієм відбору є їхня енергоефективність «динамічних теплових характеристик конструктивної системи будівельного об'єкта»[32], що призведе до енергозаощадження, у тому числі витрати енергоресурсів на їхнє виробництво.

Основними будівельними матеріалами, з яких будуються будівлі, є скло, бетон, цегла (керамічна та силікатна), ніздрюваті бетони автоклавного виробництва, керамічні блоки, дерево тощо.

В'язучі компоненти в основному складаються з цементних в'язучих, кварців, вапна, будівельного гіпсу, крейди з додаванням пластифікуючих та модифікуючих добавок тощо.

Наявність великої кількості факторів, що впливають на енергетичну ефективність будівель, а також необхідність обліку всіх видів енергетичних ресурсів, що споживаються та виробляються будівлею як єдиною енергетичною системою, зумовили необхідність аналізу та класифікації показників енергетичної ефективності будівель.

З метою формування класифікації, проаналізовано еволюцію показників, що регламентують енергетичну ефективність будівель з моменту появи перших показників у 1991 році і до нашого часу.

2.5.1 Перша зарубіжна енергоефективна будівля

Перша зарубіжна енергоефективна будівля була побудована в США в штаті Нью-Хемпшир м. Манчестер у 1972 (рисунок 2.4).

«Його функціональне призначення (Офісне приміщення адміністрації Архітектури):

- адміністративне, площа 15600 кв.м, кількість поверхів - 6,
- опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій, що захищають $0,53 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, покриття $1,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, вікон $0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Енергетичну ефективність даної будівлі формували такі фактори:

- мінімальна площа поверхні будівлі (куб);
- невелика площа скління (10%);
- світло забарвлена покрівля (низький коефіцієнт поглинання сонячної радіації);
- незасклена північна сторона;
- вертикальні та горизонтальні сонцезахисні пристрої для вікон.



Рисунок 2.4 - Енергоефективна будівля (США Нью-Хемпшир, м. Манчестер, 1972)» [33]

2.5.2 «Пасивний будинок»

«В результаті досліджень в співпраці професора Бо Адамсона з Лундського університету (Швеція) та будівельного фізика Вольфганга Файста, який працював в Інституті Житла та довкілля Дармштадт (Німеччина) був побудований перший у світі «пасивний будинок», як пілотний проект, в місті Дармштадт у 1991 році.

Ця будівля була також першим житловим багатоквартирним будинком у Європі, в якому документально підтверджено споживання теплової енергії нижче 10 (кВт/год)/м² рік. Рівень споживання підтверджений багаторічним ретельним моніторингом – засновником Інституту Пасивного Будинку.

Можна віддати належне цьому новаторському проекту професора Вольфганга Файста: у той час, коли мало хто думав про захист клімату, він проклав шлях до енергоефективності будівель, як інструмента для вирішення глобальних проблем клімату і енергетики.

Теоретичний доказ здійснення таких будинків був представлений Вольфгангом Файстом за допомогою комп'ютерного моделювання

енергетичного балансу будівель у дисертації «Пасивні будинки в Центральній Європі» [34].



Рисунок 2.5 «Пасивний будинок» Дармштадт (Німеччина)

В основу, поміж іншого, вкладалося те, що зігрівати такі будинки можна за допомоги сонячної енергії, що надходить через вікна, а також за рахунок мінімального нагрівання свіжого повітря, яке контролюється системою вентиляції.

П'ять важливих складових пасивного будинку:

- виключно високий рівень теплоізоляції;
- добре ізольовані віконні рами з потрійним низько енергетичним склом;
- позбавлена теплових містків конструкція будівлі;
- герметична оболонка будівлі;
- комфортна вентиляція з ефективною рекуперацією тепла»[35].

2.5.3 ЄС та Україна

В ЄС усі нові будівлі з 2020 року мають відповідати вимогі «0 споживання», а кожна нова будівля, або певний перелік існуючих будівель (під час продажу, у разі оренди, громадські будівлі та ін.) повинні мати енергетичний паспорт.

Україна, як держава, з цього приводу теж не «пасе задніх», а активно змінює нормативну базу, активно застосовує енергозберігаючі технології,

стимулює збільшення кількості альтернативних джерел виробітку/споживання енергії, які сприяють зменшенню питомих витрат теплової енергії для забезпечення мікрокліматичних характеристик будівель щодо мешканців та відвідувачів будівель, що є послідовністю ланцюгів до зменшення викидів CO₂, та зменшення спожитої первинної енергії.

В Україні системна робота з нормування принципів проектування будівель за показниками енергоефективності ведеться з 2006 р., коли були прийняті ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

«Методологія нового покоління державних будівельних норм з енергоефективності реалізує на технічному рівні положення Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку», Закону України «Про будівельні норми»»[31].

І це є послідовна робота імплементації і ратифікації європейських норм.

Європейські норми добре і ми повинні до них іти, адаптуватися до них, але з іншого боку ці норми ставлять досить високі планки для наших виробників.

Головна задача витримати цю планку і не знижати а підвищувати до якості робіт, якості виготовлення матеріалів, сировини і якості взагалі життя в нашій країні. Ми як будівельники в цьому ланцюгу далеко не останні, а в першу чергу повинні сприяти безпеці, якості життя.

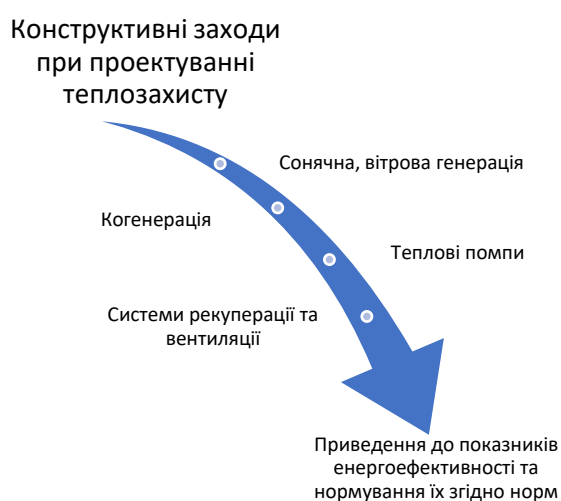


Рисунок 2.6. Усталені заходи приведення до показників енергоефективності

2.5.4 Класифікація житла (за комфортом).

«Будь-який будинок повинен відповідати таким основним вимогам:

1) функціональній доцільності, тобто будівля повинна цілком відповідати тому процесу, для якої вона призначена (зручність проживання, праці, відпочинку тощо);

2) технічній доцільності, тобто будинок повинен надійно захищати людей від зовнішніх впливів (низьких чи високих температур, опадів, вітру), бути міцним і стійким, витримувати різні навантаження, і довговічним, зберігаючи нормальні експлуатаційні якості в часі;

3) архітектурно-художній виразності, тобто будинок повинен бути привабливим по своєму зовнішньому (екстер'єрі) і внутрішньому (інтер'єру) виду, сприятливо впливати на психологічний стан і свідомість людей;

4) економічній доцільності, що передбачає найбільш оптимальні для даного виду будинку витрати праці, засобів і часу на його зведення. При цьому необхідно також поряд з одноразовими витратами на будівництво враховувати і витрати, зв'язані з експлуатацією будинку»[36].

В Українських нормах на сьогоднішній день нормативної класифікації житла, як такої, не існує, окрім:

- «житло I категорії – житло з нормативним нижнім і ненормативним верхнім межами площ квартир та одноквартирних житлових будинків (чи котеджів), які забезпечують рівень комфорту проживання не нижче за мінімально допустимий.

- житло II категорії – житло з нормативними нижніми і верхніми межами площ квартир та житлових кімнат гуртожитків відповідно до чинних санітарних норм, які забезпечують мінімально допустимий рівень комфорту проживання»[37].

Класифікація є умовною одиницею. Але якщо ми візьмемо загальну класифікацію, яка введена ріелторами з 2010 року – це економ, комфорт, бізнес і еліт класи (Додаток А), які не нормуються.

Як проєктанти і будівельники, ми повинні мати уявлення, чим відрізняються ці класи за конструктивною особливістю і за підбором матеріалів, та за умовами комфорту, бо початковий етап будь-якої будівлі є проєктування.

У країнах Євросоюзу створено потужну нормативно-правову базу з розвитку енергоощадних технологій та підвищення енергоефективності у будівельному секторі. Всебічна підтримка використання енергії від поновлювальних джерел та енергоощадних технологій при будівництві нових об'єктів і модернізації існуючих, регулювання обсягів споживання і використання палива.

Все це стає сьогоднішнім для України, послідовна законодавча імплементація та ратифікація нормативної бази ЄС в українське законодавство сприяє цьому питанню.

Якщо повернутися, хоча б 15 років назад, то в нас була класифікація будівель за призначенням, за поверховістю, за конструкцією стін і т.д. (Додаток Б).

«Клас будівлі визначається при складанні завдання на проєктування замовником, згідно вказівок Держстандарту України. Будівлі поділяють на класи для того, щоб вибрати економічно доцільне рішення»[11].

Сьогодні ми вже маємо, додатково до існуючих, інші критерії класифікації, саме за класами енергоефективності, а це вже оцінка вартості і якості будівництва.

2.5.4.1 Клас енергоефективності.

Характеристика будівлі, що відображає енергетичну ефективність, тобто визначення відхилення питомої витрати теплової енергії на опалення та охолодження від нормованої.

«Енергетичний клас – спрощений для розуміння показник для позначення енергетичної ефективності будівель»[27].

Для практичного застосування та визначення енергетичного класу в інших галузях споживання енергетичних ресурсів та приведення до

конкурентоспроможності соціально-економічних систем в умовах сталого розвитку, потрібно провести аналогію з енергоефективністю побутової техніки.

Враховуючи темпи зростання цін на ресурси, час враховувати не тільки бренд, технічні можливості та дизайн нового побутового електроприладу, але й рівень енергоефективності.

«Для побутової техніки, якою ми користуємось кожного дня енергоефективність - це показник того, наскільки раціонально використовується енергоресурс. Чим менше витрачається на досягнення певного результату, тим вище показник енергоефективності.

Важливо розуміти, що порівнювати між собою клас енергоспоживання пральних машин з холодильником або телевізором не можна. Для різних груп обладнання шкала розраховується за різними критеріями (наприклад, для пральних машин беруть витрати електроенергії на прання 1 кг білизни, а для телевізорів співвідношення споживаної потужності до розмірів екрану)»[38].

Але щодо позначення, то це букви латинського алфавіту від А (на зеленому фоні) до G (на темно-червоному): що ближче буква до початку алфавіту, то ефективніше енергоспоживання, визначається за [39], що встановлює рамки для енергетичного маркування.

«Клас енергоефективності говорить не тільки про «апетит» побутових приладів, а й в загальному рівні про технологічність. Новаторські технології та передова конструкція працюють на зростання ККД прямим чином»[38].

В будівельному виробництві «критерієм класифікації енергоефективності є енергетичний баланс теплоізоляційної оболонки будівлі»[32]. З 01.01.2009 р. в Україні в практиці проектування є обов'язковим складання «Енергетичного паспорта будинку».

Клас енергетичної ефективності будинку позначається латинськими літерами «А», «В», «С», «D», «Е», «F», «G»; причому літера «А» відповідає будинкам з найкращими показниками енергетичної ефективності, а «G» – будинкам, що мають найгірші показники.

В основу класифікації будинків за енергетичною ефективністю покладено рівень відносного відхилення розрахункових та нормативних значень питомих витрат теплової енергії на опалення та охолодження.

Згідно закону [2] енергетичний сертифікат виготовляється атестованим енергоаудитором [40] з використанням Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва [41], та внесені сертифікати до бази Держенергоефективності [42]. Тому вихідні дані [41] енергоаудитора є вхідними даними для конструктора.

Висновок до глави.

Системний підхід до формування енергозаощадження будівель протягом життєвого циклу передбачає управління енергозберігаючими характеристиками будівель та факторами, що визначають енергетичну ефективність.

Починаючи з 1974 року до сьогодні, енергоефективність стала невід'ємною складовою нашого життя. Вже з 1991 року були сформовані признаки і кінцеві цілі які є досяжними. А саме, зважені кількісні показники споживання теплової і первинної енергії в розрахунку виконаної роботи в рік.

2.6 Світові тренди у будівництві

Киотський протокол [43] і Паризька хартія [44], викиди вуглекислого газу в атмосферу і, як наслідок, виникнення парникового ефекту – все це гуртує світових лідерів навколо заходів енергозаощадження. А для України це ще і питання національної безпеки.

Тріада, на якій тримаються світові тренди у будівництві лежать в розрізі застосування:

1. енергоефективних технологій,
2. відновлювальних джерел енергії,
3. посилені вимоги до комфортності, екологічності й енергоефективності споруд.

(Питання енергоефективності екологічності та комфортного мікроклімату є невід'ємними. – А.Ф.)

Врахування «параметрів теплового режиму будівлі при визначенні енергоефективності здійснюється шляхом теплотехнічного розрахунку на стадії проектування будівлі чи введення в експлуатацію при розробці енергетичного паспорта»[2].

З введенням в дію Директиви та Національного плану пройшло переосмислення енергоефективності до енергозаощадження є, таким чином, потужним імпульсом до «вивчення проблеми мікроклімату та кліматизації будівлі»[31].

«Якість мікроклімату – здорові будівлі, збереження навколишнього середовища – «sustainable building», раціонального використання не тільки енергоресурсів, а й інших видів ресурсів, споживаних будинками протягом життєвого циклу»[3].

2.6.1 Життєвий цикл будівлі, планування терміну експлуатації

Будівля, зазвичай, належить до довгострокових капітальних інвестицій. Буває так, що початковий власник має намір використовувати її лише обмежений період часу.

Планування строку експлуатації може сприяти прийняттю таких проектних рішень, які покращать перспективи продажу будівлі в майбутньому або її повторного використання наступними власниками, збільшуючи в такий спосіб залишкову вартість цієї будівлі. Подовження строку експлуатації будівлі та зменшення обсягів робіт із технічного обслуговування і замінювання її компонентів забезпечують також досягнення сталого розвитку та збереження обмежених ресурсів власника.

Якщо для будівлі буде виконано планування терміну експлуатації, його результати міститимуть детальну інформацію, яка уможливить надалі спланувати та змінити призначеність будівлі.

2.6.1.1 BIM (Building Information Modeling) - процес оптимізації проектування і будівництва.

Тотальний перехід на BIM у майбутньому неминучий.

«ВІМ виходить за межі проектування і нерозривно застосовується для:

- виробництва, експлуатації, діагностики будівель,
- слугує інформаційним кластером наповнення відомостями щодо взаємодії між системами будівлі, моделей їх деградації у реальних умовах, даних щодо ергономіки, екології при експлуатації та утилізації,
- виникнення або прогнозування небезпечних змін в умовах експлуатації, які загрожують змінити проектні навантаження, впливи,
- оцінювання чи прогнозування строку служби компонентів будівлі, що позитивно впливає на строк експлуатації всієї будівлі в цілому»[45].

Всі ці етапи можна представити у вигляді замкнутого кола, який і характеризує розуміння життєвого циклу будівлі (рисунок 2.6).

Життєвий цикл самої будівлі і життєвий цикл будівельних матеріалів, як складових будівельної конструкції є взаємопов'язаними референтним строком експлуатації.

В [46] описано джерела, з яких може бути використано дані для визначення референтного строку експлуатації.

«Референтний строк експлуатації – це очікуваний строк служби компонента за певного набору умов. Дані референтного строку експлуатації, як виявлено на практиці, рідко може бути використано із задовільним результатом, оскільки специфічні умови експлуатації об'єкта»[46].

«Проектування відрізняються від умов експлуатації, які було прийнято для референтного строку експлуатації. Тому проектувальник має визначити відмінності між референтними умовами експлуатації та умовами, застосовними до об'єкта проектування, а також установити наслідки їх впливу на строк експлуатації»[46].

В [47] докладно описано методику, відому як метод коефіцієнтів, яку засновано на простому принципі, за якого, щоб отримати значення оцінюваного строку експлуатації для конкретних умов, потрібно врахувати умови конкретної

ділянки будівництва чи експлуатації коригуванням референтного строку експлуатації.

Сам же референтний строк експлуатації є послідовністю економічних показників. Так як будівельна діяльність завжди є інвестиційною. «Інвестування - це вкладання вільних фінансових ресурсів сьогодні з метою отримання стабільних грошових потоків у майбутньому, тобто вкладення грошей у якісь активи на довгострокову перспективу»[31].

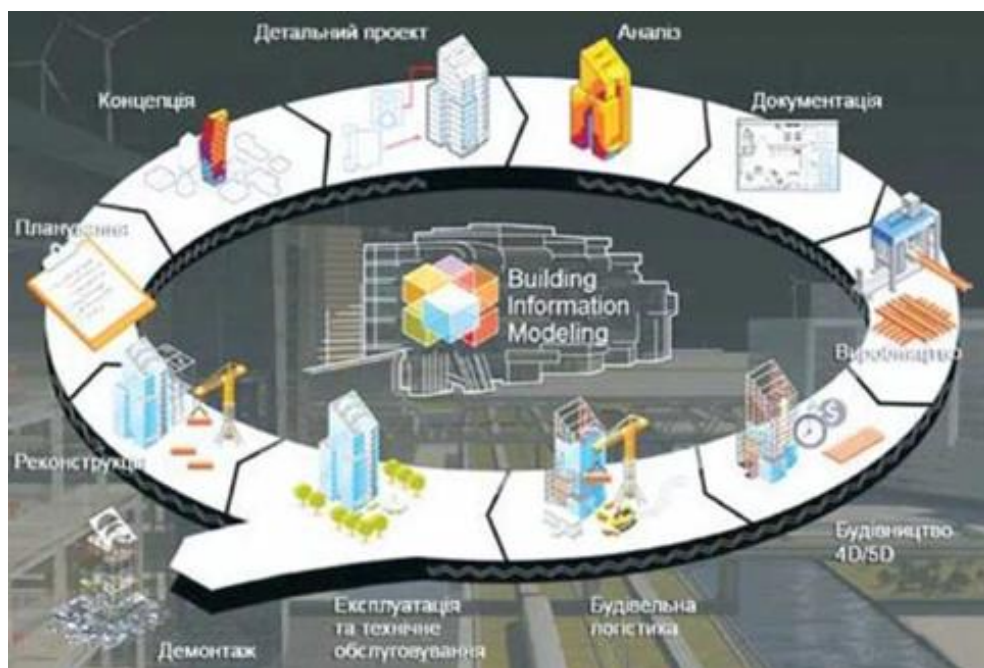


Рисунок 2.7 Основні процеси BIM [45]



Рисунок 2.8 Зміна ціни та можливостей внесення змін у проект із часом від початку проектних робіт при звичайному проектуванні та із застосуванням BIM [45].

Теорія життєвого циклу є логічним продовженням основних досягнень будівельної галузі.

Дійсно, для того щоб перейти до енергозаощадження, потрібно застосувати енергоефективні заходи, які у відповідності до розрахунку мають призвести до бажаного результату на весь термін життєвого циклу будівель.

Висновок до глави.

Життєвий цикл будівель складається з всіх етапів його існування. Задумка, проектування, зведення та експлуатація з послідуною утилізацією та вторинного використання будівельних матеріалів.

На всіх цих етапах повинна бути забезпечена безпечна експлуатація будинків, яка виключає відмови конструкцій по всім видам заявленої якості.

Безпека середи життєдіяльності людини, тварин, рослин у будівлях при експлуатації останніх має забезпечуватись термічною, біологічною та механічною безпекою без шкоди довкіллю.

2.7 Кліматичні складові

«Під час проектування захисних конструкцій слід докладно і детально враховувати усі можливі коливання та поєднання температурних і вологісних факторів зовнішнього середовища й механізми їх впливу на комфортні умови усередині приміщень»[effectiveness.

«Кліматом називають багаторічний режим погоди, що спостерігається у даній географічній місцевості і який зумовлений сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному шарі землі та атмосфері та пов'язаною з ним загальною циркуляцією атмосфери та океану»[49].

«Сукупність світлової, ультрафіолетової й теплової дії прямої сонячної радіації називають інсоляцією.

Теплообмін між земною поверхнею та атмосферою відбувається різними шляхами: радіаційний теплообмін, молекулярна теплопровідність, турбулентне перемішування, тепла конвекція.

Вологість повітря – є одним із найважливіших параметрів атмосфери, що визначає погоду, а також ступінь комфортності середовища існування.

Підвищена вологість істотно знижує теплозахисні властивості конструкцій будинків і споруд, тому показники вологості є обов'язковою складовою теплотехнічних розрахунків.

Причиною появи вітрів є нерівномірний розподіл тиску на земній поверхні»[49].



Рисунок 2.9 Кліматичні фактори, що впливають на будівлю

(Всі ці природні явища є елементами від яких безпосередньо залежить кількість енергії, яку потрібно компенсувати для задоволення мікрокліматичних характеристик замкнутого контуру. Саме природні явища є причиною фізичних процесів, з якими доводиться стикатися під час експлуатації будівель. Тому аналітика їх взаємопов'язаності є головною задачею розрахунку.)

Враховуючи, що зовнішню огорожувальну конструкцію ми створюємо раз – динамічно на неї впливати ми не можемо. Динамічно на зовнішню огорожувальну конструкцію впливають лише зовнішні кліматичні складові, які

в свою чергу активно впливають на замкнений контур – параметри мікроклімату. – А.Ф.)

Висновок до глави.

Некеровані впливи – зовнішні (зміна температури навколишнього повітря, якість палива і сировини, що надходять), внутрішні (порушення теплоізоляції, газощільність, зовнішнє і внутрішнє забруднення поверхонь), технологічні, які варто розглядати як причину зниження ефективності використання первинних енергетичних ресурсів у об'єкті управління для нормалізації витрат енергії.

2.8 Аналіз нормативних актів і нормативних документів

Будь-яке проектування і перевірка розрахунками має відбуватися на базі чинних будівельних норм. Тому для визначення вихідних даних, які є основою якісного розв'язання задачі потрібно проаналізувати нормативні акти і нормативні документи в сфері енергоефективності та будівельні норми.

2.8.1 Будівельна конструкція

В (Додатку В) проведено детальний аналіз нормативних актів і нормативних документів, якими встановлені критерії вихідних даних для конструктора. *(Після складання розрахункової схеми, для перевірочних розрахунків потрібні вихідні дані та фізичні скалярні величини, для достовірності розрахунків згідно нормами законодавства. – А.Ф.)*

Аналізу були піддані терміни: «утеплювач» (!), «утеплення» (!), будівельна конструкція.

Відповідно до Закону України [2] «енергоефективні заходи – це будівельні роботи, результатом виконання яких є підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель та/або зменшення показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами». Парадигма, яка має підґрунтя для сталого стратегічного розвитку у будівельному виробництві [27].

До сучасних будівельних об'єктів застосовуються підвищені вимоги до безпеки і комфорту. На сьогоднішній день, та на протязі останніх 17 років енергоефективні заходи перейшли в площину безпосередньої дії (аналіз та оптимізація), яка за допомогою наукового супроводу будівництва впроваджується. Але розмежованість науки і виробництва, не дає достатньої злагодженості в правильному напрямку щодо енергоефективності, які залежать від багатьох факторів.

Постановка питання.

Назва нормативу [50] – питання для конструктора.

На Міжнародній конференції в Кропивницькому це питання було відображене в тезах [27].

«Жодним нормативним документом не приведено наукового обґрунтування терміну «утеплення», яким фізичним законом воно описується, та більше того, якщо його застосовувати, то в яку математичну формулу фізичного явища його можна підставити для задоволення головного закону енергоефективності, яким в свою чергу є закон збереження енергії» [27].

За визначенням з [51] «утеплення - дія за значенням утеплювати і утеплитися. Утеплювати - робити теплішим, таким, який зберігає тепло». «Дослідами встановлено, що п'ятисантиметровий шар пухкого снігу утеплює поверхню ґрунту на 8—10 градусів [52]». Фактично маємо сезонну дію під час холодного періоду року.

В нормативних документах «утеплювач», як термін, теж відсутній. «Конструктивні системи створюються із застосуванням наступних матеріалів:

- теплоізоляційних (на основі мінеральних волокон, полімерів, природної органічної та неорганічної сировини, теплоізоляційних бетонів);
- конструкційно-теплоізоляційних (на основі ніздрюватих та легких бетонів, гіпсу, деревини, виробів з деревини, керамічних та силікатних виробів);
- конструкційних (на основі бетонів, каменів, керамічних та силікатних виробів);

- опоряджувально-захисних (на основі штукатурок, металів, пластмас, керамічних та силікатних виробів, скла);

- захисних (на основі гравію, піску, ґрунту, асфальту, бетону, каменів, штукатурки, розчинів, керамічних та силікатних виробів» [53].

Згідно з нормативом [54] «Окремі огороджувальні конструкції - будівельні конструкції, що створюють теплоізоляційну оболонку будівлі для збереження енергії для опалення та/або охолодження приміщень, захисту від кліматичних впливів, поділення будинку на відокремлені частини або приміщення з різними температурними та вологісними умовами експлуатації».

Як наведено в [73] «конструкція зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією - конструкція, що включає несучу частину стіни та комплект теплової ізоляції, яка призначена для забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових конструкцій, захисту будівель і споруд від впливу навколишнього середовища, забезпечення нормативного мікроклімату будівель і споруд та надання фасадам будівель і споруд привабливого естетичного вигляду».

З попереднього аналізу можна зробити висновок.

(Будівельна конструкція є цілісною конструктивною системою, в тому числі меблі, люди, устаткування створюють постійні або тимчасові навантаження. Будівельна конструкція складається з основних конструктивних елементів будівлі, що виконують тримальні, огороджувальні або сумісні функції. – А.Ф.)

Тому, як для конструктора, застосовуючи класифікацію загального сприйняття - будівельна конструкція з сумісними функціями, від якої залежить експлуатаційна і мікрокліматична складова, стає більш логічна постановка задачі щодо розрахунків.

Розрахунок будівельної конструкції ведеться за двома групами граничних станів з урахуванням характеристичних та експлуатаційних навантажень, які

впливають на будівельну конструкцію з урахуванням розрахункових сполучень навантажень (РСН).

Враховуючи, що «друга група граничних станів містить граничні стани, які ускладнюють нормальну експлуатацію об'єкта або зменшують його довговічність порівняно з розрахунковим строком експлуатації і для яких позаграничними станами є: недопустимі втрати тепла через огорожувальні конструкції, що призводить до збільшення матеріальних витрат на експлуатацію будівлі» [56].

Таким чином, розрахунок будівельної конструкції має вестися з урахуванням саме цієї групи граничних станів. А саме, як стійкість до деформацій зовнішніх огорожувальних конструкцій за морозостійкістю, вологостійкістю, біостійкістю, стійкістю до корозії, високої або низької температури, циклічних температурних коливань та інших руйнівних впливів навколишнього середовища. Завершальним етапом є розроблення відповідних конструктивно-технологічних рішень.

(Складається певне не співпадіння, бо розрахунок по стійкості ведеться за першою групою граничних станів, але, для аналогії, розрахунок фундаментів ведеться за першою групою граничних станів, а реально виконуються розрахунки по деформації ґрунтів основи і це для конструктора не є перешкодою. – А.Ф.).

Висновок до глави.

Застосування енергоефективних конструктивних заходів та інженерних систем в будівлях насамперед громадського призначення, а також житлового призначення з приведенням до теплового балансу будівель має враховувати весь експлуатаційний цикл будівель в межах як пікових дельта-температур, так і експлуатаційних температур для оптимізації компенсації енергії на опалення і охолодження.

Конструктивна схема сполучення будівельних конструкцій має забезпечувати ефективність застосування конструктивних заходів, тобто

(будівельні матеріали з яких конструюються і будуються об'єкти будівельного виробництва є цілісною будівельною конструкцією. – А.Ф.)

(Утеплення, утеплювач – є не технічними термінами.- А.Ф.)

2.8.2 Будинки з близьким до нульового рівня споживання енергії

«Будинки з близьким до нульового рівня споживання енергії розраховуються за показниками первинної енергії (E_p), кВт х год, обчислюється для кожного енергоносія та розраховується за формулою

$$E_p = \Sigma(E_{del,i} \times f_{p,del,i}) - \Sigma(E_{exp,i} \times f_{p,exp,i}), (2.1)$$

де: $E_{del,i}$ - поставлена енергія для i -го енергоносія, кВт х год;

$E_{exp,i}$ - експортована енергія для i -го енергоносія, кВт х год;

$f_{p,del,i}$ - фактор первинної енергії для i -го поставленого енергоносія;

$f_{p,exp,i}$ - фактор первинної енергії для i -го експортованого енергоносія.

Критерієм оцінки є поставлена енергія для i -го енергоносія, кВт х год, тоді формула прийме вигляд

$$E_p = \Sigma(E_{del,i} \times f_{p,del,i}), (2.2)$$

Поставлена енергія ($E_{del,i}$) дорівнює енергоспоживанню відповідного енергоносія

$$E_{del,i} = Q_{H,use}; Q_{C,use}; Q_{DHW,use}; Q_{V,use}; W_{use}, (2.3)$$

або представляє собою суму наявних однотипних видів енергоносіїв. При енергоспоживанні за одним видом енергоносія (наприклад, природний газ, електроенергія тощо) поставлена енергія розраховується за формулою:

$$E_{del,i} = Q_{H,use} + Q_{C,use} + Q_{DHW,use} + Q_{V,use} + W_{use}, (2.4)» [57]$$

Оскільки розрахунок буде вестися для опалення і охолодження будівель, інфільтрація за замовчуванням є природньою з штурмовим провітрюванням. Формула прийме вигляд:

$$E_{del,i} = Q_{H,use} + Q_{C,use}, (2.5)$$

де $Q_{H,use}$, $Q_{C,use}$ – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні згідно [57].

2.8.3 Вимоги до теплової оболонки будівлі

«Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4°C та більше, обов'язкове виконання умов» [58] «представлені вимоги до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель та споруд:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, (2.6)$$

$$\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max}, (2.7)$$

$$\theta_{tb,si,min} > \theta_{si,min} (2.8)»$$

Але згідно [54] ці вимоги мають бути «забезпечені при реконструкції, капітальному ремонті, визначених проектною документацією частин будівлі (окремих огорожувальних конструкцій в цілому), мінімальною вимогою є виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, (2.9)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$ [58];

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$;

$\Delta\theta_{int-si}$ – різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, $^{\circ}C$;

$\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, $^{\circ}C$;

$\theta_{si, tb, min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;

$\theta_{si, min}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С» [58].

2.9 Визначення головних критеріїв оцінки

Згідно чинних будівельних норм.

Першочерговою задачею є дотримання санітарно-гігієнічних вимог:

$$\Delta\theta_{int-si, max} > \theta_{a, int} - T_p, (2.10)$$

Де T_p - температура точки роси, інші визначення дивитися в п. 2.7.3.

«Напрямок розрахунку йде від потреби до джерела (наприклад, від енергопотреб будівлі до первинної енергії або викидів CO_2)» [53].

Другорядною задачею.

Виходячи з потреб кінцевого продукту - а саме отримання результатів енергоефективності будівель цивільного призначення шляхом зменшення споживання первинної енергії для задоволення потреб на опалення і охолодження не порушуючи санітарно-гігієнічні вимоги, як відправної точки, будинків з близьким до нульового рівнем споживання енергії, з урахуванням вимог, які визначені нормативними актами і нормативними документами в сфері енергоефективності та будівельних норм у відповідності до класів енергоефективності будівель, а саме:

Клас «А» - 44,0 кВт/м²;

клас «В» - 62,5 кВт/м²;

клас «С» - 87,0 кВт/м².

Ці показники мають бути підтверджені виконаною роботою. Для переведення в Вт/м² в годину, використаємо формулу:

$$\frac{EP_p * 1000}{\text{Дні} * \text{Год}} = EP_p \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \text{ в годину} \right), (2.11)$$

Де E_{P_p} - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель згідно класів енергоефективності А, В, С.

Дні = 365 днів,

Год/день з 24 годин, отримуємо:

клас «А» - 5,02 Вт·год/м²;

клас «В» - 7,13 Вт·год /м²;

клас «С» - 9,93 Вт·год /м².

$$E_{P_{use}} = E_{P_p} \leq E_p = \Sigma((Q_{H,use} + Q_{C,use}) \times f_{P,del,i}), (2.12)$$

де $E_{P_{use}}$, E_{P_p} , в (Додатку Г),

$Q_{H,use} + Q_{C,use}$, E_p , $f_{P,del,i}$ в п. 2.7.2.

В розрахунковому інтервалі 7-10 років експлуатації, що є періодом життєвого циклу будівель побудованих з мінеральних матеріалів.

Висновок до глави

Відповідно до [1] «енергоефективні заходи - дії технічного, організаційного, економічного, інформаційного характеру або їх сукупність, результатом реалізації яких є підвищення енергетичної ефективності (зниження питомих витрат), яке можна виміряти або розрахувати».

Будь-яке будівельне рішення не може лежати окремо від енергоефективності. А питання енергоефективності і екологічності є взаємопов'язаними поняттями.

Тому будь-яка будівельна конструкція має мати кінцевий результат – енергетичне рішення, яке має бути досягнуте при будівництві житлової або громадської будівлі для подальшої експлуатації її на весь життєвий цикл.

І це є саме тим викликом для конструктора, як фахівця, який аналізує і прогнозує експлуатаційні характеристики будівлі в рамках парадигми сталого розвитку, яка пов'язана концепцією стійкості практичних знань щодо «...інвестиційного переходу до соціально відповідальних та екологічно стійких

моделей будівництва в Україні як успішної відповіді на сучасні екологічні та кліматичні виклики в ході реалізації стратегії “Європейського зеленого курсу” (European Green Deal)» [3].

Питання, яке є невід’ємною складовою сучасного проектування, у якому помилки бути не може. (*Оптимізація дії у відповідності до норм споживання та забезпечення експлуатаційних вимог – кожен термін за собою несе напрямок дії.* – А.Ф.)

Основні критерії для проектування це надійність, довговічність, безпека експлуатації, економічність – критерії для системи будівельної конструкції.

Для матеріалів несучих і конструкцій, що огорожують, надійність повинна бути не менша за термін служби будинку й споруди, та є однією з основних комплексних властивостей матеріалу, що визначає його здатність виконувати свої функції протягом заданого часу й за даних умов.

Довговічність оздоблювальних матеріалів може бути нижче, оскільки вона корегується строками морального старіння матеріалу.

Безпека є властивістю об’єкта при експлуатації, у випадку порушення працездатності не створювати загрози для життя і здоров’я людей, а також загрози для довкілля. Критерії, які мають бути досягнуті з нормалізацією витрат енергії.

Під нормалізацією витрат енергії треба розуміти процес встановлення планової величини її витрат на одиницю продукції або виконання одиниці роботи (тобто встановлення планової величини питомих витрат енергії згідно норм).

Метою нормалізації є:

- забезпечення раціонального і економного витрачання енергії й палива;
- встановлення вихідних величин для планування енергоспоживання, визначені в п. 2.9 цієї роботи.

При цьому основною задачею нормалізації енергоспоживання є розробка і використання технічно та економічно обґрунтованих прогресивних норм

питомих витрат енергії. Іншими словами, «...норма питомої витрати енергії є максимально допустимою величиною споживання енергії в даних умовах» [54].

(Класифікація норм питомих витрат енергії здійснюється за трьома основними ознаками:

- *ступень агрегації, що дозволяють побачити ступінь відхилення;*
- *склад витрат енергії;*
- *період дії норм.- А.Ф.)*

Фактично маємо справу з прямою задачею «...від потреби до джерела енергії» [53].

РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ПРАКТИЧНОГО ВТІЛЕННЯ

Вихідні дані.

(Проектувальник зобов'язаний враховувати кожен відсоток витраченої енергії, вміти аналізувати, прогнозувати і заощаджувати кошти замовників. – А.Ф.)

Кожна будівля потребує сервісу і догляду, як, наприклад, автомобіль на протязі всього життєвого експлуатаційного циклу.

(Представимо собі, якби збудували башту «Тайбей 101» і забули про ядро гасіння коливань, не робили сервіси або випробування і все інше, то, нажаль, ця будівля довго б не простояла, нажаль, всі ті технологічні рішення, скажімо так, були б змарнованими і зруйнованими при першому ж експлуатаційному виходу з ладу цих конструкцій і будівлі в цілому. Тому, якраз монументальні споруди дуже яскраво це показують, що ми мало того що повинні будувати міцно, ми ще й повинні продумати – як, на який термін, як експлуатувати, які сервіси повинні проходити будівельні вузли і будівля в цілому.

Тому, якраз, ведеться розмова, що кожна будівля і споруда або елемент будівлі крім розрахунку звичайно на міцність, повинен включати розрахунок на надійність і довговічність з врахуванням економічної та екологічної складової. Оскільки до виходу з ладу може призвести не одна якась причина, а сукупність різних причин. Які треба враховувати на етапі проектування. – А.Ф.)

Щодо оглядів та обстежень несучих конструктивів, начебто все зрозуміло (підтвержений багаторічним досвідом), а відповідно щодо зовнішніх огорожувальних конструкцій – все не так просто.

Саме зовнішня огорожувальна конструкція є конструктивним елементом будівель, якість і довговічність якої є параметром, який впливає на експлуатаційну придатність всієї будівлі та параметри мікроклімату всередині. *(Не врахування зовнішніх неконтрольованих динамічно змінюваних показників є неприйнятним.- А.Ф.)*

Головна задача – виявити параметри, привести показники внутрішніх

контрольованих показників мікроклімату до сталих параметрів з мінімальним впливом. *(Розраховувати, проектувати та перевіряти потрібно по новим стандартам – стандартам сталого розвитку. – А.Ф.)*.

План дій.

1. Приток повітря в приміщення для забезпечення кратності повітрообміну реалізувати через щілини в зовнішніх прозорих огорожувальних конструкціях. За потреби використовуються «штурмові провітрювання».

2. Санітарно-гігієнічні вимоги мають бути забезпечені в межах норм.

3. Розрахунок вести «від енергопотребности до енергоспоживання» [53].

4. Енергопотреба має відповідати виконаній роботі в рік для задоволення потреб в опаленні і охолодженні.

5. Розрахунок первинної енергії вести за формулою (2.12) – вихідні дані для розрахунку.

6. Викиди m_{CO_2} , можна не розраховувати з урахуванням п.5.

7. Метод аналізу – системний.

3.1 Системний аналіз

«Системний аналіз головним чином базується на діалектичних принципах наукового мислення. До основи яких відносять принцип розвитку й принцип взаємозв'язку на основі яких відбувається синтез відповідних знань у наукову систему» [59] з використанням складних математичних прийомів, логічного аналізу з урахуванням їх взаємозв'язків і суперечливих тенденцій.

«При такому підході, на перший план висуваються вже не математичні методи, а сама логіка системного аналізу, упорядкування процедури прийняття рішень.

Сила системного аналізу в тому, що він дозволяє розкласти складну проблему на компоненти до постановки конкретних задач, для яких існують методи розв'язання, і з іншого боку, зберігає цілісність цієї проблеми» [59].

Загальна математична модель динаміки

За основу математичної моделі замкнутої системи можна прийняти потік енергії між зовнішнім середовищем і системою з урахуванням, що «слово «енергія» не можна замінити іншим, тому що в дійсному випадку воно може означати параметри, сигнали, інформаційні потоки, матеріальні засоби тощо» [59].

(Таким чином, систему доцільно характеризувати на основі теорії потоку – яка є частиною «Теорії компенсації» стосовно генерації енергії і її оптимального розподілу – А.Ф.)

3.2 «Теорія компенсації»

Для розуміння нововведеного поняття, пропоную трішечки абстрагуватися від тематики роботи і поглянути на власні руки.



Рисунок 3.1 Асоціації шляхів розв’язання задач

(Обидві руки за функцією виконують одну і ту ж дію, можуть щось взяти, щось переставити, показати якісь жести, але по різному, бо одна права, а друга ліва.

Тобто функції виконують однакові, але механізм дії різний. – А.Ф.)

Саме для цього і створена «Теорія компенсації», яка дозволила побудувати концепцію дії щодо проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання, визначити правильні вихідні дані не порушуючи, а підтверджуючи, що за допомогою Державних будівельних норм можна і потрібно проектувати будинки з близьким до нульового рівня споживання енергії.

Алгоритм «Теорії компенсації» для проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії – це закон збереження енергії та Державні будівельні норми України. *(На підставі цього алгоритму створене «(Правило) енергоефективності».* – А.Ф.)

Змінювати нормативні акти і нормативні документи в сфері енергоефективності потреби не має.

3.3 Оцінка відповідності діючих конструктивних рішень майбутнім вимогам енергоменеджменту.

В загальному випадку проектувальник приймає рішення щодо конструктивного рішення на основі рішень, які були розроблені кимось, або на основі типових альбомів типових рішень створених виробником теплоізоляції.

Чи виправдовує такий підхід очікуваним результатам?

Щоб відповісти на це запитання ще раз звернемося до роботи [10], якою проведений детальний аналіз будинків на 2020 рік, зокрема, «...для всіх житлових будівель, представлених у відкритій базі енергетичних сертифікатів, показник питомого енергоспоживання становить 163,87 кВт·год/м², що значно вищий від середньостатистичного в Європі...».

3.4 Можливості проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії.

Для розуміння можливості проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії потрібно ґрунтовно дослідити те що є в

природі. Велику увагу треба приділити природнім об'єктам, формам і властивостям.

Ідеально повторити за властивостями, ми можемо виключно те, що є в природі. Для прикладу, коли проектувалася башта Кантона в Гуанчжоу (600 м), проєктант Марк Хейнол звернув увагу на форму стегнової кістки, яка широка на кінцях і вузька всередині, але в середині кістка набагато товща, щоб зробити стінки міцніше і до навпаки більш тонша та пола в місцях розширення. Це технологічний підхід, який втілений в реальний об'єкт.

У природі можна навчитися багатьом прийомам повторивши та масштабувавши з застосуванням до реального об'єкта.

Таблиця 3.1 Енергетичний баланс в природі

Печери України	Вертеба	Мармурова	Оптимістична	Кришталева	Атлантида	Озерна	Соляна
Температура	9-10 °С	9 °С	11 °С	12 °С	11 °С	12 °С	14-16 °С
Середня в рік планета Земля			15 °С				
Міста України	Харків	Сімферополь	Одеса	Суми	Луцьк	Ужгород	Донецьк
Температура	7,6	10,6	10,3	6,7	7,5	9,8	8,1
М. Дармштадт Німеччина				Температура	10,2 °С		
Штат Нью-Гемпшир, м. Манчестер, ОША				Температура	10,0 °С		

В печерах України середня температура на протязі року зберігається сталою і складає в межах 11 °С. Середня температура на планеті Земля складає 15 °С. Середня за рік за різними кліматичними зонами в Україні складає 8,8 °С і т.д., це видно з (таблиця 3.1)

Ці цифри засвідчують про енергетичний баланс в природі. В залежності від місця розташування об'єкта будівництва за різними тепловими поясами. «Теплові пояси – це смуги з певними температурами повітря, які різняться між собою за кількістю тепла» [28].

Таким чином, «температура [*лат*] *temperatura* - правильне співвідношення, нормальний стан] – це універсальна характеристика рівноважних систем, що показує відхилення рівноважного стану даної системи

від рівноважного стану умовно вибраної еталонної системи» [60].

«Якщо привести у взаємодію дві раніше ізольовані рівноважні системи А і В, то між ними почнеться обмін енергією й частинками і через деякий час установиться новий рівноважний стан об'єднаної системи АВ. Система, яка віддає енергію, при взаємодії, має вищу температуру, ніж та, яка цю енергію поглинає. Після встановлення рівноважного стану, в обох системах, температура стане однаковою» [60].

Відмінності рівноважного стану системи А від стану системи В, а отже й інтенсивність (за проміжок часу) процесу переходу системи до рівноважного стану можна охарактеризувати температурою, яка є керуючою величиною кількості потрібної енергії. Чим інтенсивність процесу переходу менша, тим вище теплова інерція системи. Таке просте порівняння наводить на висновок. Чим вище здатність матеріалів за умови зміни теплових навантажень ззовні утримувати показники мікроклімату на потрібному рівні протягом певного періоду, тим менше потрібно енергії – показник теплової інерції.

(Кількісне вираження енергії (температура зовні) є вихідними даними для моделювання технологічних карт. – А.Ф.) Розрахунок будинків і споруд починають з вибору розрахункової схеми (моделі), в спрощеному вигляді це ідеалізоване зображення дійсної споруди, що відображає її основні властивості.

3.5 Розрахункова модель.

При підготовці розрахункової моделі були враховані рекомендації нормативних актів і нормативних документів України – Додаток В, та п. 2.1 цієї роботи.

Спостережуване довкілля.

В нормативних актах і нормативних документах практично відсутні методи аналізу для візуального або технічного впровадження для оптимізації дії щодо отримання кінцевого продукту будівництва відповідно до категорії енергоефективності А, В, С на весь час життєвого циклу будівель.

Фактично відсутня технологічна карта (модель) будівництва, яка б у відповідності в межах похибки 5% приводила б до бажаного результату з прогнозуванням на життєвий цикл будівлі та урахувала взаємозв'язок між технічними, економічними, екологічними та соціальними заходами щодо досягнення зазначених принципів. *(Потреби в енергоефективності не повинні йти всупереч задоволення санітарно-гігієнічних норм. – А.Ф.).*

Відсутність моделі є основою для подальших наукових досліджень.

Дані і інформація

Контур має бути замкненим - постулат архітектурної частини будівельної фізики.

Попередньо було розуміння, що енергія яка оточує нас ні звідки не береться і нікуди не дівається, а переходить з одного стану в інший і в подальшому урівноважується. Що постулюється з законом збереження енергії.

Потрібно розуміти фізику - «природнича наука, яка досліджує загальні властивості матерії та явищ у ній, а також виявляє загальні закони, які керують цими явищами. Це наука про закономірності природи в широкому сенсі цього слова» [61]. Одиницею вимірювання цих перетворень в фізиці називають енергією.

В попередній главі було визначено, що еволюція показників енергетичної ефективності будівель до обліку практично всіх видів енергетичних ресурсів зводиться до одного показника - споживання теплової або первинної енергії (кВт*год)/м² рік, яка має бути керованою.

За умовою задачі, вхідними даними є кількість лімітованої енергії п.2.9 цієї роботи (з граничним значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових і громадських будівель), без жодних прив'язок до конструктивних особливостей. Будівля може бути будь-яка – житлова або громадська.

Тобто, першою керованою фізичною величиною є енергія. В нашому випадку це E_p (граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель).

Для подальшого аналізу потрібно було абстрагуватися від фізичних та конструктивних особливостей системи і замість реальної системи розглядати її адекватні математичні моделі.

Оскільки система має бути керованою потрібна була наукова дисципліна, предметом вивчення якої є системи, «...які складаються з об'єкта та пристрою керування (автоматичного регулятора) і допоміжних елементів» [62] – теорія автоматичного управління.

Про теорію автоматичного управління (ТАУ).

«ТАУ виявляє загальні закономірності функціонування, які притаманні автоматичним системам різної природи, і на основі цього розробляє принципи побудови ефективних систем для керування об'єктами різного призначення. При цьому широко використовуються математичні методи – теорія диференціальних рівнянь, теорія функцій комплексної змінної, перетворення Лапласа і Фур'є, матриці та інші. За допомогою цих моделей розв'язуються основні задачі ТАУ – аналізу та синтезу автоматичних систем» [62].

«ТАУ – частина кібернетики, яка вивчає процеси використання інформації і управління в системах різної фізичної природи» [63].

«Керувати будівельним виробництвом можливо на основі отримання та обробки інформації про стан об'єкта та умови його роботи – цілеспрямована діяльність, направлена на досягнення бажаних результатів (отримання прибутку, мінімальної собівартості продукції, забезпечення її якості)» [59].

Розуміння

«Дивлюсь я на небо — та й думку гадаю: Чому я не сокіл, чому не літаю? Чому мені, Боже, ти крила не дав? Я б землю покинув і в небо злітав...»
МИХАЙЛО ПЕТРЕНКО (1817—1862) [64].

Цитуючи слова українського поета-романтика Михайла Миколайовича Петренка хочеться спитати:

(- Дивлюсь я на небо, тай думку гадаю – чому там повітря...? – А. Ф.)

Прийmemo за основу, що будь-яка будівля є моделлю замкненого повітряного прошарку (модель А) оточеного океаном повітря (модель Б).

Стан внутрішнього повітряного прошарку характеризується – температурою $\theta_{a,int}$ (температура всередині залежить від температури навколишнього повітря, швидкості вітру та сонячного навантаження, які мають значні коливання), вологістю φ_{int} та тиском ρ_{int} , кількістю компенсованої енергії, кратністю повітрообміну тощо.

Стан зовнішнього повітряного прошарку характеризується – температурою $\theta_{a,ext}$, вологістю φ_{ext} та тиском ρ_{ext} , швидкістю і напрямком руху теплової енергії тощо, кількістю сприйнятої енергії.

Фактично маємо модель нерівноважної системи. Динамічну зміну внутрішніх параметрів системи з врахуванням зовнішніх потрібно постійно корегувати - компенсувати енергією.

Під час компенсації енергії, та без компенсації, виникають різні фізичні процеси пов'язані з:

- температурою рівноважного стану;
- сонячним опроміненням і кількістю вірогідних переходів температури через 0°C ;
- хімічною неоднорідністю матеріалів. Будівельні матеріали, які мають різну хімічну структуру досконально не досліджені в різкоконтинентальному кліматі на параметр фактору сумісності, тобто здатності різнорідних матеріалів, виробів або компонентів композиційних матеріалів, виробів і конструкцій, утворювати міцні й надійні нероз'ємні з'єднання й стабільно виконувати при цьому необхідні функції протягом заданого часу;

- вологісний експлуатаційний режим. Річ у тому, що наявність вологи в повітрі і вологонасичення конструктивів, різко змінює їх теплопровідність і теплоємність тощо, які в стаціонарних умовах не описуються. А це є фактором надійності будівельної конструкції, яка впливає на довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність і збереження. Будь-яка відмова може спричинити реалізацію пограничного стану, для прикладу, санітарно-гігієнічних норм, а це вже є «порушенням вимог щодо рівня комфорту» [55].

Вище перелічені фактори впливу на систему є характеристиками нелінійності, які провокують інші методи розв'язання задачі для оптимального проектування, та є основою для розрахункової моделі (рисунок 3.2).

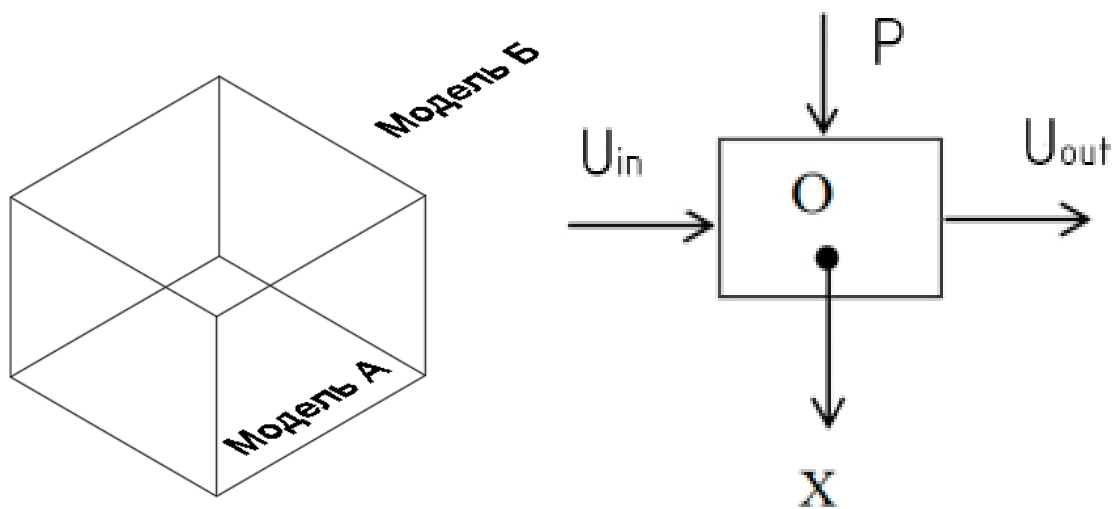


Рисунок 3.2 Модель об'єкту керування. (Власне дослідження. – А.Ф.)

Де

1. координати стану, які визначають стан об'єкта в будь-який момент часу, для автоматичної системи регулювання – це регульовані координати (температура, вологість повітря в середині приміщення, вологість огороджувальної конструкції):

$$X = \{ x_1, x_2 \dots x_n \};$$

2. вихідні змінні, які характеризують якість продукту, продуктивність об'єкта або узагальнені показники (КПД_{компенсації} (ККЯ), витрати на будівництво

та експлуатацію будівель, граничне значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель):

$$U_{out} = \{U_{out1}, U_{out2} \dots U_n\};$$

3. збурення – зовнішні та внутрішні фактори, вплив яких порушує роботу об'єкта: змінювання характеристик зовнішнього середовища (температура повітря, вологість повітря, швидкість вітру, сонячна радіація),

$$P = \{p_1, p_2, \dots p_n\};$$

4. керуючі дії – цілеспрямовані змінювання матеріальних та енергетичних потоків, направлені на компенсацію збурень p_n (динамічні теплові характеристики конструктивної системи будівельного об'єкта, ККД енергоустановки, та розподілу енергії),

$$U_{in} = \{U_{in1}, U_{in2}, \dots U_{in n}\}$$

5. керуюча одиниця, яка встановлює умови, для координат стану, вихідних змінних, збурень.

$$O = f\{X, Y, P\}$$

U_{in}, X, P, U_{out}, O є векторами, які можуть мати довільну кількість складових, а в частинному випадку це – скалярні величини.

Головна задача - навчитися виділяти фізичну модель розподілу векторів енергії (рисунок 3.3) під час компенсації енергії та без неї (рисунок 3.5), для аналізу і прогнозування моделі будівництва.

Враховуючи, що безкоштовним високоенергетичним джерелом енергії, яким ми користуємося щодня на планеті Земля є Сонце. Про низькотемпературне джерело не треба теж забувати – земля.

«На поведінку всіх елементарних частинок і всіх відомих об'єктів у Всесвіті впливає чотири головні сили природи, наразі відомі:

- електромагнітна взаємодія,
- гравітаційна взаємодія,
- сильна взаємодія,
- слабка взаємодія.

Поведінку всіх часток пророкує стандартна модель фізики елементарних частинок, і впродовж 50 років учені знали, що нічого не виходить за межі цих передбачень. Вчені давно вважають, що має існувати п'ята сила природи, яка донедавна була невідома науці» [65].

За основу було прийнято, що будь-яка будівля є моделлю замкненого повітряного прошарку (модель А) оточеного океаном повітря (модель Б) є нерівноважною.

«В термодинаміці постулюється, що нерівноважна ізольована система самочинно за деякий час обов'язково приходить до стану термодинамічної рівноваги і не може самостійно вийти із нього – це основний постулат термодинаміки - є узагальненням спостережень дослідних фактів» [60].



Рисунок 3.3 Взаємозв'язок векторів енергії

Забезпеченість внутрішнього середовища комфортною температурою в періоді кількістю енергії, яка є контрольованою і є параметром оптимізації.

Вектори теплового потоку

Густина теплового потоку, векторна величина, який розподіляється по замкнутому контуру не тільки по нормалі до поверхонь а і під кутами, які можуть бути невизначеними (рисунок 3.4).

Будь який елементарний об'єм має мінімум шість площин вільності до яких можуть прикладатися вектори теплового потоку – XOZ, XOY, YOZ, OX, OY, OZ.

Інтенсивність теплового потоку на прозорих поверхнях будівель по відношенню до охолоджених непрозорих огорожувальних конструкцій (зимовий режим) значно більша – що є ще додатковою площиною вільності.

Якщо вважати, що тепловий потік можна виразити через різницю потенціалів (ΔT) – закон Фур'є, прийнявши $\sigma=1\text{м}$ (товщина) і $\lambda=1\text{ Вт/м}^2$ (теплопровідність), то вектор теплового потоку створює різницю потенціалів, яка діє між двома конкретними точками.

То (вектори теплового потоку між двома точками можуть прикладатись, подаватись, передаватись, підводитись, діяти, збільшуватись або зменшуватись (на будь-чому) в замкнутому контурі, а лише потім йти і проходити крізь зовнішню огорожувальну конструкцію будівель. – А.Ф).

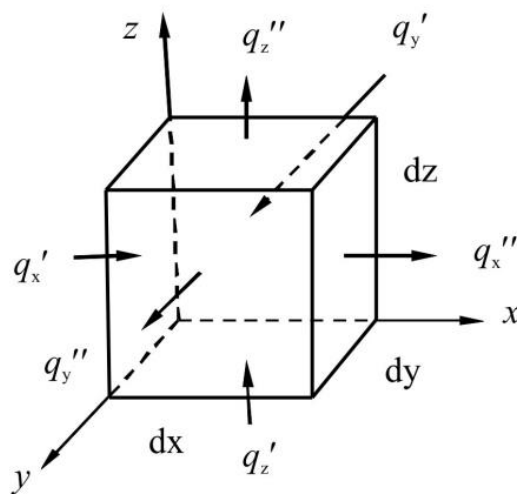


Рисунок 3.4 Елементарний опалювальний чи кондиціонований об'єм будівлі

Таким чином відбувається теплообмін між системами, який є незворотнім фізичним процесом, що спричиняє зміну кількості енергії без зміни зовнішніх параметрів.

З логіки міркування.

Тобто, основні вектори теплового потоку знаходяться в замкнутому контурі, після виконаної роботи, витраченої на нагрів або охолодження повітря

в приміщенні через теплопередачу саме *проходять* крізь зовнішню огорожувальну конструкцію будівель (взимку) та в зворотному напрямку (влітку).

«В термодинаміці постулюються, що суму енергій всіх частинок, що входять до складу системи називають повною енергією системи E , її можна розкласти на:

$$E = T + \Pi + U, (3.1)$$

Де T – кінетична енергія поступального руху системи як цілого; Π – потенціальна енергія частинок у зовнішньому полі; U – внутрішня енергія системи» [60].

Тоді закон збереження енергії для теплових процесів прийме вигляд.

$$Q = \Delta U + A, (3.2)$$

Де ΔU – зміна внутрішньої енергії,

A – робота над зовнішніми тілами.

«Теорія теплопередачі є одним із розділів термодинаміки - незворотних процесів» [67]. Державні будівельні норми вимагають вести розрахунок будівель і споруд на весь життєвий цикл. Тому лише розрахунком теплопередачі в даному випадку не обійтися.

Потрібно враховувати всі циклічні фізичні явища і енергетичні потоки, які діють на систему в цілому. І це є основою для конструктора.

3.6 Санітарно-гігієнічні норми

Нормами України відповідно до стандарту [67] «встановлені загальні правила для визначення граничних умов та вхідних фізичних величин в розрахунковому інтервалі в один місяць квазістаціонарним методом для розрахування енергопотреби та енергоспоживання під час опалення та охолодження... Розрахунковий метод, визначений цим стандартом, не враховує теплове сполучення між різними зонами. Стандартом передбачено, що будівля може мати кілька зон з різними заданими температурами та мати передчасне

опалення та охолодження для забезпечення комфорту людей (значення заданих температур, вологості та кратності повітрообміну, що відповідають вимогам чинних санітарних та будівельних норм)».

Метою теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будинків є визначення необхідного рівня теплозахисту будинку, виходячи з його призначення та кліматичних умов району будівництва.

Для цього потрібно визначити необхідний за санітарно-гігієнічними нормативами опір теплопередачі огорожувальної конструкції R_0^{Tp} , виходячи з якого обчислюється товщина конструктивного шару огорожувальної конструкції, що одночасно є й теплоізоляційним за формулою:

$$R_0^{Tp} = \frac{\theta_{a,int} - \theta_{a,ext}}{h_{si} * \Delta\theta_{int-si,max}}, \quad (3.3)$$

Де $\theta_{a,int}$ – температура внутрішнього повітря;

$\theta_{a,ext}$ – температура зовнішнього повітря для заданої кліматичної зони;

h_{si} – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції;

$\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, °С;

Підставимо дані в формулу отримаємо необхідний за санітарно-гігієнічними нормативами опір теплопередачі огорожувальної конструкції R_0^{Tp} , та порівняємо з мінімально допустимим $R_{q,min}$ для відповідних видів будівництва (реконструкція або капітальний ремонт з метою термомодернізації), результати в таблиці.

Таблиця 3.1 Співвідношення $R_{q,min}$ та R_0^{Tp} .

$R_{q,min}$, м ² К/Вт	$\theta_{a,int}$, °С	$\theta_{a,ext}$, °С	h_{si} , Вт/м ²	$\Delta\theta_{int-si,max}$, °С	R_0^{Tp} , м ² К/Вт
4,0	22,0	-22,0	8,7	4,0	1,27

Діючі нормативні значення опору теплопередачі зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій, житлових і громадських будівель в 3,15 рази перевищують значення опору теплопередачі, обумовлені санітарно-гігієнічними вимогами.

Із введенням нормативного опору теплопередачі $R_{q,min}$ для зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель відпадає необхідність задаватися тепловою інерцією огороження D , визначається за [58] і вибирати розрахункову температуру для визначення $R_0^{T_p}$.

Чи виправдана ця норма?

«Подібне припущення, строго кажучи, не зовсім коректне, оскільки більшість фізичних процесів, що відбуваються у природі, нестационарні» [70].

Розрахунковими температурами для теплотехнічного розрахунку є пікові дельта-температури, що відповідають -22°C , для зовнішнього повітря і $+20^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$, для внутрішнього повітря.

«Забезпеченість умов характеризується коефіцієнтом $K_{заб}$, величина якого за числом випадків показує (у частках одиниці або відсотках), коли не припустиме відхилення заданих умов від розрахункових. Наприклад, температура холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92 вказує на те, що тільки в чотирьох зимах з 50 (або восьми з 100) у періоди найбільших зимових похолодань тривалістю п'ять діб у приміщенні може спостерігатися зниження температури нижче розрахункової» [70].



Рисунок 3.5 Періоди для врахування компенсації енергії

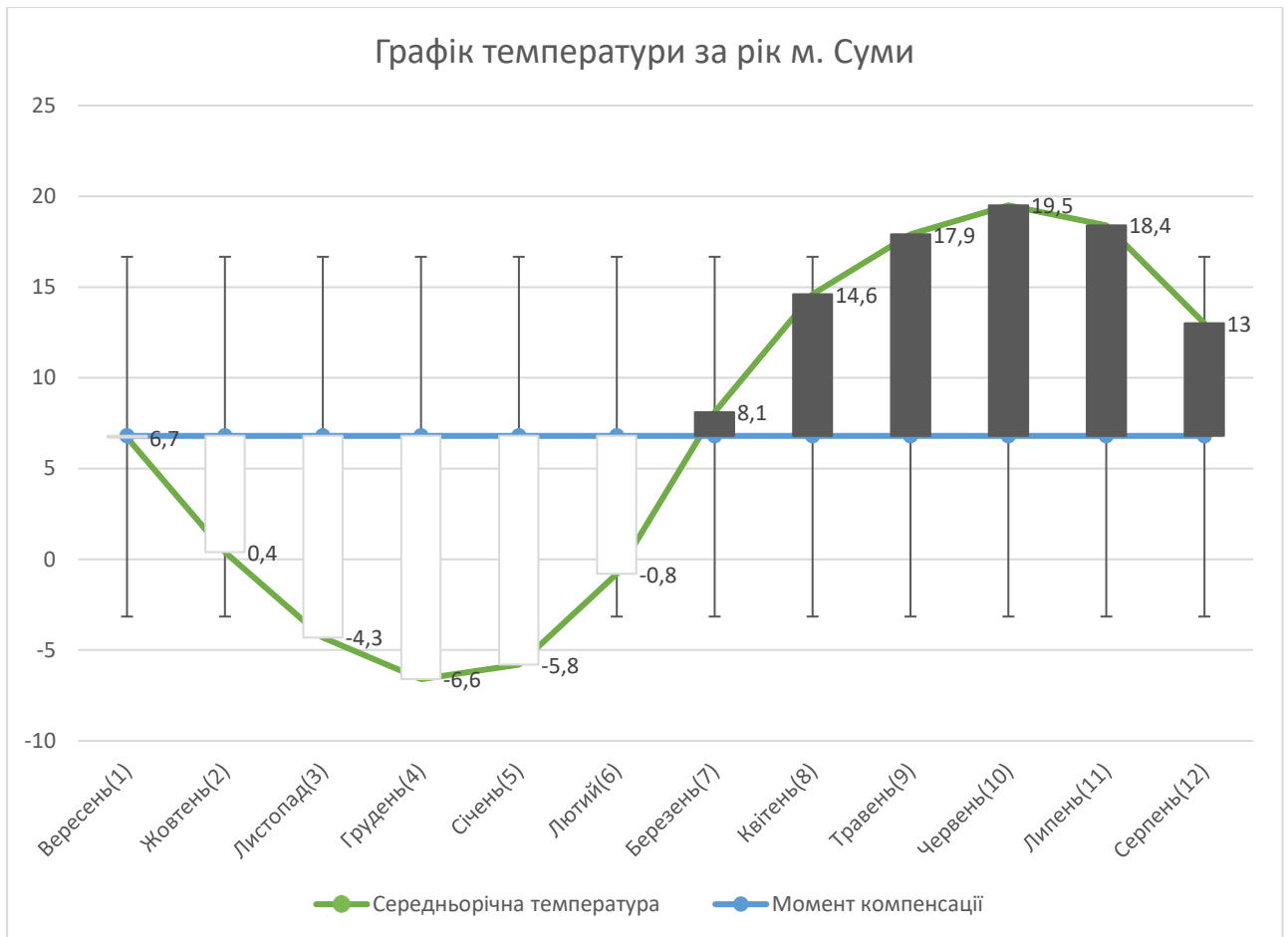


Рисунок 3.6 Графік температури в рік для м. Суми в середніх показниках.

На (рисунок 3.6) побудований температурний графік зовнішнього середовища для м. Суми. Вихідними даними є дані за середніми показниками в місяць, які наведені в [57] та зведені у (Додаток Г) цієї роботи з вересня по серпень, враховуючи «момент компенсації» (п. 2.4 цієї роботи).

Постає питання, чи можна опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними нормами використовувати для розробки технологічних карт у відповідності до класів енергоефективності. Якщо так, то який кліматичний параметр може в цьому завадити.

На опір теплопередачі найбільший вплив спричиняє саме вологовміст в будівельних матеріалах, тому вивчати виключно температуру без врахування вологості неприйнятно.

3.7 Вплив вологи на конструктиви

Передумови

Небезпека появи конденсату на внутрішній поверхні тим більше, що вища вологість внутрішнього повітря. Тому вологість внутрішнього повітря має велике значення при встановленні температури, при якій повітря певної вологості стає насиченою водяною парою, а для більшої надійності - дещо вище її.

Для задоволення перелічених вимог необхідно обмежити температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції.

Фізична модель будь якого мінерального будівельного матеріалу в сухому стані можна представити за допомогою двокомпонентної системи, яка складається з кристалічної решітки матеріалу в одиниці об'єму, іншу частину якої заповнює повітря. Зрозуміло, що чим більшу кількість цього об'єму займе повітря, тим нижче його щільність.

Вода в 90% випадків, її агрегатні стани, є головним руйнівним чинником, який руйнує наші конструкції, якщо не брати до уваги певні механічні пошкодження.

Будь-який будівельний матеріал, який застосовується в будівельній галузі має властивість розшаровуватися від надлишкової вологи – у водонасиченні вся проблема.

Оскільки всі будівельні матеріали є анізотропними вологість будівельних матеріалів під час експлуатаційних умов збільшується за рахунок сорбції вологи з повітря, конденсації водяної пари, а при конструктивних порушеннях огороджувальної конструкції і за рахунок атмосферної вологості.

Таким чином напрямок вектору густини теплового потоку лінійно залежить від кількості вологи, яка накопичується в будівельній конструкції.

Розрахунково-експериментальні дослідження

При розрахунках теплозахисту будівель по [57] ця обставина

«враховується умовами експлуатації огорожувальних конструкцій, які залежать від вологісного режиму експлуатації приміщень і зони вологості місця будівництва в середніх показниках», які не повинні змінюватись під час експлуатації. В застосунку [50] розрахункові одиниці, такі як, теплопровідність, відповідають умові А, В, тобто сухий або вологий режим експлуатації.

Враховані показники не повністю характеризують реальний вологовмісний стан матеріалів огороження в експлуатаційних умовах. І це є тим показником, який потрібно враховувати.

Згідно [71] «навантаження залежно від реакції конструкції поділяються на:

- статичні, які не викликають значних прискорень конструкції, що дозволяє нехтувати інерційними силами;
- динамічні, які викликають такі прискорення, що інерційними силами нехтувати не можна».

Вологовміст в будівельних конструкціях належить до динамічних навантажень, які якраз і впливають на інерційність конструкції.

Вологовміст в будівельних конструкціях залежить не лише від вологісного режиму експлуатації приміщень і зони місця будівництва, а також і від конструкцій огороження у співвідношенні до положення функціональних шарів і матеріалів цих шарів.

Розрахунково-експериментальними дослідженнями [69] встановлено, що відносна вологість повітря в порах будівельних матеріалів огороження будівельної конструкції на протязі року може знаходитись в інтервалі від 20-100%, яка, в свою чергу, впливає на теплотехнічні показники загалом, оскільки теплопровідність є функцією від температури, вологості і щільності $\lambda(T, \varphi, \rho)$.

Будь-яке збільшення кількості вологи в будівельному матеріалі збільшує його теплопровідність за рахунок того, що теплопровідність води в 20 разів більше за теплопровідність повітря. Але є одне але, при такій фізичній моделі об'ємна вологість не може перевищувати величину пористості.

Для розрахунку фізичного явища «точка роси» використовується саме відносна вологість повітря.

Для прикладу, розрахунковій температурі зовнішнього повітря -22°C відповідає відносна вологість повітря нижче 30%.

Квазістаціонарний метод, за якими тепловий баланс розраховують протягом досить тривалого часу (зазвичай один місяць чи цілий сезон) укрупнено враховує теплоінерційні особливості огорожень з розрахунковою відносною вологістю в 50%.

Зазвичай, відносна вологість повітря за середніми показниками для зимового періоду для більшості регіонів України коливаються в межах від 84 до 87%, трохи вище показники відносної вологості повітря через більшу кількість опадів можуть бути в західному регіоні - до 89% [71].

В літній проміжок часу, особливо в червні-липні, відносна вологість повітря може сягати 85% за рахунок кількості опадів.

В березні і червні кожного року відбувається тижневий природний висхідний вологорух, коли вода капілярно підіймається вгору з водонасиченої земної поверхні – (власні дослідження з 2013 року.- А.Ф.)

І це саме ті динамічні навантаження, які нормативними актами і нормативними документами враховуються в параметрах А, В.

Згідно (рисунок 3.5) середня температура найбільш холодного місяця року складає $-6,6^{\circ}\text{C}$, або 266,55 К. Середня температура найбільш теплого місяця року складає $19,5^{\circ}\text{C}$, або 292,65 К.

Згідно [57] середньомісячні значення абсолютного вологовмісту зовнішнього повітря для м. Суми з вересня по серпень складають:

Таблиця 3.2 Абсолютний вологовміст, г/кг для місяця

Населений пункт	Абсолютний вологовміст, г/кг для місяця											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Суми	7,1	5,0	3,5	2,3	1,8	1,8	2,9	4,8	6,7	9,0	10,3	9,5

З таблиці можна зробити висновок, що повітря стає більш насичене вологою саме в липні.

Температура, за якої водяна пара, що міститься у повітрі, стає насиченою, називається точка роси T_p . Відносна вологість при цьому стає рівною 100%. Абсолютна вологість f_{ra} при цьому не змінюється.

Для розрахунку приблизної температури випадання конденсату (фізичного явища «точка роси») можна скористатися формулою:

$$T_p = \frac{b \cdot f(T, \varphi)}{a - f(T, \varphi)}, \quad (3.4)$$

$$f(T, \varphi) = \frac{a \cdot T}{b + T} + \ln \left(\frac{\varphi}{100} \right), \quad (3.5)$$

де: T_p - температура точки роси, $^{\circ}\text{C}$;

a (постійна) = 17,27;

b (постійна) = 237,7;

T – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

φ - відносна вологість повітря, %;

\ln – натуральний логарифм.

Результати розрахунків зведені до таблиці. Похибка даної формули складає $0,4^{\circ}\text{C}$ для температури від 0°C до 60°C .

Таблиця 3.3 Значення «точки роси» при різних температурах і відносній вологості повітря

Температура повітря $^{\circ}\text{C}$	«Точка роси» в $^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря							Абсолютний вологовміст, г/кг
	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	
30	10,5	14,9	18,5	21,2	24,2	26,4	28,5	30,4
28	8,7	13,1	16,7	19,5	22,0	24,2	26,2	27,2
26	7,1	11,3	14,9	17,6	19,8	22,3	24,2	24,4
24	5,4	9,5	13,0	15,8	18,2	20,3	22,2	21,8
22	3,6	7,7	11,1	13,9	16,3	18,4	20,3	19,4
20	1,9	6,0	9,9	12,0	14,3	16,5	18,3	17,3
18	0,2	4,2	7,4	10,1	12,4	14,5	16,3	15,4
16	-1,5	2,4	5,6	8,2	10,5	12,5	14,3	13,6

Температура повітря °С	«Точка роси» в °С при відносній вологості повітря							Абсолютний вологовміст, г/кг
	30%	40%		30%	40%		30%	
	°С	°С		°С	°С		°С	
14	-3,3	-0,6	3,8	6,4	8,6	10,6	14,4	12,1
12	-5,0	-1,2	1,9	4,3	6,6	8,5	10,3	10,7
10	-6,7	-2,9	0,1	2,6	4,8	6,7	8,4	9,4
8	-8,5	-4,8	-1,6	0,7	2,9	4,8	6,4	8,3
6	-10,3	-6,6	-3,2	-1,0	0,9	2,8	4,4	7,3
4	-12,0	-8,5	-4,8	-2,7	-0,9	0,8	2,4	6,4
2	-13,7	-10,2	-6,5	-4,3	-2,5	-0,8	0,6	5,6
0	-15,4	-12,0	-8,1	-5,6	-3,8	-2,3	-0,9	4,8

Можливість формування «точки роси».

Останні 17 років після введення ДБН Теплова ізоляція будівель в 2006 році, застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів для зовнішніх огорожувальних конструкцій стало невід'ємною складовою для проектування та будівництва під час реконструкції і капітальних ремонтів будівель з опорядженням тонкошаровими тинькуванням.

За матеріалами [11] «Системи класу А з опорядженням тонкошаровими штукатурками вже в 2011-2012 роках досягнуто пандемічне розповсюдження і затвердилось MONO системою:

- при новому будівництві більше 95%;
- при санації старої забудови — 100%;
- при санації нещодавно збудованої — 100%.»

З часом змін зазнавали і нормовані показники R_{qmin} . Для першої кліматичної зони R_{qmin} збільшившись з 2,8 до 4,0 м²К/Вт для зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій, а товщина ефективної ізоляції збільшилася з 0,05 до 0,2 м, змінювались і тенденції до вибору теплоізоляційних матеріалів.

У зв'язку з цим конструктивні рішення будинків зазнали досить вагомих змін, пов'язаних насамперед зі зменшенням енергоспоживання, проведенням ефективної політики енергозбереження.

Сама ж будівельна конструкція перестала бути однорідною. Це значить,

що пошарово матеріали мають різну теплоємність, теплопровідність, температуропровідність, та різні температурні коливання.

Кожен термін має значення.

«Опір теплопередачі - це здатність матеріалів перешкоджати руху теплової енергії, або здатність тіла (його поверхні або шару) перешкоджати поширенню теплового руху молекул» [74].

Величина R показує як конструкція певної товщини чинить опір передачі тепла крізь себе і визначається різницею температур в градусах Кельвіна на протилежних поверхнях конструкції, необхідної для перенесення 1 Вт потужності енергії через 1 м² площі цієї конструкції та вимірюється в (м²·К)/Вт.

Кожен матеріал, який використовується у будівельному виробництві, робить це в силу власних теплофізичних характеристик.

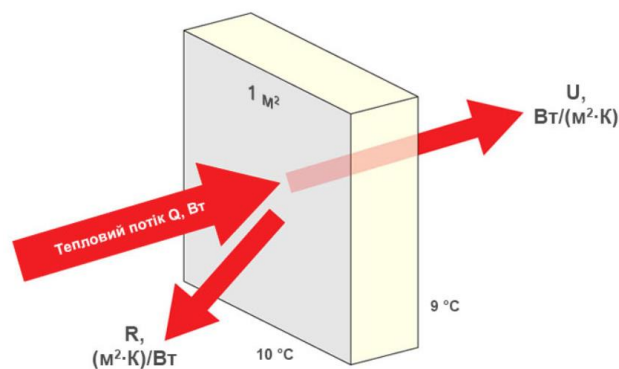


Рисунок 3.7 Опір теплопередачі R та коефіцієнт теплопередачі U

Давайте поміркуємо.

Якщо опір теплопередачі перешкоджає руху теплового потоку, то зовнішня огорожувальна конструкція, постійно буде не доотримувати якоїсь кількості згенерованої теплової енергії при розподілі енергії (в зимовий час), яка спрямована на компенсацію температури рівноважного стану систем, для підтримання мікрокліматичних умов.

Практично це підтверджують і розрахунки температурних полів. Температура внутрішнього повітря на кордоні з стіною менша на 0,6⁰С від температури стіни при стаціонарному тепловому потоці (Рисунок 3.8).

(Тобто теплові потоки створюють різницю потенціалів не на поверхні огорожувальної конструкції, а на якійсь відстані від стіни. -А.Ф.).

За допомогою ПК ЛІРА-САПР 2021, був змодельований фрагмент будівельної конструкції в один метр висотою з клінкерної цегли товщиною 380 мм з опорядженням мінеральною базальтовою ватою на синтетичному в'язучому, товщиною 100 мм (рисунок 3.8), теплопровідність згідно [50]. Граничними умовами для розрахунку були $h_{si} = 8,7 \text{ Вт/м}^2$, та $h_{se} = 23 \text{ Вт/м}^2$ згідно [50]. Температура зовнішнього повітря -22°C , температура внутрішнього повітря $+22^\circ\text{C}$.

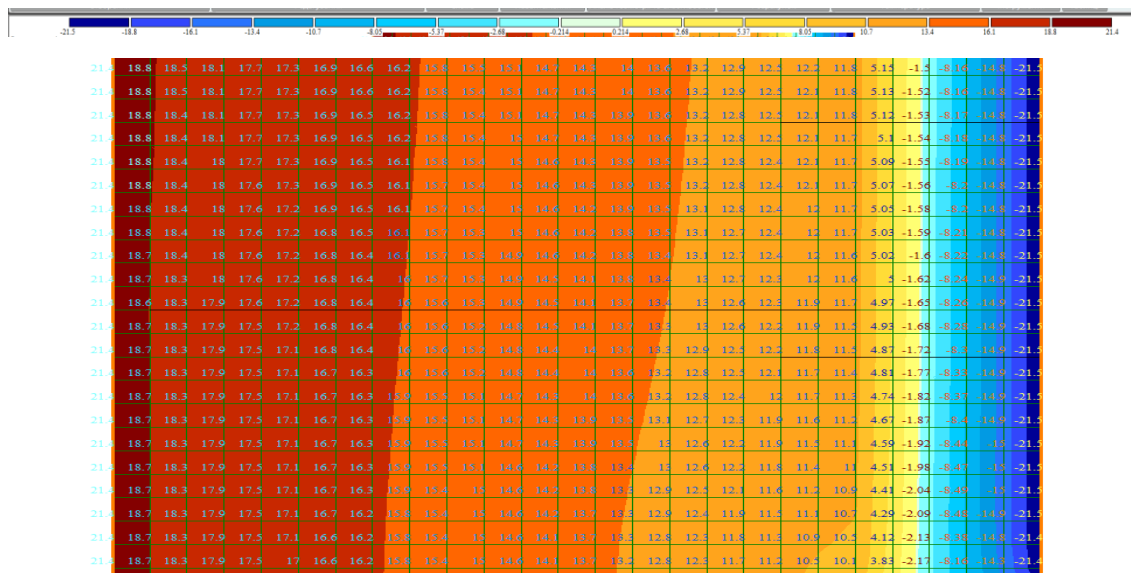


Рисунок 3.8. Моделювання температурних полів за допомогою ЛІРА-САПР (взимку)

В літній проміжок часу, коли температура в середині приміщення унормована 27°C , температура на внутрішній поверхні складає $27,1^\circ\text{C}$. Опір теплопередачі перешкоджає руху теплового потоку, чим фактично збільшує температуру внутрішньої поверхні непрозорої огорожувальної конструкції - стаціонарна теплопередача (рисунок 3.9).

Це доводить те, чому влітку в липні місяці за статистичними даними Укренерго з 2019 року по 2023 рік (Додаток Г) споживання електроенергії збільшується за рахунок охолодження приміщень з застосуванням кондиціонерів.

Але, якщо відносна вологість повітря взимку в середині приміщення тримається в межах 40-60%, то влітку може досягти і 80% в березні, червні під час природного висхідного сокоруху, а в липні за рахунок опадів.

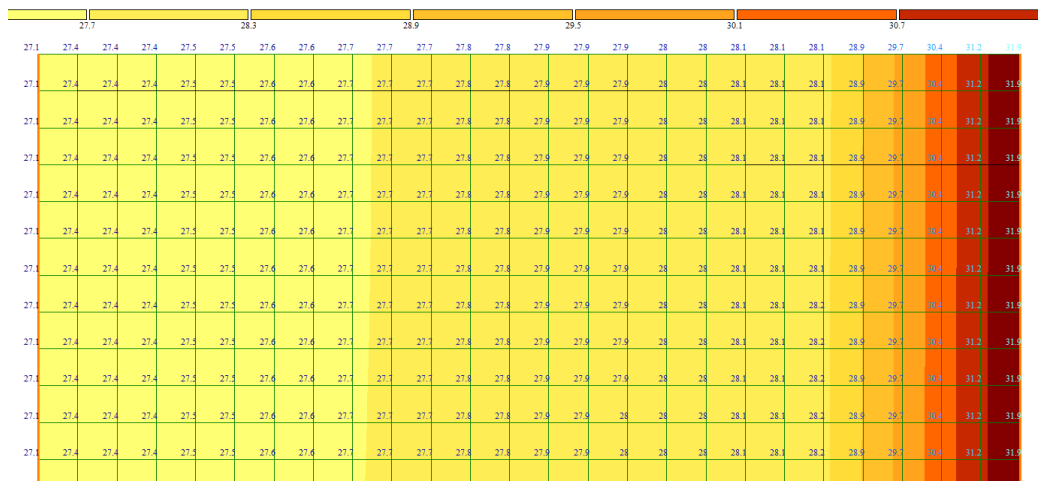


Рисунок 3.9. Моделювання температурних полів за допомогою ЛПРА-САПР (влітку)

Це свідчить про те, що, наприклад, при температурі повітря 27°C та відносній вологості повітря 60% температура точки роси буде $18,5^{\circ}\text{C}$ (таблиця 3.3). Тобто, на будь-якій поверхні, будь-то поверхня скла або поверхня стіни, температура якої виявиться нижче цього значення, буде утворюватися конденсат за умови, що поверхня є гладкою (шпалери на вініл-флізіліновій основі, керамічна плитка і т.д.).

При цій же температурі 27°C і відносній вологості повітря 80% температура точки роси складе вже $23,2^{\circ}\text{C}$ (таблиця 3.3).

Таким чином, будь-яка поверхня в приміщенні, температура якої лише на $3,8^{\circ}\text{C}$ нижче температури повітря, уможливорює конденсацію.

Згідно [58] «допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$, $^{\circ}\text{C}$ становить: для житлових будівель та будівель закладів дошкільної освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я: стіни (зовнішні, внутрішні), світлопрозорі фасади – $4,0^{\circ}\text{C}$; покриття перекриття неопалювальних горищ – $3,0^{\circ}\text{C}$; перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, над неопалюваними підвалами та підлог на ґрунті в

опалюваних приміщеннях – 2,0°C».

Ці нормативні дані свідчать про те, що влітку ймовірність появи «точки роси» збільшується. Враховуючи формулу (2.10), можна провести відповідні порівняння.

$$\Delta\theta_{\text{int-si,max}} > \theta_{\text{a,int-Tp}}, (2.10)$$

Наприклад, вологість 60% за температури 22°C – оптимальна, вологість 60%, але за температури 28°C може призвести до конденсату і появи плісняви.

Конденсація водяної пари на різних поверхнях – одна з найпоширеніших причин появи плісняви в будівлях, викликана, найчастіше, підвищеною відносною вологістю повітря і набагато рідше – поганим «утепленням» (!).

Варто відзначити, що зовнішні огорожувальні конструкції, які намокли від конденсату, втрачають свої теплоізоляційні властивості і гірше утримують тепло.

Небажане підвищення гігроскопічної вологості матеріалів може призвести до:

- збільшення ваги та/або об'єму (зміни щільності);
- зміни теплопередачі та тепловіддачі;
- провокувати протікання неконтрольованих хімічних реакцій;
- зміни межі міцності на розрив;
- зміни умов зростання бактерій та мікроорганізмів – а це вже є умовою непридатності до нормальної експлуатації.

Висновок до глави

Нажаль, проблема волого накопичення будівельними матеріалами мало вивчена, особливо при динамічних змінах зовнішнього середовища. Більше того складність дослідження її лежить в невизначені математичної моделі розрахунку, що свого часу довів К.Ф. Фокін при натурному дослідженні [69].

Тобто для розв'язання задачі, пов'язану з енергозаощадженням та забезпеченням санітарно-гігієнічних норм має бути застосований тільки

комплексний підхід – метод системного аналізу з врахуванням динамічних характеристик зовнішнього середовища.

Тож який опір теплопередачі все ж-таки більш правильний, нормативний чи за санітарно-гігієнічними нормами. Для проведення порівняння пропоную визначитись з тепловтратою будівельної конструкції.

3.8 Розрахунок тепловтрат з урахуванням динамічних характеристик зовнішнього середовища.

Згідно з нормативними актами і нормативними документами практично застосовується теплотехнічний розрахунок, який є «детальним розрахунком втрат теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції з врахуванням витрат теплоти за рахунок інфільтрації» [57].

Розрахунок базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконана будівля, орієнтації відповідно до сторін світу, витрати теплоти на вентиляцію тощо. При цьому теплотехнічні коефіцієнти, взяті з довідкової нормативної літератури, або від виробника прийняті до розрахунку квазістатичним методом.

Стаціонарна умова теплопередачі характеризується постійною в часі величиною теплового потоку і постійною різницею температур зовнішнього і внутрішнього повітря.

Відповідно до закону Фур'є для поверхневої густини теплового потоку у 1807 році французький вчений Фур'є довів експериментально, що у будь-якій точці тіла (речовини) в процесі теплопровідності є властивий однозначний взаємозв'язок між тепловим потоком і градієнтом температури:

$$\vec{q} = - \frac{\text{grad}(T) * F * \tau}{R}, \quad (3.8)$$

Де \vec{q} – щільність, густина теплового потоку, векторна величина, яка за величиною дорівнює відношенню елементарного теплового потоку, кількість теплоти, яка проходить через 1 м² площини за час (рік), розташований по нормалі

до напрямку передавання тепла, $\vec{q} = Q$, при $F=1$;

$\text{grad}(T)$ – різниця температури повітря зовні та всередині приміщення;

F – елементарна площа теплообміну;

τ – час теплообміну (рік);

R – опір теплопередачі огорожувальної конструкції елементарної площі в 1 м^2 .

З формули тепловтрат можна зробити висновок що:

- чим більша різниця температур у приміщенні та на вулиці, тим більше тепловтрати приміщення;

- більше тепловтрати - більше необхідно тепла для компенсації;

- більше споживання тепла - більше споживання енергоресурсу.

Враховуючи, що кількість теплоти, яка нам необхідна для опалення і охолодження будівлі відома п. 2.8, виконаємо розрахунки для знаходження R .

Для цього приймемо, що $F=1$, $\tau = 8760$ годин, $\text{grad}(T)$ згідно ДСТУ 9190:2022 для міста Суми за середніми показниками температура зовнішнього повітря, та 22°C в середині, Q – згідно вихідних даних, які для конструктора надає енергоаудитор і будівельні норми.

$$R = \frac{\text{grad}(T) * F * \tau}{Q}, (3.9)$$

В наведеному розрахунку не враховано значення лінійних та точкових коефіцієнтів χ і Ψ окремих будівельних конструкцій, тому цей розрахунок є умовний.

Таблиця 3.4 Опір теплопередачі з вересня по серпень з фіксованим $E_{P_{\text{USD}}}$ у відповідності до п.2.8 цієї роботи

		Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	$R_{\text{ср}}$
Q	$\theta_{a,\text{ext}}$	6,7	0,4	-4,3	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,8
	44000	3,04	4,3	5,23	5,69	5,53	4,99	2,76	1,47	0,81	0,49	0,71	1,79	3,07
	62500	2,14	2,49	3,69	4,0	3,9	3,19	1,95	1,04	0,56	0,35	0,5	1,26	2,08
	87000	1,54	2,17	2,65	2,88	2,8	2,29	1,4	0,74	0,4	0,25	0,36	0,9	1,53

Як видно з графіків (рисунок 3.10, 3.11, 3.12) для задоволення у відповідності до класів енергоефективності в потребі теплової енергії, нормований показник опору теплопередачі R_{qmin} зовнішньої непрозорої огорожувальної конструкції (при стаціонарних умовах) повністю задовольняє нормам класу «В» і «С» (при опаленні), але в середніх за рік навіть перевищує: клас «А» в 1,3 рази, клас «В» в 1,92 рази і клас «С» в 2,61 рази (при розрахунку на елементарну площу теплопередачі в 1 м^2).

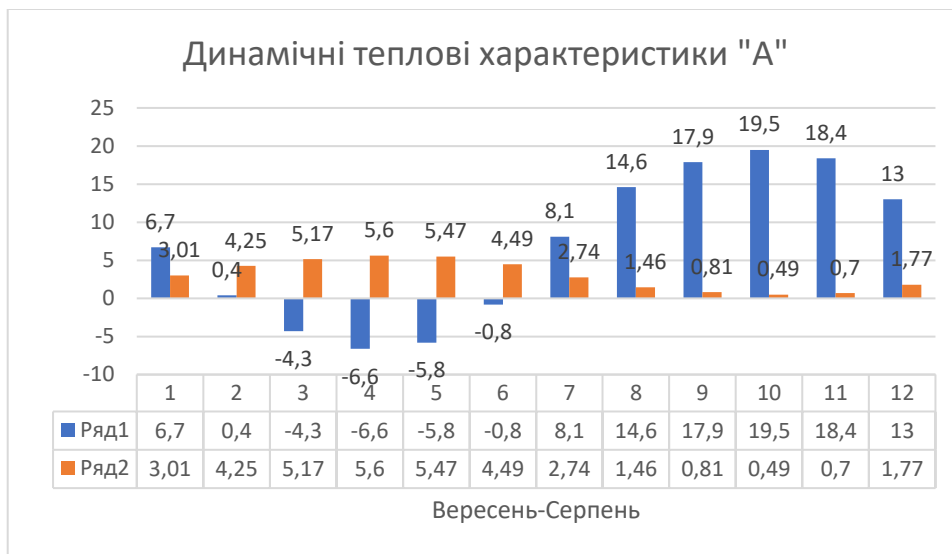


Рисунок 3.10 Співвідношення – опір теплопередачі-температура при щільності теплового потоку в $44,0 \text{ кВт/м}^2$ в рік

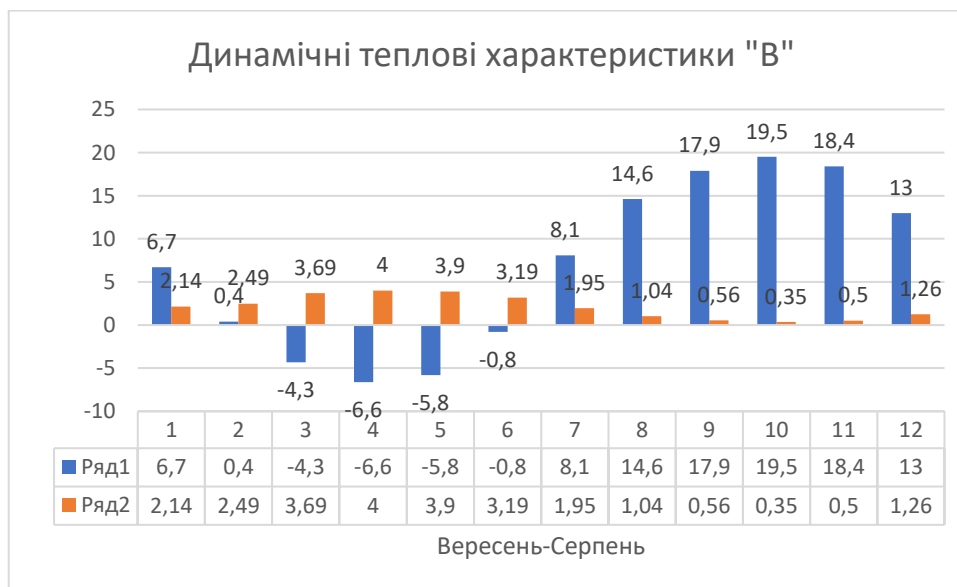


Рисунок 3.11 Співвідношення – опір теплопередачі-температура при щільності теплового потоку в $62,5 \text{ кВт/м}^2$ в рік

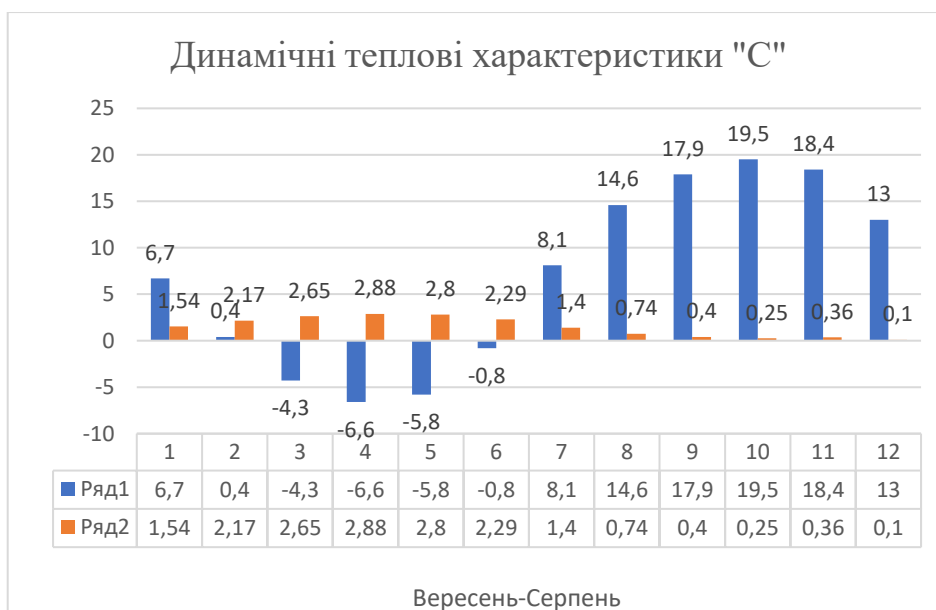


Рисунок 3.12 Співвідношення – опір теплопередачі-температура при щільності теплового потоку в $87,0 \text{ кВт/м}^2$ в рік

Даним розрахунком підтверджено норму, яку наведено у [32], що «кількість енергії, необхідної для нагрівання, охолодження і регулювання вологості приміщень, визначають на підставі: ...динамічних теплових характеристик конструктивної системи будівельного об'єкта...» - розрахунки п.3.7 та п. 3.8 цієї роботи повністю підтверджують норму.

В залежності від того, що замкнений контур має різні конструктивні рішення з різними опорами теплопередачі (скляна огорожувальна конструкція, дах, підлога та різні конструктивні рішення зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій) для проектування з найменшою категорією енергопотреби клас «А» - середній опір теплопередачі для всіх елементів конструкції не повинен бути меншим за $3,07 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. І це буде достатньою умовою для технологічної карти за моделлю клас «А» за умови, що теплові потоки підводяться до поверхонь по нормалі. Тобто, робота виконується максимально. Вологість конструктиву при цьому повинна бути в межах 40%.

З урахуванням [69], що кількість теплоти (в холодний проміжок часу), яка підведена до поверхонь (n+1) відповідає тангенсу кута нахилу до поверхонь:

$$Q = \frac{\theta_{int,n} - \theta_{int,n+1}}{R_n} = tg\alpha \quad (3.10)$$

Де $\theta_{int,n}$ - температура шару огороження

$\theta_{int,n+1}$ – температура на наступному шарі огороження

R_n – опір теплопередачі шару огороження

Враховуючи дану формулу, можна зробити висновок, що тепловий потік при стаціонарній теплопередачі, який проходить крізь огорожувальну конструкцію є однаковим по величині в будь якому шарі огороження, то $tg\alpha$ – кут нахилу температурної лінії до горизонталі буде мати вигляд ломаної лінії, нахил якої буде більшим в шарах з матеріалами, які мають менше значення теплопередачі (рисунок 3.13).

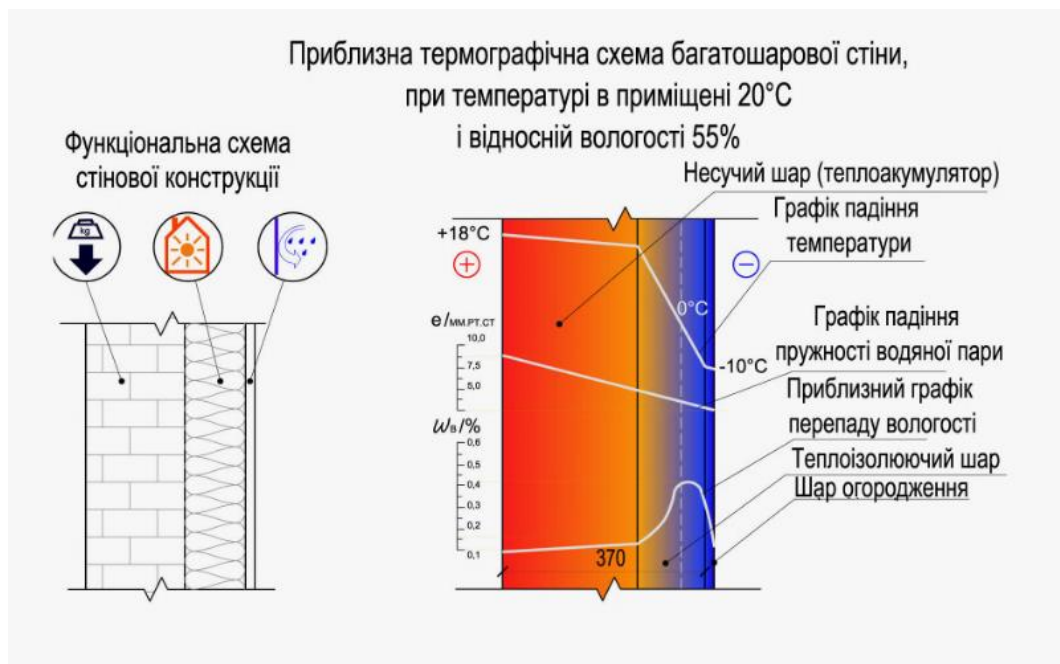


Рисунок 3.13 Приблизна термографічна схема багатошарової стіни

Оскільки нас цікавлять цифри кількості теплового потоку у відповідності до класів енергоефективності в годину (п.2.8), представимо їх і результати приведемо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.5 Тангенси кутів

$tg\alpha$	281^0	279^0	277^0	269^0	180^0
$Q, \text{ Вт/м}^2$ год	-5,14	-6,31	-8,14	57,29	0

На основі цих даних можна зробити висновок, що незначна зміна кута нахилу температурної лінії до горизонталі, може привести до показників, як з поглинанням енергії поверхнею, так і з виділенням. Причому вектор теплового потоку, який підходить до огорожувальних поверхонь (рисунок 3.13) під кутом 281° – буде відповідати витраченій енергії в $5,14 \text{ Вт/м}^2$, а при куті 269° – буде повертатися назад з додатною кількістю енергії в $57,29 \text{ Вт/м}^2$. По нормалі $=0 \text{ Вт/м}^2$, тобто не витрачаючись.

(Для врахування цих параметрів і була створена теорія потоку, яка є частиною «Теорії компенсації» стосовно генерації енергії і її оптимального розподілу. – А.Ф.)

Резюмуючи, можна констатувати, що проєктована огорожувальна конструкція або її частина повинна пропускати тепловий потік не більший, ніж нормований, виходячи з наступних умов:

- теплового комфорту або відсутності конденсації водяної пари на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції,
- забезпечення умов, що задаються технологічною картою при проєктуванні.

Маючи такі вихідні данні конструктор повинен розробляти відповідні технологічні карти, але не забувати, що огорожувальний контур повинен бути з динамічними характеристиками і застосовувати ті матеріали, які будуть найефективніше задовольняти параметри по енергоспоживанню з врахуванням санітарно-гігієнічних норм.

Висновок до глави

Ми не можемо впливати на температуру на вулиці, але можемо впливати на температуру приміщення.

Температура надворі постійно змінюється. Наприклад, вночі -10°C , вранці 0°C , вдень $+5^{\circ}\text{C}$ і так далі, до того ж не тільки в добу, але і - днях, тижнях, місяцях. Наприклад, сьогодні холодно, завтра – тепліше тощо.

Це означає, що «тепловтрата будинку» величина не постійна, а, швидше,

постійно змінна. Особливо зі зміною клімату в нашій країні з помірно-континентального у бік різкості. Тобто, коли у квітні випадає сніг, а у травні може бути 0⁰С вночі та +25⁰С вдень.

І це питання потребує трішки іншого підходу, який був запропонований та апробований – «Теорія компенсації», яка буде опублікована у вигляді наукових статей (<https://orcid.org/0009-0003-4133-4947>. - А.Ф.).

3.9 (Правило) енергоефективності.

(Правило енергоефективності. – А.Ф.)

Для врахування санітарно-гігієнічних умов з урахуванням оптимізації експлуатації будівель на весь життєвий цикл на основі розрахункової моделі було створене (правило) енергоефективності.

(Закон збереження енергії не має на увазі оптимізації чи термомодернізації. Закон збереження енергії прямолінійно вказує на енергетичне рішення по відношенню до кількості витраченої енергії та її оптимізацію після виведення системи із енергетичної рівноваги. – А.Ф.).

(Об'єктом дослідження є людина, а предметом дослідження – середовище в якому знаходиться людина. – А.Ф.)

Досягти цих цілей можливо лише методами інженерного проектування, використовуючи досягнення багатьох наукових і прикладних дисциплін, забезпечуючи їх прив'язку до вимог і особливостей будівельних систем, які мають багато специфічних особливостей.

Висновок до глави

Високих критеріїв, які ставить нам законодавча ініціатива, яка введена в дію Національним планом щодо енергозаощадження можливо досягти лише об'єднанням фахівців з будівництва, санітарії, матеріалознавства і економіки. Об'єднуючим науковим досягненням для цього має стати наука системотехніка, яка як раз і націлена на синтез всіх інформаційних потоків для приведення до результату.

Прикладом для асоціацій може в цьому випадку стати автопром. Застосування іншого підходу, іншої парадигми, з заміною двигунів внутрішнього згоряння на електродвигуни вдалося збільшити ККД системи від 38% - для двигунів внутрішнього згоряння до 70% і вище для електродвигунів з подальшою оптимізацією. І це є інженерний підхід, який є кроком вперед.

Будівельні системи складаються з неоднорідних елементів (технічних, технологічних, економічних, організаційних, соціологічних, психологічних, екологічних тощо), майбутньому інженерові необхідно досить глибоко розбиратися у всіх елементах і володіти різнобічними спеціальними знаннями.

Головне - в баченні системи в цілому, в правильному визначенні мети її функціонування, структури, критеріїв, обмежень, зовнішніх і внутрішніх зв'язків, які є об'єднаними щодо більш загального аналізу ситуацій.

3.10 Авторське конструктивне рішення

(Будівельна конструкція, яка спирається на теплофізичних властивостях відносно сухих поверхонь – «відносне вакуумування». Фізична сутність відносного вакуумування полягає в механічному видаленні з мінеральних матеріалів з яких складається огорожувальна конструкція надлишкової води для приведення до відносно сухих поверхонь, відносна вологість яких менше 40%, тобто менше розрахункових за нормативами. – А.Ф.).

Продукція виготовляється за стандартом ДСТУ Б В.2.7-126:2011, та може бути запропонованою для практичного застосування на об'єктах будівництва.

Загальні висновки

Проектування будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії - не проста задача. Але досяжна, якщо виконувати Державні будівельні норми України.

Дослідженнями були підтверджені умови для технологічних карт щодо приведення будинків з близьким до нульового рівня споживання енергії саме опоряджувально-захисними рішеннями, врахувавши реакцію системи при експлуатації будівель з компенсацією і без компенсації енергії, взявши за основу санітарно-гігієні норми.

Будинки мають бути розраховані, запроектовані і побудовані з урахуванням двох груп граничних станів.

Матеріалами дослідження підтверджено, що вологонакопичення огороджувальним конструктивом будівель відбувається влітку.

Щодо первинної енергії і її розподілу – енергетичні мережі України не розраховані на категорію «А», але авторське конструктивне рішення з застосуванням опоряджувально-захисних будівельних матеріалів дозволить привести санітарно-гігієнічні вимоги до норм.

Відповідно до «Теорії компенсації» оптимальна дія є «енергетичне рішення» (виключно цей термін надає можливість налагодити зв'язки між санітарно-гігієнічними нормами та будівельними нормами).

Завершальним етапом розрахунків є розроблення відповідних конструктивно-технологічних рішень для проектування - технологічних карт, які мають привести до «енергетичного рішення». При цьому ланцюг – архітектор, конструктор, енергоаудитор є взаємопов'язаними і не взаємозамінними.

З економічної точки зору, враховуючи Державні будівельні норми України «енергетичні рішення» відповідно до категорії споживання «А-Г», не передбачають енергомодернізацію. «Технологічна карта» повинна забезпечити «енергетичне рішення», та бути економічно обґрунтованою.

Summary of conclusions

Designing buildings with near-zero energy consumption is not an easy undertaking. But it is achievable if the State Building Standards of Ukraine are followed.

Studies have confirmed the conditions for technological maps for bringing buildings to near-zero energy consumption with finishing and protective solutions, taking into account the reaction of the system during the operation of buildings with and without energy compensation, based on sanitary and hygienic standards.

Buildings must be calculated, designed and constructed taking into account two groups of limit states.

The study materials confirmed that moisture accumulation by the building envelope occurs in summer.

As for primary energy and its distribution, Ukraine's energy networks are not designed for category A, but the author's design solution with the use of finishing and protective building materials will bring sanitary and hygienic requirements up to standard.

According to the "Theory of Compensation", the optimal action is an "energy solution" (this term alone makes it possible to establish links between sanitary and hygienic standards and building standards).

The final stage of the calculations is the development of appropriate design and technological solutions for design and technological map effectiveness, which should lead to an "energy solution". The chain of architect, designer and energy auditor is interconnected and not interchangeable.

From an economic point of view, taking into account the State Building Standards of Ukraine, "energy solutions" in accordance with the consumption category "A-G" do not include energy modernization. The "technological map" should include an "energy solution" and be economically justified.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про енергетичну ефективність». Документ 1818-IX, [чинний, поточна редакція] — Редакція від 27.07.2023, підстава - 3220-IX. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
2. Закон України «Про енергоефективність будівель». Документ 2118-VIII, [чинний, поточна редакція] — Редакція від 03.08.2023, підстава - 2392-IX. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
3. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року/ Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>
4. Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2018/2002 від 11 грудня 2018 року. Про внесення змін до Директиви 2012/27/ЄС про енергоефективність. Документ 984_041-18, чинний, поточна редакція — Прийняття від 11.12.2018. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_041-18#Text
5. Директива 2009/125/ЄС. Про рамки для встановлення вимог до екодизайну для пов'язаних з енергоспоживанням продуктів. Документ 984_011-09, [чинний, поточна редакція] — Прийняття від 21.10.2009. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-09#Text
6. Регламент (ЄС) 2017/1369 про встановлення рамок для енергетичного маркування. Документ 984_009-17, [чинний, поточна редакція] — Прийняття від 04.07.2017. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_009-17#Text
7. Олексієнко О.Б., Наукові основи забезпечення стійкості фасадних систем з штукатурним шаром до кліматичних впливів, ISSN 2313-6669 «ScIeNce & coNStructIoN» «НАУКА ТА БУДІВНИЦТВО» 1(31)'2022

8. С.П. Денисюк Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні виклики та європейські орієнтири, Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013. №2
9. Г.Г.Фаренюк, О.І. Філоненко, М.В. Тимофєєв Енергоефективність громадських будинків з врахуванням ергономіки теплового середовища, Комунальне господарство міст, 2017, випуск 135
10. В.І. Дешко, М.М. Шовкалюк, Ю.С. Кузьміна. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. № 1
11. В.О. Іваненко, А.К. Завойський, Українська стіна в багатоповерховому будівництві, Нові технології в будівництві №25, 26 2013
12. Забезпечення енергоефективності будівель Марина Лапа, Марина Двоєглозова, Ілля Печонкін, Юлія Лапа ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ № 1 (7), 2017
13. Geikins, A. (2022) Methodology for Evaluation of Energy Efficiency of Unclassified Buildings. RTU Press.
14. Karimi, H. et al. (2023) Green Buildings: Human-Centered and Energy Efficiency Optimization Strategies. Energie, 16/9, p.3681.
15. Huang, C. (2023) Discussion on Optimization Measures of Building Construction Management Technology. Journal of Architectural Research and Development, 7(1), 17–24.
16. Hummel, M. et al. (2023) How cost-efficient is energy efficiency in buildings? A comparison of building shell efficiency and heating system change in the European building stock. Energy Efficiency. 16(5).
17. Білоус, І. Ю. и Дешко, В. І. и др. (2015). Управління ефективністю використання енергії вищими навчальними закладами. НТУУ "КПІ", 157с.
18. Hromadka, V. et al. (2023) Optimizing Energy-Saving Measures in New Residential Buildings Regarding Life-Cycle Costs. Buildings, 13(8). p. 1907.

19. Papadakis, N. & Katsaprakakis, D. A. (2023) A Review of Energy Efficiency Interventions in Public Buildings. *Energies*, 16(17). p. 6329.
20. Rodríguez, J. S. T. et al. (2023) The Interconnection between Energy Efficiency and CO₂ Mitigation in the Development of Multifamily Buildings. *International Journal of Membrane Science and Technology*. 10(3) 1333–1339.
21. Вілінська, Л. М. и Бурлака, Г. М. и Гурська, А. В. (2023) Енергоефективність багатоквартирного будинку. *Український журнал будівництва і архітектури*, 3(015), ISSN 2710-0367 (Print), ISSN 2710-0375 (Online).
22. Walter, I., Tanasković, M. & Stanković, M. (2023). Energy Efficiency Assessment for Buildings Based on the Generative Adversarial Network Structure. *Eng.* 4(3), 2178–2190.
23. Franco, A., Miserochi, L. & Testi, D. (2023). Energy efficiency in shared buildings: Quantification of the potential at multiple scales. *Energy Reports*, 9, 84–95.
24. Режим доступу: <https://www.betterup.com/blog/efficiency-vs-effectiveness>
25. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель EN 15217:2007, IDT. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56322
26. БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА Курс лекцій для студентів усіх форм навчання будівельних спеціальностей Укл.: Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 100 с.
27. ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ Андрій Фесенко здобувач СО «Магістр», Людмила Циганенко к.т.н., доцент. Міжнародна науково-технічна on-line конференція "ПРОБЛЕМИ БУДІВЕЛЬНОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ" (23-24 травня 2023 року). Режим доступу: <https://www.kntu.kr.ua/?view=science&id=4>

28. Географія. Підручник для 6 класу загальноосвіт. навчальних закладів/ Б.М. Бойко, С.В. Міхелі. – Харків: СИЦІЯ, 2014. – 256с.:іл. ISBN 978-966-2542-60-8
29. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
30. Режим доступу: <https://hubz.ua/news/u-vooz-sklaly-perelik-nebezpechnyh-patogeniv/>
31. Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г. Методичні основи нового покоління будівельних норм з енергоефективності будівель. ISSN 2313-6669 «science & construction» «наука та будівництво» 3-4(33-34)'2022
32. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98036
33. "Енергоефективність в будівництві" Конспект лекцій з дисципліни: 192 КНУБА, 83 стор.
34. Вольфганг Файст. Дисертація «Пасивні будинки в Центральній Європі», засновник Інституту Пасивного Будинку.
35. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Пасивний будинок](https://uk.wikipedia.org/wiki/Пасивний_будинок)
36. Будівельні конструкції: навчальний посібник / авт.. кол. Т.М. Пащенко, О.О. Сліпич, І.Б. Дремова – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2015. – 310с.
37. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Зі Зміною № 1. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59627
38. Режим доступу: <https://axiomplus.com.ua/ua/news/klassyi-energorotrebleniya/>
39. Регламент (ЄС) 2017/1369 Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2017 року. Про встановлення рамок для енергетичного маркування. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_009-17#Text
40. Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та

обстеження інженерних систем // Затв. Постановою Кабінету Міністрів від 26 липня 2018 р. № 605 - 16 с.

41. Портал державної електронної системи у сфері будівництва. Режим доступу: <https://e-construction.gov.ua/>
42. База даних енергетичних сертифікатів URL: <https://saee.gov.ua/>
43. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (укр/рос). Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text
44. Паризька хартія для нової Європи. Режим доступу: <https://ua.ambafrance.org/Tridcyatiriichchya-prijnyattya-Pariz-koyi-hartiiyi-budiivnictvo-spiil-nogo>
45. Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=333304>
46. ДСТУ ISO/TS 15686-9:2020 Будинки та об'єкти нерухомого майна. Планування термін служби. Частина 9. Посібник з оцінки даних про термін служби (ISO/TS 15686-9:2008, IDT). [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=89639
47. ДСТУ ISO 15686-8:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 8. Нормативний термін служби та обчислення терміну служби (ISO 15686-8:2008, IDT). [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89638
48. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50154
49. Будівельна фізика : підручник / Т. В. Жидкова, Т. М. Апатенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 405 с.

50. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98996
51. Режим доступу: академічний тлумачний словника української мови <http://sum.in.ua/s/onlajn>
52. Хлібороб України, 12, 1965, 20. Режим доступу: Хлібороб України, 12, 1965, 20
53. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61812
54. МІНІМАЛЬНІ ВИМОГИ до енергетичної ефективності будівель Наказ від 27.10.2020 № 260. [Чинний]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text>
55. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною № 1. [Чинний]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78683
56. МЕТОДИКА визначення енергетичної ефективності будівель, наказ 11.07.2020 № 261. [Чинний]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
57. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98995
58. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037

59. Основи системотехніки: навчальний посібник / Є. Ю. Сахно, О. І. Терещук, В. М. Чуприна, С. В. Коваленко. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 280 с.
60. Волчанський О.В. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник: [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Гур'євська О.М., Подопригора Н.В. – Кіровоград: ТОВ «Сабоніт», 2012. – 431 с.
61. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Фізика>
62. ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ. Навчальний посібник, Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020 рік , 144 стор, 5
63. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., – К.: Либідь, 2007. - 656 с.
64. Режим доступу: <https://day.kyiv.ua/article/ukrayina-incognita/dyvlyus-ya-na-nebo-ta-y-dumku-hadaYu>
65. Режим доступу: <https://focus.ua/uk/technologies/584991-na-porozi-revolyuciyi-v-suchasnij-fizici-vcheni-nablizilisya-do-vidkrittuya-pyatoyi-sili-prirodi>
66. ГІЛЬЧУК А.В., ХАЛАТОВ А.А. Теорія теплопровідності. Навчальний посібник. національний технічний університет України «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського», 86 стор.
67. Лозинський Р. Я. Теплофізика та пожежна безпека. Частина II. Теплопередача. – Львів, 2020. – 112 с.
68. EN 15232:2007. Енергетична ефективність будівель - Вплив автоматизації, контролю та управління будівлею. CEN. 2007.
69. Фокін К.Ф. Будівельна теплотехніка огороджувальних частин будівель/ Під ред. інж. О.Е. Власова.: Держбудвидання, 1933.-211 с.
70. Будівельна теплофізика. Курс лекцій для студентів усіх форм навчання будівельних спеціальностей. Укл.: Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 100 с.

71. Режим доступу: <http://ashrae-meteo.info/v2.0>
72. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Термічний опір](https://uk.wikipedia.org/wiki/Термічний_опір)
73. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78182
74. Закон України «Про будівельні норми». [Чинний]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17#Text>
75. «Енергетичний менеджмент» - Ю.В. Дзядикевич, М.В. Буряк, Р.І. Розум – Тернопіль: - Економічна думка, 2010. - 295 с.
76. Державна служба статистики України. Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua (<https://ukrstat.gov.ua/express/expr2021/11/147.pdf>)
77. Статистичні дані Укенераго. Режим доступу: <https://ua.energy/>, <https://glavcom.ua/country/incidents/ukrenerho-povidomilo-chi-budut-trivali-vidkljuchennja-svitla-vlitku-931190.html>
78. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Діючий]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61812

Додаток А

Класифікація житла за «комфортом» на думку ріелторів

Вимога		Економ	Комфорт	Бізнес	Еліт
Місце розташування		Периферій- на зона, спальні райони	Периферій- на зона, спальні райони біля транспортно ї розв'язки	Централь- на, історична зона міста	Централь- на, історична зона міста
Технічні характеристи- ки будівель	Техноло- гія будівни- цтва	Панельна, монолітно- каркасна	Монолітно- каркасна	Монолітно -каркасна	Монолітно -каркасна
	Стіни	Газоблок, цегла, залізобето н	Газоблок, цегла, керамоблок	Газоблок, цегла, керамо- блок	Цегла
	Висота стелі	Від 2,5 м	Від 2,8 м	Від 3,0 м	Від 3,0 м
	Еколо- гічність матеріа- лів	Згідно державних будівель- них норм	Згідно державних будівель- них норм	Обов'яз- ково	Обов'яз- ково

Додаток Б

Державна класифікація будівель

→	за призначенням	<ul style="list-style-type: none"> ▶ цивільні: житлові – для постійного або тимчасового проживання; громадські – для соціального обслуговування; ▶ промислові – для розміщення виробництва; ▶ сільськогосподарські – для розміщення сільськогосподарських виробництв
→	за поверховістю	<ul style="list-style-type: none"> ▶ малоповерхові (до 5 поверхів); ▶ середньої поверховості (5-12); ▶ висотні (понад 12 поверхів)
→	за конструкцією стін	<ul style="list-style-type: none"> ▶ дрібноелементні: із дрібнорозмірних елементів (цегли, керамічного каменю, дрібних блоків); ▶ крупноелементні: з великих блоків, панелей, об'ємних блоків
→	за способом спорудження	<ul style="list-style-type: none"> ▶ повнозбірні, які монтуються з конструкцій та деталей заводського виготовлення; ▶ неіндустріальні, які викладаються з дрібно штучних виробів (цегла, керамічний камінь); ▶ збірно-монолітні, при спорудженні яких використовують як монолітні, так і вироби заводського виготовлення
→	за довговічністю тобто здатністю конструкцій	<ul style="list-style-type: none"> ▶ I ступінь – термін служби більш 100 років; ▶ II ступінь – від 50 до 100 років; ▶ III ступінь – від 20 до 50 років; ▶ IV ступінь – від 5 до 20 років
→	По вогнестійкості, залежності від ступеня загорання і межі вогнестійкості конструкцій	<ul style="list-style-type: none"> ▶ I ступінь – будівлі з кам'яними конструкціями; ▶ II ступінь – будівлі з кам'яними конструкціями; ▶ III ступінь – будівлі з кам'яними конструкціями; ▶ IV ступінь – будівлі з дерев'яними оштукатуреними конструкціями; ▶ V ступінь – будівлі з дерев'яними неоштукатуреними конструкціями
→	За капітальністю будівлі поділяють на чотири класи	<ul style="list-style-type: none"> ▶ I клас – промислові і громадські будівлі, а також 9-ти поверхові житлові будинки з підвищеними експлуатаційними і архітектурними вимогами; ▶ II клас – більшість невеликих промислових і громадських будівель, а також житлові будинки до 9-ти поверхів; ▶ III клас – будівлі з середніми експлуатаційними і архітектурними вимогами і житлові будинки до п'яти поверхів; ▶ IV клас – відносять тимчасові будівлі з мінімальними експлуатаційними і архітектурними вимогами

Додаток В

Аналіз нормативної літератури для створення розрахункової моделі

«Відповідно до Настанови з проведення енергетичної оцінки будівель ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015:

а) модель, що використовується для стандартної розрахованої енергетичної оцінки, може прогнозувати вплив модернізації лише у відношенні опалення, охолодження, гарячого водопостачання, вентиляції або освітлення. Її не можна використовувати для прогнозування впливу покращеного управління або поведінки користувачів, оскільки вона базується на стандартних вхідних даних;

б) спеціалізовані розрахункові моделі, які застосовують для прогнозування заощаджень від конкретних заходів (наприклад, розрахунок енергозаощадження при покращенні теплової ефективності вікна шляхом множення коефіцієнта теплопередачі на площу та градусо-години не враховує того, що низький коефіцієнт пропускання сонячного світла зменшує надходження сонячного тепла і, таким чином, змінює коефіцієнт використання), не завжди можливо використовувати» [53].

«Розрахункова теплопровідність матеріалів огорожувальних конструкцій встановлюється з урахуванням температурних умов експлуатації матеріалу у складі огорожувальної конструкції, вологості матеріалу, яка залежить від виду матеріалу та конструктивного рішення огороження, а також зміни властивостей матеріалу у часі» [57].

«Еталонна будівля має відображати типову геометрію та конструктивні системи будівлі, типові енергетичні характеристики огорожувальних конструкцій теплоізоляційної оболонки, інженерних систем будівлі, типову функціональність та типову структуру енергетичних витрат з урахуванням характерних кліматичних умов, географічного розташування, температурних зон та сформованих особливостей забудови. Еталонні будівлі мають встановлюватись для будівель, на які розповсюджується дія Закону [2]» [32].

ДБН В.1.2-11:2021 «Енергозбереження та енергоефективність» [32] доповнює Закон «Про енергоефективність будівель» та визначають основні положення основної вимоги щодо забезпечення економії енергії та енергетичної ефективності (далі - головна вимога) відповідно до Закону України «Про будівельні норми», загальною вимогою якого є те, що будівлі і споруди повинні бути придатними до використання за призначенням з урахуванням, зокрема, безпеки та здоров'я людей, які задіяні протягом усього життєвого циклу об'єкта.

П. 8.1 ДБН В.1.2-11:2021 забезпечення виконання основної вимоги має виконуватися на всіх етапах життєвого циклу: проектування, виробництва, будівництва, експлуатації та виводу із експлуатації [32].

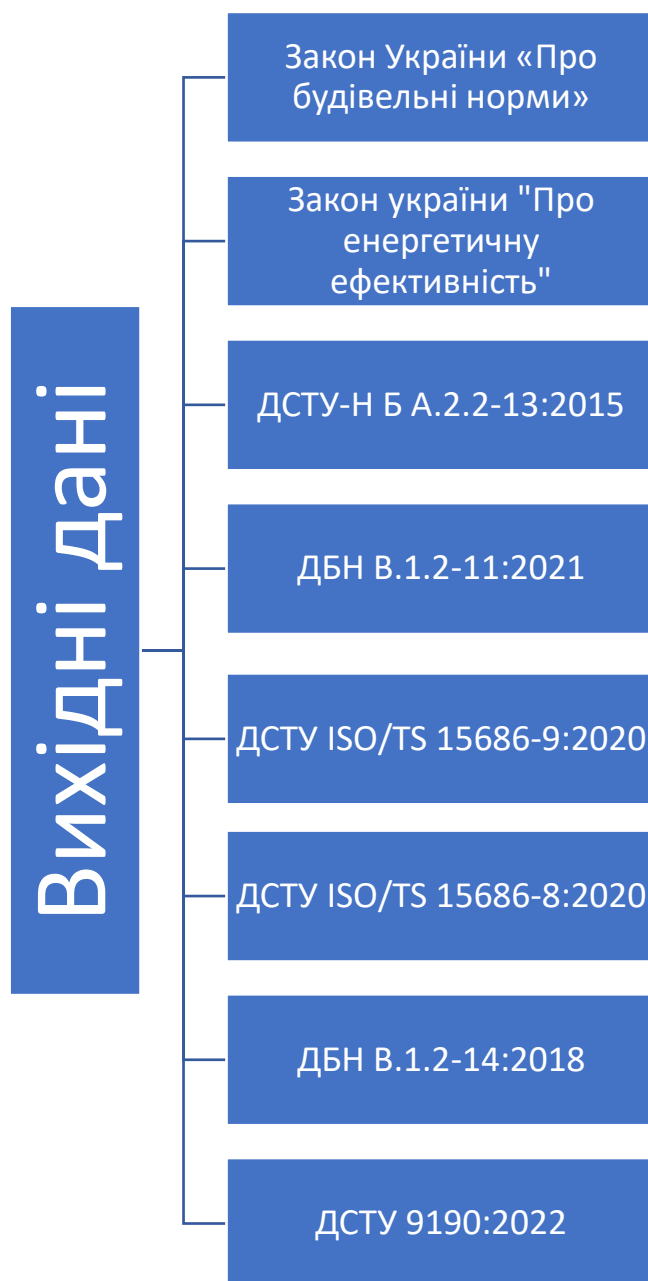
Відповідно до Настанови з проведення енергетичної оцінки будівель ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 показником енергетичної ефективності будівлі представляють загальним показником EP, який представляють: - первинною енергією (EP) - як основним показником енергетичної ефективності; - викидами CO₂ (mCO₂) - як додатковим показником енергетичної ефективності.

Для представлення вимог до енергетичної ефективності використовують наступні показники енергетичної ефективності: - загальна вимога до енергетичної ефективності на базі первинної енергії згідно з чинними нормами. [53]

Що і було взято за мету дослідження з урахуванням Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та ст.7 п. 13 очікуваний клас енергетичної ефективності будівлі, визначений проектною документацією на будівництво об'єкта, є істотною умовою правочинів щодо набуття прав на приміщення в об'єктах нового будівництва, та має бути підтверджений енергетичним сертифікатом [2]. Енергетичний сертифікат має строк дії 10 років. А щодо стратегії термомодернізації будівель у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель то переглядається кожні п'ять років з урахуванням результатів моніторингу її реалізації [2].

Додаток Г

Аналіз нормативної літератури для проектування зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель цивільного призначення в сфері енергоефективності для конструктора



Таблиця Г. Кліматична дані в показниках температури м.Суми з вересня по серпень, відповідно до ДСТУ 9190_2022

	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
6,8	6,7	0,4	-4,3	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0
1	11	5,6	-0,3	-4,9	-7,3	-6,8	-2	5,9	11,7	14,7	16,6	15,7
2	10	4,8	-0,8	-5,3	-7,9	-7,4	-2,7	5,1	10,7	13,8	15,7	14,7
3	9,2	4,2	-1,2	-5,8	-8,4	-7,9	-3,2	4,4	9,9	13	14,9	13,9
4	8,6	3,6	-1,5	-6,1	-8,8	-8,3	-3,6	3,8	9,3	12,5	14,4	13,3
5	8,1	3,2	-1,8	-6,4	-9,2	-8,7	-4	3,4	8,9	12,2	14,1	12,8
6	7,8	2,8	-2,0	-6,7	-9,5	-8,9	-4,2	3,2	8,8	12,3	14	12,7
7	7,7	2,6	-2,2	-6,9	-9,7	-9,1	-4,3	3,3	9,2	12,9	14,5	12,9
8	8,1	2,6	-2,2	-6,9	-9,8	-9,1	-4,1	3,9	10,2	14	15,5	13,7
9	9,3	3	-1,9	-6,9	-9,7	-8,6	-3,5	5,1	11,7	15,6	17	15,2
10	11	4,1	-1,2	-6,3	-9	-7,7	-2,3	6,8	13,6	17,4	18,8	17,1
11	13	5,8	-0,2	-5,2	-7,7	-6,3	-1	8,6	15,6	19,3	20,7	19,2
12	15	7,6	1	-4,0	-6,2	-4,9	0,4	10,3	17,5	21	22,4	21,1
13	16,7	9,3	2	-2,8	-4,8	-3,7	1,6	11,7	19	22,4	23,8	22,7
14	17,9	10,1	2,7	-2	-3,8	-2,8	2,4	12,7	20	23,3	24,7	23,8
15	18,3	10,8	3	-1,7	-3,4	-2,5	2,7	13	20,4	23,6	25	24,1
16	18,2	10,8	3	-1,7	-3,5	-2,6	2,6	12,9	20,3	23,5	24,9	24
17	17,9	10,6	2,8	-1,8	-3,6	-2,7	2,4	12,6	19,9	23,1	24,5	23,7
18	17,4	10,2	2,6	-2	-3,9	-3,0	2,1	12,1	19,3	22,4	23,9	23,1
19	16,8	9,8	2,3	-2,3	-4,2	-3,4	1,7	11,5	18,5	21,6	23,1	22,3
20	16	9,2	2	-2,6	-4,6	-3,8	1,2	10,7	17,5	20,6	22,2	21,4
21	15	8,6	1,6	-3,0	-5,1	-4,4	0,6	9,8	16,4	19,4	21,1	20,3
22	14	7,8	1,1	-3,5	-5,6	-5,0	0	8,8	15,2	18,2	19,9	19,1
23	13	7,1	0,6	-3,9	-6,2	-5,6	-0,7	7,9	14	17	18,8	18
24	12	6,3	0,2	-4,4	-6,7	-6,2	-1,4	6,9	12,8	15,8	17,6	16,8

Критерій оцінки енергоефективності будівель

«Основним критерієм оцінки, та розмежування за класами енергоефективності є визначення енергетичних характеристик будівель, які виконується на основі енергетичного балансу теплоізоляційної оболонки будівлі» [25].

«Критерієм, за яким оцінюється енергетична ефективність житлових або громадських будівель в цілому чи їх відокремлених частин (за умови їх автономності) є виконання умови:

$$EP_{use} \leq EP_p, \text{ (Г.1)}$$

При реконструкції чи капітальному ремонті: [54]

$$EP_{use} \leq 1,2 \times EP_p, \text{ (Г.2)}$$

де EP_{use} – річне розрахункове або фактичне значення загального показника питомого енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні;

EP_p – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, та громадських будівель, $[\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3]$, залежно від призначення будівлі, її поверховості або показника компактності, температурної зони експлуатації» [54].

«Клас енергетичної ефективності будівель визначається за показником, ΔEP , %, який є відсотковою різницею між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, EP_{use} , $\text{кВт} \times \text{год}/\text{м}^2$, $[\text{кВт} \times \text{год}/\text{м}^3]$ та граничним значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, EP_p , $\text{кВт} \times \text{год}/\text{м}^2$, $[\text{кВт} \times \text{год}/\text{м}^3]$, й розраховується за формулою

$$\Delta EP = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \times 100, \quad (\text{Г.3})$$

де: EP_{use} - загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні

- для житлових будівель та готелів

$$EP_{use} = (Q_{H,use} + Q_{C,use}) / A_f, \quad (\text{Г.4})$$

- для громадських будівель

$$EP_{use} = (Q_{H,use} + Q_{C,use}) / V, \quad (\text{Г.5})$$

де $Q_{H,use}$, $Q_{C,use}$ – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні, відповідно, $\text{кВт}\cdot\text{год}$;

A_f , V – кондиціонована (опалювана) площа для житлової, м^2 , та кондиціонований (опалюваний) об'єм для громадської будівлі (або її частини), м^3

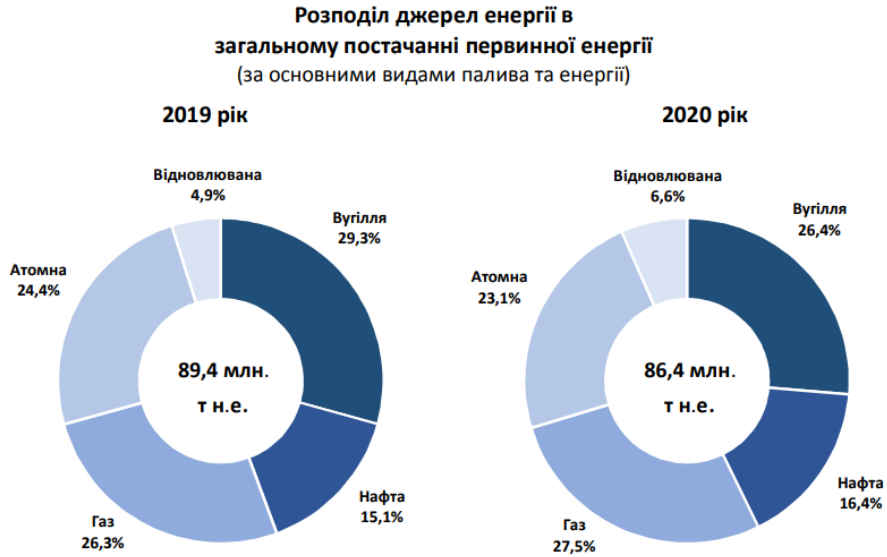
EP_p - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель» [56]

Додаток Г

Статистичні дані

Згідно [76]:

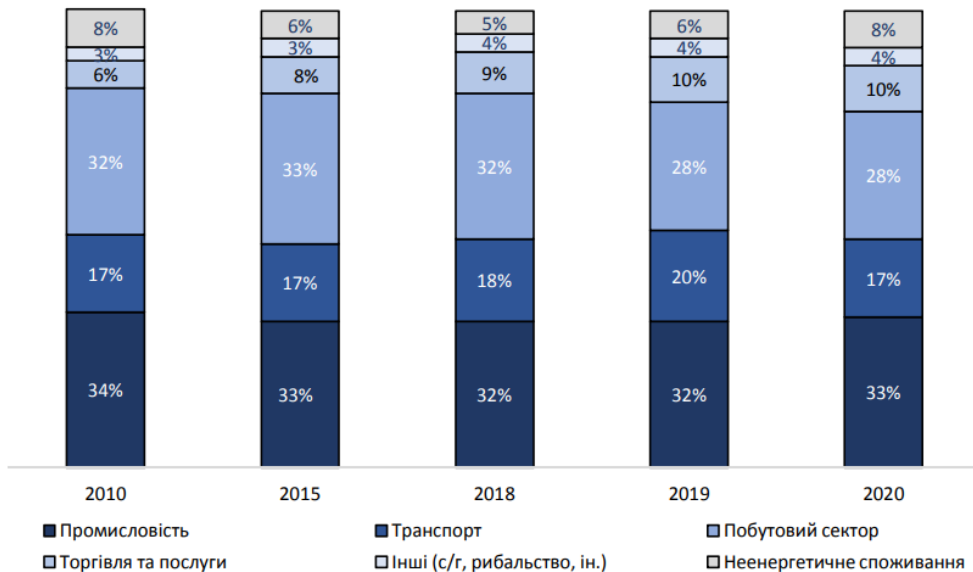
Загальне постачання первинної енергії. В енергетичному балансі країни за 2020р. обсяг загального постачання первинної енергії становив 86,4 мільйона тонн нафтового еквівалента (млн.т н.е.), що на 3,3% менше порівняно із 2019р.



Виробництво. У 2020р. виробництво первинної енергії становило 57,0 млн.т н.е., що на 5,7% менше, ніж у 2019р. У структурі власного виробництва найбільшу питому вагу мали: атомна енергія – 35,1%, природний газ – 27,8% та вугілля – 22,4%, відновлювані джерела енергії (ВДЕ) – 10,3%. Власне виробництво забезпечило 66,0% обсягів загального постачання первинної енергії.

Найбільшими кінцевими споживачами палива й енергії у 2020р. були промисловість і побутовий сектор, на які припадало 33,4% та 28,4% відповідно.

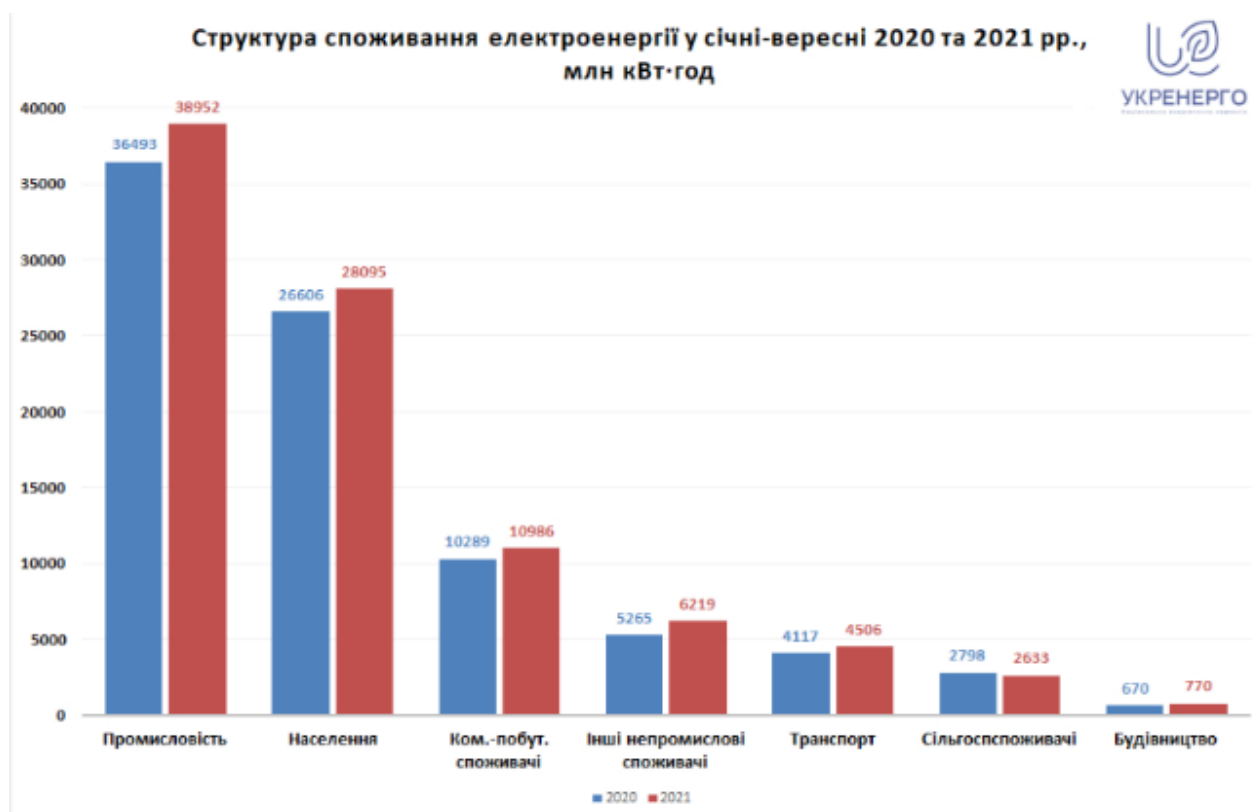
Структура кінцевого споживання за напрямками

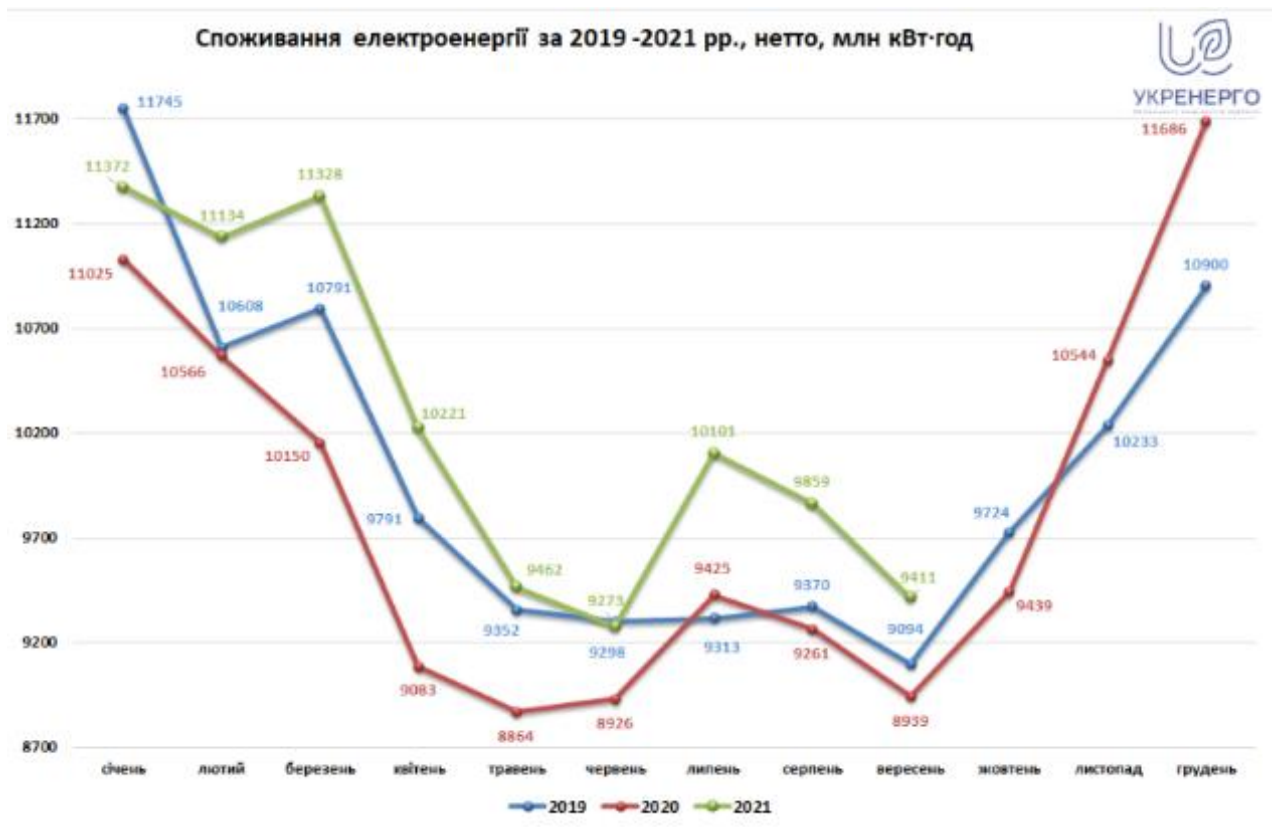


Згідно з даними [77] Укренерго споживання електроенергії в Україні (нетто, без урахування втрат в мережах) за січень-вересень 2021 року становило 92,2 млрд кВт·год - це на 6,9% більше, ніж за аналогічний період 2020 року (86,2 млрд кВт·год).

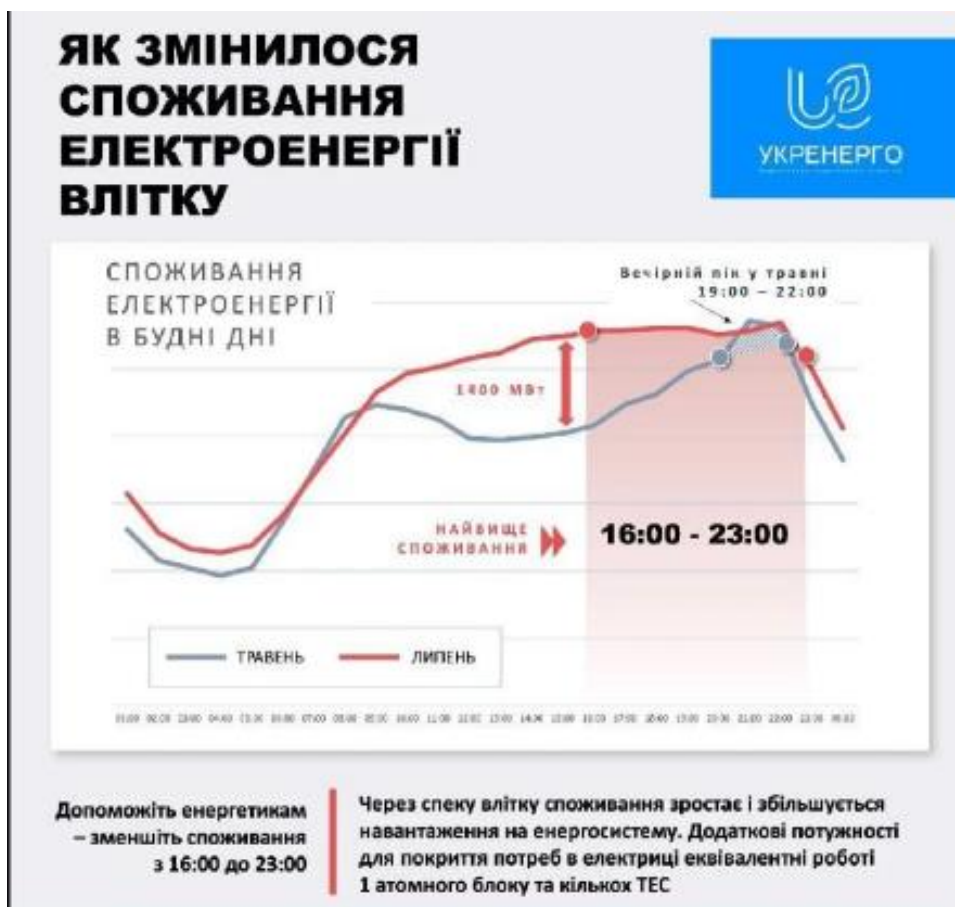
Водночас, споживання електроенергії населенням збільшилося на 5,6%, а промисловістю - на 6,7%.

"Крім цього, у липні 2021 року спостерігалася спекотніша погода, ніж у липні 2020 року (23,7°C проти 21,9°C), що призвело до збільшення споживання на 7,2%", - додають в компанії.





Не виключенням є і 2023 рік:



Додаток Д
Матеріали тез доповідей

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ
ТА АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНОЇ
МІЖНАРОДНОМУ ДНЮ СТУДЕНТА**

(14 - 18 листопада 2022 р.)

Суми – 2022

ВПЛИВ ВОЛОГИ НА ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКТИВУ БУДІВЕЛЬ, ЗВЕДЕНИХ З МІНЕРАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Фесенко А.П., студ. 1 курсу ОС «Магістр», спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Це зовсім інший підхід до теплофізичних властивостей конструктиву будівель, який спирається на фізичних властивостях відносно сухих поверхонь.

Відносно сухі поверхні - це поверхні, відносна вологість яких не перевищує 7-10%.

Повна інформація про вологі матеріали передбачає знання не тільки їх теплофізичних характеристик і параметрів (теплоємність C , коефіцієнти теплопровідності λ і термopровідності α), але й такі, як кількість теплоти, яка виділяється чи споживається при фізико-хімічних процесах, а також параметри і функції стану системи (тиск, об'єм, температура, ентальпія і інше).

Виникає питання, який природний матеріал володіє такими властивостями. Так це дерево.

Дерево має ідеальні властивості теплотехнічні та мікрокліматичні, але має обмежений термін експлуатації. Головною перевагою дерев'яного конструктиву є закрита пора природньо висушених.

Відносна вологість деревини складає 9%.

Ви будете повністю доречними, якщо запитате, що з дерева відсоток будівництва складає 2-7% загального будівництва, все інше будується з бетону, цегли, газобетону й т.д.

Так, дійсно. І це є головним викликом сучасності, квадратні метри треба будувати, більш того, швидко будувати, а щодо енергоефективності будинків, то саме в цьому і є питання.

Проблема в тому, життєвий цикл будь-якого будинку має розраховуватись на термін не менше 100 років. Дійсно, логічно, саме мінеральні матеріали, такі як бетон, цегла, підрюватий бетон та ін. забезпечують цей експлуатаційний термін в повному обсязі.

Державні будівельні норми, які постійно вдосконалюються фактично призводять до вимушених дій пов'язаних зі збільшенням товщини теплоізоляційних матеріалів для виведення коефіцієнту термічного спротиву огорожувальних конструкцій в нормативні одиниці. Це в свою чергу веде до збільшення ваги конструкції, тому проектувальникам доводиться заново (при реконструкції чи капітальному ремонті) розраховувати конструктиви будівель на деформовано-напружені стани будівлі загалом. Будь-який конструктив має свій статичний коефіцієнт термічного спротиву, але і має власну статистичну відносну вологість. Для прикладу підрюватий бетон D300, D400, D500 на момент виходу із автоклаву має відносну вологість на рівні 35%. Більш того, це є нормативна одиниця, яка закладена в Державних будівельних нормах України. Наприклад, D300 товщиною 375 мм має коефіцієнт термічного спротиву на рівні 2,8 Вт/м².

Але будинок не експлуатується в статичних умовах, а постійно провокується зовнішніми чинниками (вітер, волога, життєдіяльність людей та ін.) на динамічний вплив. Під тиском якого, вологість конструктивів починає збільшуватись, що в свою чергу призводить до збільшення споживання енергії, зменшення експлуатаційних характеристик та збільшення ваги самого конструктиву, тому проектувальникам цей коефіцієнт потрібно враховувати при розрахунках.

Чи є з цього замкнутого кола вихід? Так є. Головною задачею є процес висушування конструктивних елементів до показників дерев'яних конструкцій, який має складати 7-9%, який під динамічним впливом не буде збільшуватись.



Рис. 1 Санувальна штукатурна суміш-а;
санувальна підлога -б

В цьому компоненті прослідковується пряма залежність волога, коефіцієнт термічного спротиву, споживання енергії, зменшення ваги конструктиву, а головне фінансовий момент при проектуванні, будівництві, експлуатації (він є суттєвим).

Тому запропонована схема щодо виведення конструктиву будівель в параметри, які притаманні дерев'яним конструктивам є економічно доцільною і заслуговує уваги.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**Міжнародної науково-технічної on-line конференції
ПРОБЛЕМИ БУДІВЕЛЬНОГО
ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ
PROBLEMS IN CONSTRUCTION
AND LOGISTICS INDUSTRIES**

Конференція присвячена 50-річчю кафедри
будівельних, дорожніх машин і будівництва
Центральноукраїнського національного технічного університету

23–24 травня 2023 року



ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Андрій Фесенко *здобувач СО «Магістр»*,

Людмила Циганенко *к.т.н., доцент*

*Сумський національний аграрний університет, факультет будівництва та транспорту,
м. Суми, Україна*

e-mail: tsyganenkola@ukr.net

Питання енергоефективності будівель, яке починалось як елемент стратегії енергоощадження будівель та споруд країни нараз стало головним компонентом енергетичної безпеки держави та її сталого інноваційного розвитку. Схвалений Урядом Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року ставить за ціль те, що первинне та кінцеве споживання енергії в Україні у 2030 році не повинне перевищувати відповідно 91 468 тис. та 50 446 тис. тон нафтового еквіваленту що повинно призвести до скорочення споживання енергії відносно «Базового сценарію» на 22,3% (первинна енергія) та 17,1% (кінцева енергія).

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» енергоефективні заходи – це будівельні роботи, результатом виконання яких є підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель та/або зменшення показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами. Парадигма, яка має підґрунтя для сталого стратегічного розвитку у будівельній галузі.

І все начебто добре і цілі досяжні, але на етапі моделювання присутні деякі аспекти, які є головними чинниками стримування енергоефективного сценарію.

До сучасних будівельних об'єктів застосовуються підвищені вимоги як до безпеки так і до комфорту, який є суттєво важливим для мешканців приміщень. Забезпечити комфортні умови перебування людини в приміщенні можливо тільки за рахунок комплексного підходу нормалізації параметрів мікроклімату які включають об'ємно - планувальні, виробничо-технологічні, санітарно-гігієнічні та медико-біологічні рішення.

Переважно енергоефективні заходи в першу чергу направлені на утеплення фасадів, підлог, заміни вікон, часткову або повну модернізацію інженерних систем. Багаторічні дослідження показали, що найбільші енергетичні втрати в будинках відбуваються через зовнішні стінові огороження рисунк 1, а та віконні системи рисунк 1, в.

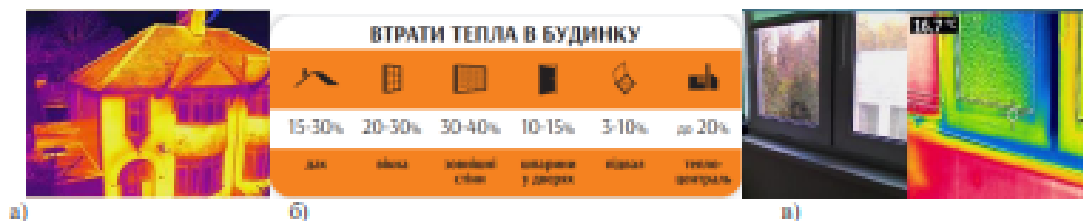


Рисунок 1. Розподіл втрати тепла в будинках

Завдяки цим дослідженням за останні роки спостерігається розуміння та формується тенденція щодо комплексного підходу питання проведення робіт з підвищення енергоефективності конструктивних рішень. Але насправді проблема вирішення проблеми втрати теплової енергії будинків полягає в самих вхідних даних та їх звужене або нечітке розуміння. За основу будь-якого енергоефективного заходу під час аналізу приймається дія, технічного визначення якої не існує – а саме поняття «утеплення будинку».

Логічно та зрозуміло, що всі енергоефективні заходи мають відповідати законам фізики, їх доповнювати або спростовувати, але досі жодним нормативним документом не приведено наукового обґрунтування терміну «утеплення», яким фізичним законом воно описується, та більше того, якщо його застосовувати, то в яку фізичну формулу його можна

підставити для задоволення головного закону енергоефективності, яким в свою чергу є закон збереження енергії.

За визначенням з академічного тлумачного словника утеплення—це дія за розумінням « утеплювати і утеплитися». Утеплювати - робити теплішим, таким, який зберігає тепло. Дослідами встановлено, що п'ятисантиметровий шар пухкого снігу утеплює поверхню ґрунту на 8—10 градусів (Хлібороб України, 12, 1965, 20). Фактично маємо сезонну дію під час холодного періоду року. Тому по відношенню до будівлі доречним застосувати не термін «утеплення», а поняття«оптимізація компенсації енергії на опалення і охолодження».

Життєвий цикл будівлі, відповідно до [4] має складати 50-100 років, застосування при цьому матеріалів, які мають обмежений термін експлуатації від 15-50 років, без реального аналізу, обґрунтування їх використання науково-технічного супроводу будівництва може призвести як до втрати експлуатаційних характеристик конструктиву будівель так і до втрати несучої здатності головних елементів будівлі - фактично на сьогоднішній день при проектуванні будівель та споруд фахівці при обиранні матеріалів спираються лише на сертифікати їх виробників беручи до розрахунку декларовану теплопровідність матеріалів, виміряних в штучно створених лабораторних умовах. Поведінка тих ж самих матеріалів для утеплення будинків в умовах підвищеної вологості (порушення цілісності поверхневого шару з подальшим замоканням, тощо), вплив зміни показників утеплювача на інший-основний шар стінового огороження не приймається до уваги. До того ж використання «недихаючих» оздоблюваних матеріалів або невідповідність поверхні на які вони будуть наноситися якості кінцевого прошарку також порушує систему нормалізації мікроклімату приміщення будівлі.

Інша проблема яка є важливою – це світлопрозорі огорожувальні конструкції. Для підвищення опору теплопередачі здійснюється так зване металеве напилення товщиною 0,08-0,12 мікрон всередині пакету віконної конструкції або заповнення прошарків між склом віконного пакету інертними газами, але при цьому будівля перестає сприймати потрібні для забезпечення мікрокліматичних складових інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Інфрачервоне випромінювання, яке потрібне для природнього прогріву приміщень не потрапляє в достатній кількості, ультрафіолетове випромінювання, яке потрібне для природньої боротьби з мікроорганізмами також не потрапляє в достатній кількості.

Фактично будинки стають капсулами зі сприятливим розвитком мікроорганізмів які можуть призвести до погіршення стану людини яка там знаходиться та руйнувати самі матеріали.

Ці всі фактори свідчать про те, що потрібен системний підхід для розв'язання проблемних питань шляхом проведення конкретних досліджень та розрахунків для їх практичної реалізації. Перехід до нової парадигми в галузі створення енергоефективних моделей є неминучим і лежить в площині ввідних даних, за основу яких потрібно брати - оптимізацію компенсації енергії, тепломасообмін, вологообмін, результатом дії яких є комфорт.

Список літератури

1. ДБН В.2.2.5-97 «Захисні споруди цивільного захвсту»
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд щодо визначення та оцінки їх технічного стану»
3. ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі. Основні положення»
4. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд.

Міністерство освіти і науки України
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА
Муніципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний університет ім. І. Сікорського»
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
Національний університет «Львівська політехніка»
Харківський національний автомобільно-дорожнього університет
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
Національний університет цивільного захисту України
Вінницький національний технічний університет
Одеський державний екологічний університет
Сумський технічний університет
Universität für Bodenkultur Wien
The University of Stuttgart
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Kazakh National Technical University named after K.I. Satbaev
«Todor Kableshkov» University of Transport
South West University «Neofit Rilski»
Slovak University of Technology in Bratislava (STU)
ТОВ «Хайсенс Україна» (HISENSE, КНР)
ДП Україна ЕРЦ (HERZ, Австрія)
ТОВ «СИСТЕМЕР» (SYSTEMAIR, Швеція)
ТОВ «РЕХАУ» (REHAU, Німеччина)
ПП «Вент-Сервіс»
ТОВ «НЬЮФОЛК НКЦ»

ЗБІРНИК ТЕЗ



**І МІЖНАРОДНА НАУКОВО
ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
"СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
ТЕПЛОЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ"**

**ПОЛТАВА
21-22 ВЕРЕСНЯ 2023**

ВВЕДЕННЯ В «ТЕОРІЮ КОМПЕНСАЦІЇ»

Головне питання, якому присвячені ці тези, це визначення параметрів, якими повинна володіти модель будівлі для забезпечення еталонного класу енергоефективності – класу «С», що характеризується граничним значенням питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель згідно із нормативними актами й нормативними документами України в сфері енергоефективності.

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність» енергоефективні заходи – дії технічного, організаційного, економічного, інформаційного характеру або їх сукупність, результатом реалізації яких є підвищення енергетичної ефективності (зниження питомих витрат), яке можна виміряти або розрахувати [1]. ДБН В.1.2-11:2021 «Енергозбереження та енергоефективність» [2] доповнює Закон «Про енергоефективність будівель», а разом вони визначають основні положення основної вимоги щодо забезпечення економії енергії та енергетичної ефективності (далі – головна вимога) відповідно до Закону України «Про будівельні норми». Загальною вимогою Закону України «Про будівельні норми» є те, що будівлі й споруди повинні бути придатними до використання за призначенням з урахуванням, зокрема, безпеки та здоров'я людей, які задіяні протягом усього життєвого циклу об'єкта.

Відповідно до Настанови з проведення енергетичної оцінки будівель ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 за показник енергетичної ефективності будівлі приймають загальний показник EP, який представлений сукупністю: первинної енергії (E_p) – як основний показник енергетичної ефективності; викидами CO_2 (mCO_2) – як додатковий показник енергетичної ефективності [3].

Відповідно до стандарту ДСТУ 9190:2022 встановлені загальні правила для визначення граничних умов та вхідних фізичних величин в розрахунковому інтервалі в один місяць квазістаціонарним методом (за якими тепловий баланс розраховують протягом досить тривалого часу, що зазвичай становить один місяць чи цілий сезон) для розрахування енергопотребити та енергоспоживання під час опалення та охолодження. Розрахунковий метод, визначений цим стандартом, не враховує теплове сполучення між різними зонами. Стандартом передбачено, що будівля може мати кілька зон із різними заданими температурами та мати попереднє опалення та охолодження для забезпечення комфорту людей (значення заданих температур, вологості та кратності повітрообміну, що відповідають вимогам чинних санітарних та будівельних норм) [4,5]. Відповідно Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та ст.7 п. 13 очікуваний клас енергетичної ефективності будівлі визначається проектною документацією на будівництво об'єкта та повинен бути підтверджений енергетичним сертифікатом [4], який має строк дії 10 років. А щодо стратегії термомодернізації будівель у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель, цей показник переглядається кожні п'ять років із урахуванням результатів моніторингу реалізації стратегії [4].

У нормативних актах і нормативних документах практично відсутні методи аналізу для візуального або технічного впровадження для оптимізації дії щодо отримання кінцевого продукту будівництва

відповідно до категорії енергоефективності А, В, С на весь час життєвого циклу будівель.

Фактично відсутня технологічна карта, так звана «модель будівництва», яка б у межах похибки 5% приводила б до бажаного результату з прогнозуванням на весь життєвий цикл будівлі та враховувала взаємозв'язок між технічними, економічними, екологічними та соціальними аспектами. Саме відсутність «моделі будівництва» і є основою для наукового дослідження.

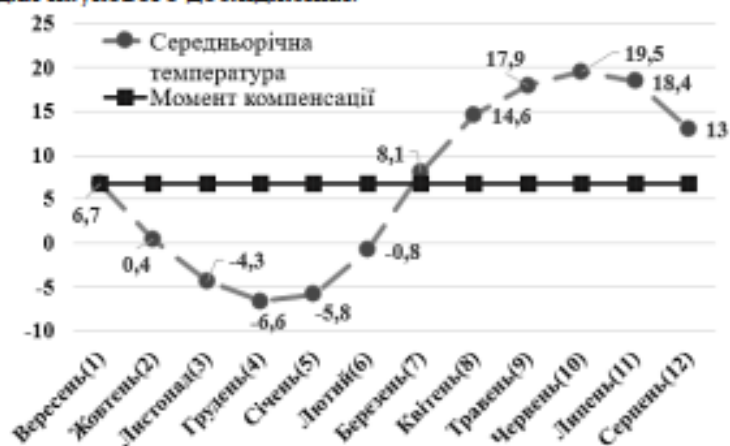


Рис. 1. Графік середньої температури за рік м. Суми [5]

За існуючим методом теплотехнічного розрахунку за початкові дані приймаються так звані пікові режими – дельта температури – 44 К, які не враховують циклічність фізичних процесів, що відбуваються без компенсації енергії, а саме те, що зовнішня огорожувальна конструкція може бути у відносній вологості 80% і вище в періоді 10 років експлуатації будівлі. Фактично даний метод розрахунку враховує всього 3-7 % періоду часу від загального часу, що приходить на компенсацію енергії від пікового споживання енергії під час опалювального сезону.

Відповідно до статистичних даних Укренерго, споживання електричної енергії з 2019 по 2023 роки влітку збільшується на 7-10 % кожного року для компенсації на охолодження.

Підсумовуючи, можна сказати що за існуючими методами теплотехнічного розрахунку, ми не зможемо оптимізувати дії щодо впровадження «моделі будівництва», яка б відповідала категорії енергоефективності А,В,С згідно норм законодавства. І це є тим питанням, яке потребує іншого підходу у вирішенні задачі.

У відповідності до вище приведеного, нами пропонується нова модель оптимізації алгоритму покрокової дії щодо гарантованого приведення будівель у норми енергоспоживання щодо критеріїв А, В, С.

Із графіка (рис.1) видно, що енергія компенсації буде максимально керованою, якщо зовнішній огорожувальний контур забезпечуватиме утеплення й охолодження максимально довго відповідно «моменту

компенсації», а саме забезпечуватиме динамічні теплові та охолоджуючі характеристики внутрішнього середовища будівельного об'єкта разом із динамічними властивостями. Це дозволяє досягнути одночасно високих показників якості перехідних процесів і гарантованих запасів стійкості за умови, що:

$$\text{grad}(T) = t_{int(Q,C)} - t_{ext} = 22\text{ }^{\circ}\text{C} - 6,8\text{ }^{\circ}\text{C} = 15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Дельта температури контролюваного середовища $\text{grad}(T) = 15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, або 288,35 К, що значно менше нормативних одиниць, які приймаються в розрахунок і складають $[\text{grad}] = 44,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, або 317,15 К. Різниця між нормативними одиницями і «Теорією компенсації» дорівнює 28,8 К.

Для побудови якісної розрахункової моделі за вхідні дані прийнята середня температура зовнішнього середовища, на яку ми не впливаємо і не контролюємо, але вона є сталою впродовж року.

Відповідно до «Теорії компенсації» прослідковується залежність між конструктивною особливістю будівель та зменшенням залежності первинної енергії щодо моменту компенсації енергії в «замкненому контурі». Замкнутим контуром вважаємо площу, яку ми створюємо для комфортних умов, при яких можливі режими компенсації енергії без шкоди для здоров'я людини та зовнішнього середовища. Під час компенсації енергію треба подавати плавно та необхідно компенсувати кількість енергії в проміжках часу за потреби.

Для досягнення цих параметрів необхідно, щоб зовнішня огорожувальна конструкція в межах існуючих норм не перевищувала параметр відносної вологості 40%. А для нашої технологічної оптимізації щодо споживання енергії даний параметр повинен бути менше 40 %. Тільки в цьому випадку ми зможемо використовувати тактову компенсацію енергії за потреби й врахувати всі цикли фізичних процесів під час компенсації. Більш того, контур має бути замкненим із максимально однаковим опором до компенсації енергії для рівномірного розподілення векторів енергії.

Для того, щоб проаналізувати циклічність фізичних процесів та запровадити оптимальну модель, яка буде відповідати категорії А, В, С, пропонується так звана «теорія компенсації», яка б враховувала: існуючі норми розрахунку в контексті оптимізації «моделі будівництва»; комплексний аналіз всієї замкненої системи дослідження моменту енергії в циклі або рівня енергії, що постійно перетворюється з одного стану в інший і є циклічним.

«Теорія компенсації» надає можливість створення певних критеріїв для такого поняття як «Зелене будівництво» – добробут, в якому немає нічого незрозумілого та яке пов'язано з концепцією сталого розвитку і стійкості.

Література

1. Закон України № 1818-IX «Про енергетичну ефективність» Редакція від 27.07.2023
2. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність, п.7.8.
3. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015.
4. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» Редакція від 03.08.2023.
5. ДСТУ 9190_2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання.

Додаток Е
Сертифікати

Тези доповідей «Введення в теорію компенсації». Фесенко А. П., здобувач ОС «Магістр», за участю ТОВ «ФАЛВІ» Фесенко В. П., Циганенко Л. А., к. т. н., доцент, Срібняк Н. М., к. т. н, доцент Сумський національний аграрний університет I Міжнародна конференція "Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захисту довкілля".

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка". (21 вересня 2023 р.). – Полтава, 2023. – (збірник тез стор. 29).

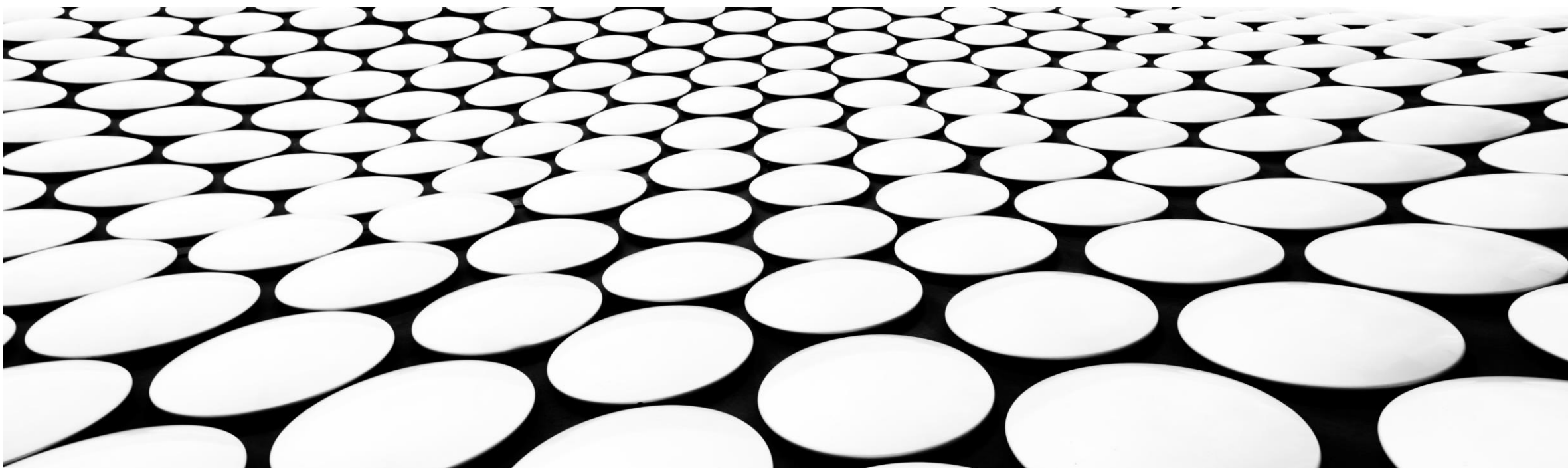


ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ
Андрій Фесенко здобувач СО «Магістр», Людмила Циганенко к.т.н., доцент.
Міжнародна науково-технічна on-line конференція "ПРОБЛЕМИ
БУДІВЕЛЬНОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ" (23-24 травня
2023 року).



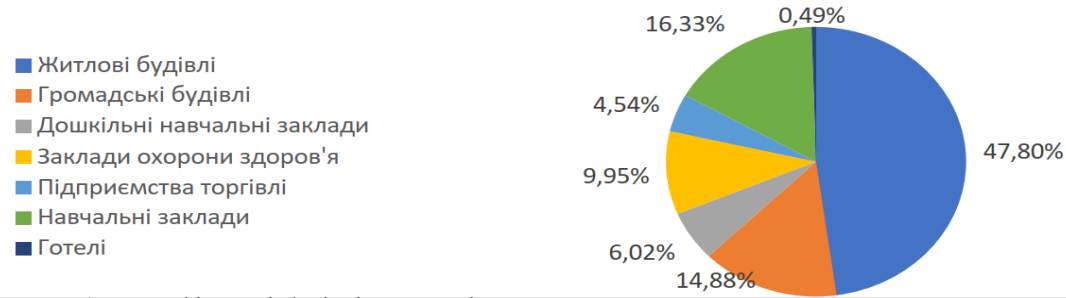
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

АНДРІЙ ФЕСЕНКО, НАУКОВИЙ КЕРІВНИК К.Т.Н. ДОЦЕНТ ЛЮДМИЛА ЦИГАНЕНКО



ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ВІД КОНСТРУКТОРА, МАГІСТРАНТА 192 ОСВІТНЬОЇ ДИСЦИПЛІНИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ



Нагальне питання України полягає не в збільшенні генерації енергії, а в зниженні потреби у використанні об'єктами будівельного виробництва, тобто зниженні енергоспоживання під час експлуатації, яке не може йти в супереч санітарно-гігієнічних норм.

Рисунок 1 Сертифіковані будівлі в Україні

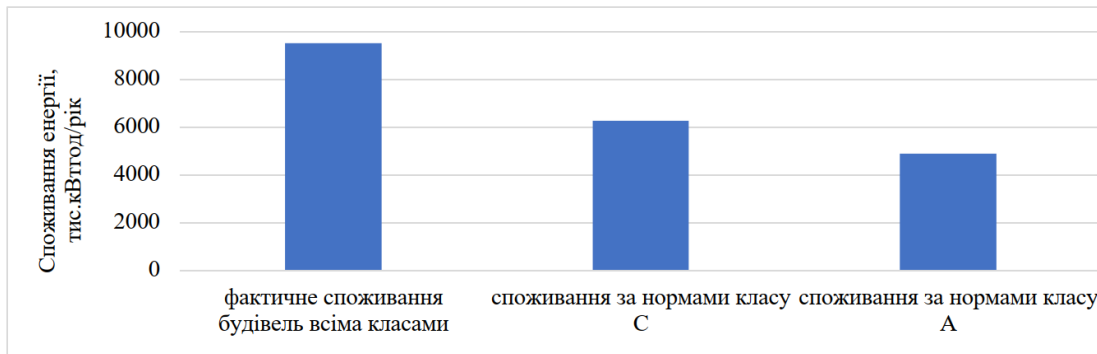


Рисунок 2 – Споживання фактичне та приведенне до норм класу C та A (для будівель 1-3 поверхів)



Рисунок 3 – Споживання фактичне та приведенне до норм класу C та A (будівлі 4 і більше поверхів)



**В УКРАЇНІ І СВІТОВОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ ПИТАННЯ ВІДНОСНО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ЗАЙМАЄ ДУЖЕ ВИСОКЕ МІСЦЕ В КОЖНОМУ РОЗВИНЕНОМУ СУСПІЛЬСТВІ**



- Критерієм дебатів є **закон збереження енергії** – імплементований в українське і світове законодавство у вигляді показників - класів енергоефективності (A-G) - згідно будівельних норм.

ГІПОТЕЗА ДОСЛІДЖЕННЯ

- Закон збереження енергії прямолінійно вказує на енергетичне рішення по відношенню до кількості витраченої енергії та її оптимізацію після виведення системи із енергетичної рівноваги.
- Ключом для досягнення мети дослідження є технологічна карта приведена до енергетичного рішення.

ПИТАННЯ, ЯКЕ ПЕРЕРОСЛО В ПРОБЛЕМУ ТА СПІТКАЄ НАС ВСЮДИ



Експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я склали перелік небезпечних патогенів з роду грибків, які потребують ретельного вивчення.

До високо пріоритетних грибків належать:

- **Cryptococcus neoformans:** дріжджовий патоген, що зустрічається в природі. Він викликає криптококоз — легеневу інфекцію. Симптоми її появи — як у разі пневмонії, менінгіту або ураження шкіри, кісток чи внутрішніх органів. Захворювання здатне призвести до смертності від 41% до 61% уражених.
- **Candida auris:** поширений у всьому світі дріжджовий патоген. Він викликає інвазивний кандидоз — інфекцію, що проявляється ураженнями шкірно-слизової тканини, фунгемією та іноді осередковою інфекцією із залученням до процесу різних органів. Смертність від захворювання становить від 29% до 53%.
- **Aspergillus fumigatus:** цвіль, здатна викликати інвазивні інфекції, які можуть уражати дихальну систему й інші органи. Смертність у разі стійкого до протигрибкових препаратів IA штаму становить від 47 до 88%.
- **Candida albicans:** патогенні дріжджі, які є частиною мікробіоти людини. Але вони можуть викликати інвазивний кандидоз, із рівнем смертності від 20% до 50%.

Будівельна галузь повинна залучати фахівців санітарно-гігієнічного напрямку для вирішення спільних задач.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СОЦІАЛЬНО ЗНАЧИМИХ СФЕРАХ

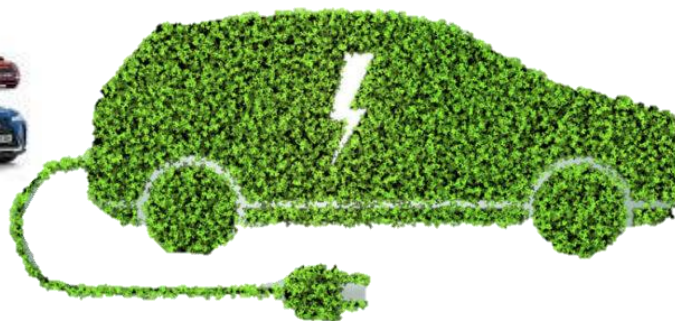


ККД 38%

1л бензину = 12,2 кВт · год

4л · 12,2 = **48,8 (кВт · год)**

На 100 км пробігу



ККД 70% і вище

12 кВт · год

На 100 км пробігу



A++ - менше 0,15 кВт · год

A+ - 0,15-0,17 кВт · год

A - 0,17-0,19 кВт · год

B - 0,19-0,23 кВт · год

C - 0,23-0,27 кВт · год

D - 0,27-0,31кВт · год

E - 0,31-0,35 кВт · год

F - 0,35-0,39 кВт · год

G - більше 0,39 кВт · год



A - < 44 кВт · год/м2

B - < 79 кВт · год/м2

C - < 83,6 кВт · год/м2

D - < 109 кВт · год/м2

E - < 131 кВт · год/м2

F - ≤ 153 кВт · год/м2

G - > 153кВт · год/м2

ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

■ **Об'єкт дослідження**

Санітарно-гігієнічні умови: *житлових будинків:* одноквартирні (садибні), багатоквартирні, у тому числі спеціалізовані квартирні житлові будинки для осіб похилого віку і сімей з інвалідами та гуртожитки; *будинки дошкільних навчальних закладів, навчальних закладів, закладів охорони здоров'я, соціального захисту населення, науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління.* Окрім будівель, в яких зовнішня огорожувальна конструкція є повністю світлопрозорою.

■ **Предмет дослідження**

Кількісний показник лімітованої енергії в опалювальному/кондиціонованому об'ємі будівель у відношенні до 1 м² площі.

ВИМОГИ ДЕРЖАВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ І НАСТАНОВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

- Будівлі повинні бути запроектовані та зведені для створення безпечного середовища для здоров'я та життєдіяльності людини з урахуванням життєвого циклу будівель та сервісних заходів пов'язаних з експлуатацією.
- Представлення вимог до енергетичної ефективності є загальна вимога до енергетичної ефективності **на базі первинної енергії** згідно з чинними нормами.
- Що і було взято за мету дослідження



ДБН



МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

- Визначення інформаційних складових енергоефективних заходів або їх сукупність, результатом реалізації яких є підвищення енергетичної ефективності (зниження питомих витрат), яке можна виміряти або розрахувати для забезпечення санітарно-гігієнічних норм досліджуваних об'єктів.
- Визначення вихідних даних, які будуть основою для розробки енергетичної моделі будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії.

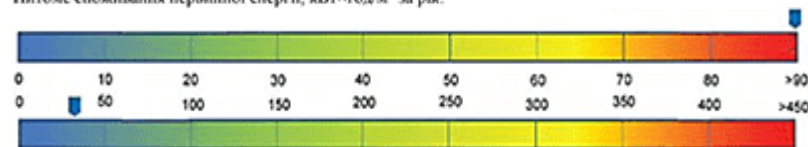
ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Критерії дослідження

■ Найефективніший показник енергоспоживання – клас «А» – 44,0 кВт/м² рік, що є найближчим показником енергоспоживання до будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії. Методика впровадження даного енергетичного рішення є певна збалансована технологічна карта, яка унормовує всі показники щодо санітарно-гігієнічних норм.

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності	44000
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Низький рівень енергоефективності	
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт*год/м ³	

Питоме споживання первинної енергії, кВт*год/м² за рік:



Питомі викиди парникових газів кг/м² за рік:



$$E_{P_{use}} = E_{P_p} \leq E_p = \sum((Q_{H,use} + Q_{C,use}) \times f_{P,del,i})$$

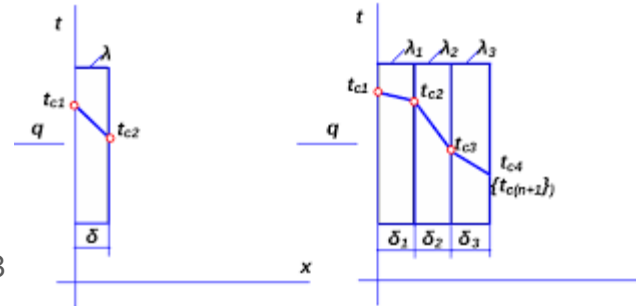
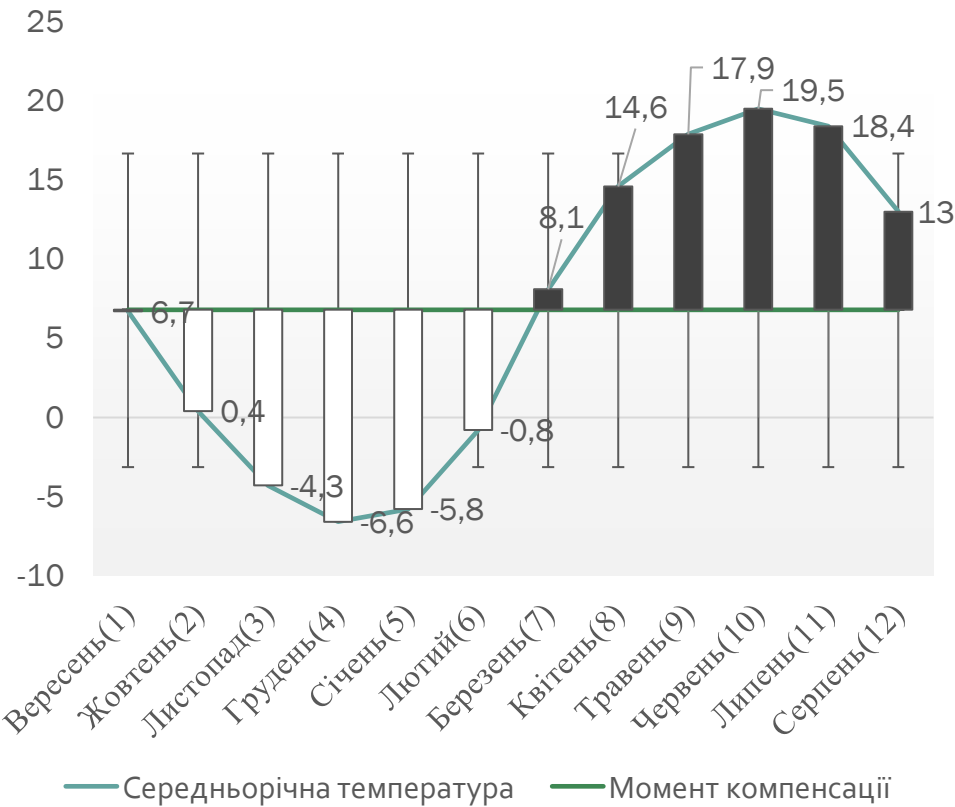
$$\Delta\theta_{int-si,max} > \theta_{a,int} - T_p$$

ФАКТОРИ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теплопровідність

Вологість

Графік температури за рік м. Суми



Норма вологості в кімнаті

30-35% і нижче	40-60%	від 60% і вище
надто сухо	оптимально	надто волого

Випромінення



Конвекція



Напрямок руху теплового потоку

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНИМИ НОРМАМИ

$$R_0^{Tp} = \frac{\theta_{a,int} - \theta_{a,ext}}{h_{si} * \Delta\theta_{int-si,max}}$$

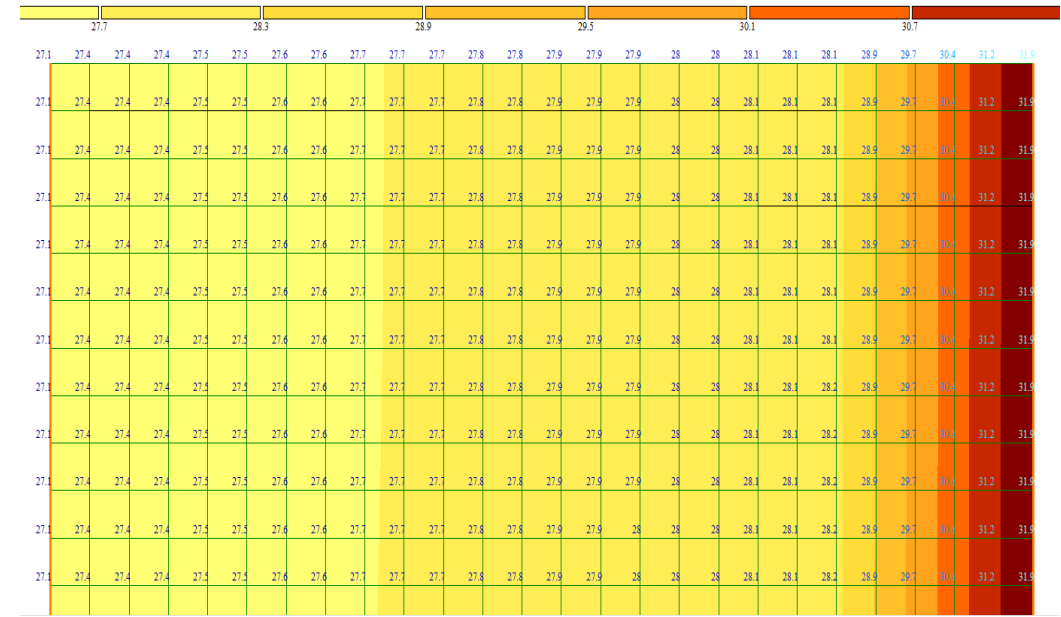
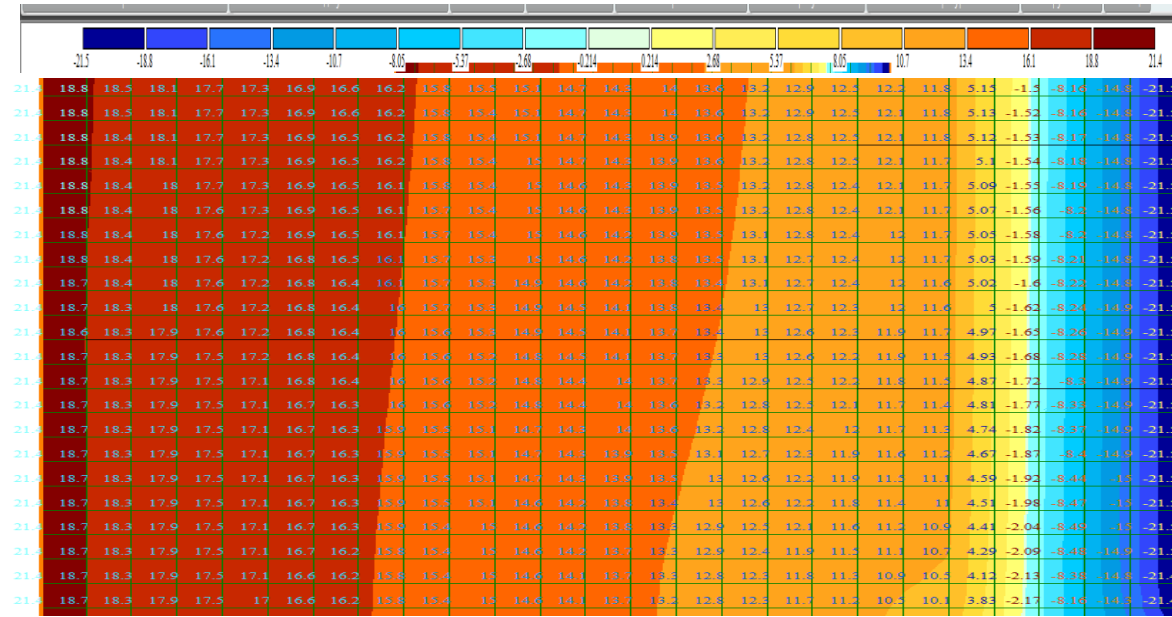
$R_{q,min}$, м²К/Вт	$\theta_{a,int}$, °С	$\theta_{a,ext}$, °С	h_{si} , Вт/м²	$\Delta\theta_{int-si,max}$, °С	R_0^{Tp} , м²К/Вт
4,0	22,0	-22,0	8,7	4,0	1,27

- Опір теплопередачі за нормами $R_{q,min}$ перевищує опір теплопередачі за санітарно-гігієнічними нормами R_0^{Tp} в 3,15 рази

Населений пункт	Абсолютний вологовміст, г/кг для місяця											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Суми	7,1	5,0	3,5	2,3	1,8	1,8	2,9	4,8	6,7	9,0	10,3	9,5

- Абсолютний вологовміст для липня місяця складає 10,3 г/кг, що є максимальним в рік

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛІРА-САПР (ВЗИМКУ), DELTA (T) = 44 К (ВЛІТКУ), DELTA (T) = 5 К



Небезпека появи конденсату на внутрішній поверхні тим більше, що вища вологість внутрішнього повітря. Тому вологість внутрішнього повітря має велике значення при встановленні температури, при якій повітря певної вологості стає насиченою водяною парою, а для більшої надійності - дещо вище її.

Для задоволення перелічених вимог необхідно обмежити температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції.

Температура повітря °С	«Точка роси» в °С при відносній вологості повітря						
	30	40	50	60	70	80	90
	%	%	%	%	%	%	%
	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С
30	10,5	14,9	18,5	21,2	24,2	26,4	28,5
28	8,7	13,1	16,7	19,5	22,0	24,2	26,2
26	7,1	11,3	14,9	17,6	19,8	22,3	24,2
24	5,4	9,5	13,0	15,8	18,2	20,3	22,2
22	3,6	7,7	11,1	13,9	16,3	18,4	20,3
20	1,9	6,0	9,9	12,0	14,3	16,5	18,3
18	0,2	4,2	7,4	10,1	12,4	14,5	16,3
16	-1,5	2,4	5,6	8,2	10,5	12,5	14,3

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції $\Delta\theta_{int-si,max}$, °С

Призначення будівлі	Вид огороджувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні), світлопрозорі фасади	Покриттята перекриття неопалюваних горіщ	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, над неопалюваними підвалами та підлог на ґрунті в опалюваних приміщеннях
Житлові будівлі та будівлі закладів дошкільної освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я	4,0	3,0	2,0

- $\Delta\theta_{int-si,max} > \theta_{a,int} - T_P$

При температурі повітря 27°С та відносній вологості повітря 60% температура точки роси буде 18,5°С.

При цій же температурі 27°С і відносній вологості повітря 80% температура точки роси складе вже 23,2°С.

Таким чином, будь-яка поверхня в приміщенні, температура якої лише на 3,8°С нижче температури повітря, уможливорює конденсацію.

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТРАТ З УРАХУВАННЯМ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

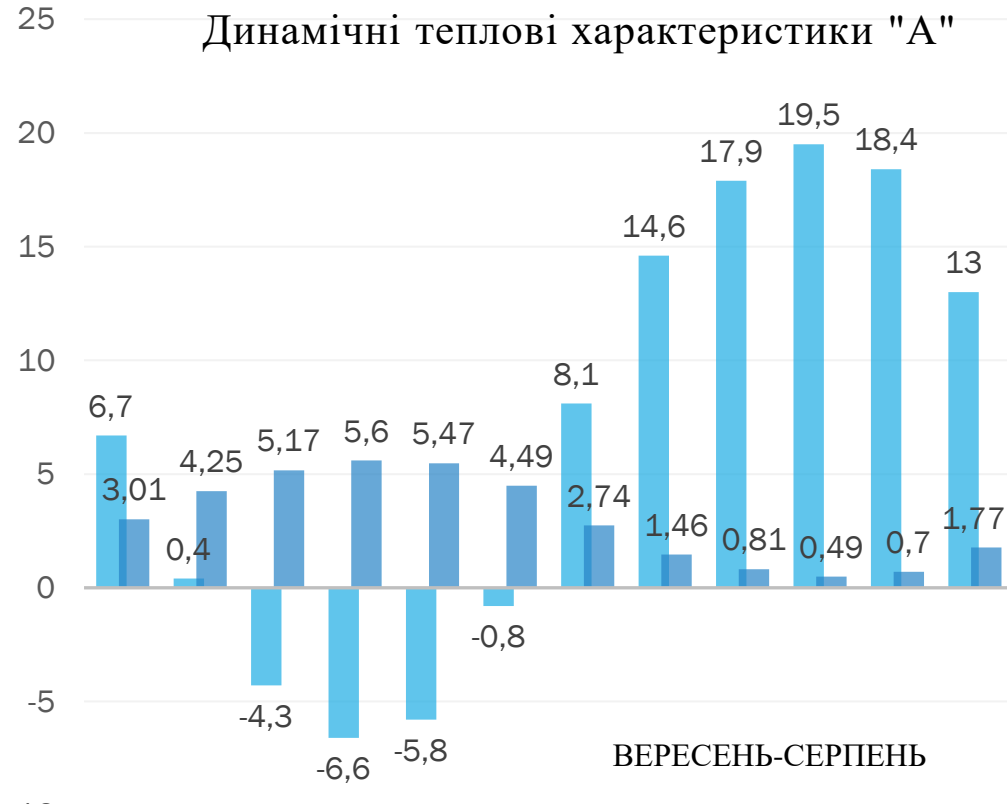
$$\vec{q} = - \frac{\text{grad}(T) * F * \tau}{R}$$

Для цього прийmemo, що $F=1$, $\tau = 8760$ годин, $\text{grad}(T)$ згідно ДСТУ 9190:2022 для м. Суми за середніми показниками температура зовнішнього повітря, та 22°C в середині, $Q - 44000 \text{ Вт/м}$

$$R = \frac{\text{grad}(T) * F * \tau}{Q}$$

Для проектування з найменшою категорією енергоспоживання клас «А» - середній опір теплопередачі для всіх елементів зовнішньої конструкції не повинен бути меншим за $3,07 \text{ м}^2\text{K/Вт}$. І це буде достатньою умовою для технологічної карти за моделлю клас «А» за умови, що теплові потоки підводяться до поверхонь по нормалі. Тобто, робота виконується максимально. Вологість конструктиву при цьому повинна бути не вище 40%.

Динамічні теплові характеристики "А"



Ряд1	6,7	0,4	-4,3	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13
Ряд2	3,01	4,25	5,17	5,6	5,47	4,49	2,74	1,46	0,81	0,49	0,7	1,77

ПОПЕРЕДНІЙ ВИСНОВОК

- Зміна технологічних умов опалення будинків, що обумовлена необхідністю максимального енергозбереження, привела до виникнення в масовому порядку дискомфортних умов експлуатації житлових будинків - наявності низьких температур повітря, підвищеної вологості, канцерогенних грибкових утворень на внутрішній поверхні будівельних конструкцій та у повітряному просторі приміщень.
- Ці питання вимагають негайного вирішення через їх велику соціальну значимість [30] і при аналізі експлуатаційних властивостей будинків слід забезпечувати не енергозбереження і не енергоефективність а енергозаощадження, що постулюється з Національним планом.

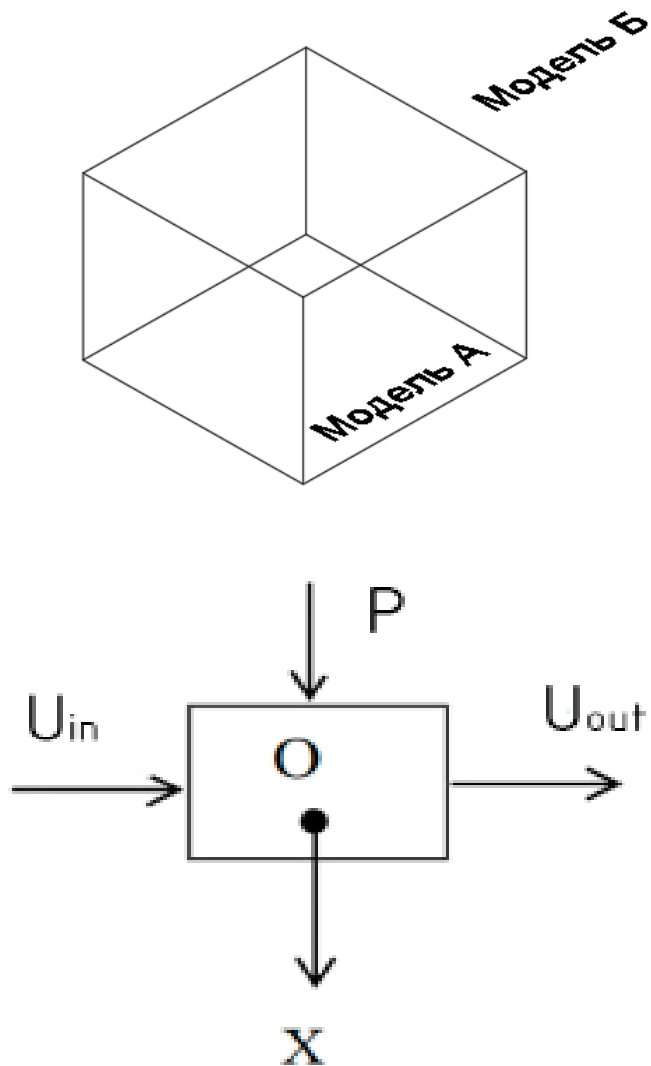
«ТЕОРІЯ КОМПЕНСАЦІЇ»



- Результат будь-якої математичної моделі завжди є число, вираження якого не змінюється незалежно від методики розрахунку.
- Для розуміння нововведеного поняття, пропоную трішечки абстрагуватися від тематики роботи і поглянути на власні руки. *Обидві руки за функцією виконують одну і ту ж дію, можуть щось взяти, щось переставити, показати якісь жести, але по різному, бо одна права, а друга ліва. Тобто функції виконують однакові, але механізм дії різний.*
- Тобто для розв'язання задачі, пов'язану з енергозаощадженням та забезпеченням санітарно-гігієнічних норм має бути застосований тільки комплексний підхід – **метод системного аналізу** з врахуванням динамічних характеристик зовнішньої огорожувальної конструкції.

РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ

Дивлюсь я на небо — та й думку гадаю: Чому я не сокіл, чому не літаю? Чому мені, Боже, ти крила не дав? Я б землю покинув і в небо злітав... МИХАЙЛО ПЕТРЕНКО (1817—1862)



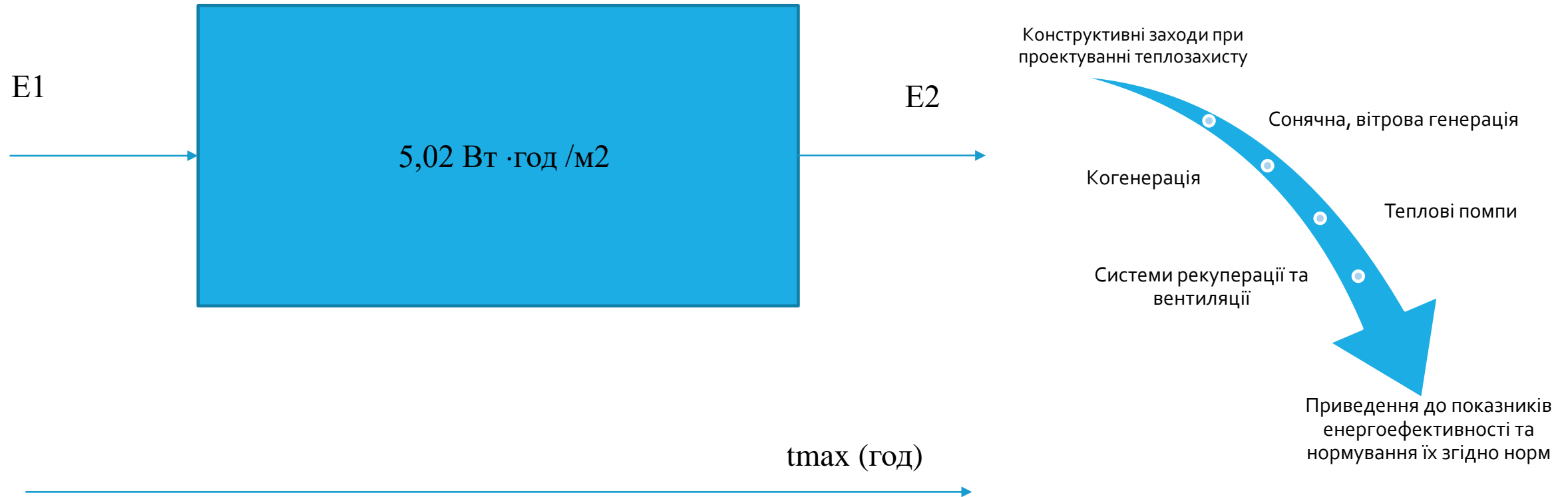
Контур має бути замкненим - постулат архітектурної частини будівельної фізики.

Прийmemo за основу, що будь-яка будівля є моделлю замкненого повітряного прошарку (модель А) оточеного океаном повітря (модель Б).

Стан внутрішнього повітряного прошарку характеризується — температурою T_{int} (температура всередині залежить від температури навколишнього повітря, швидкості вітру та сонячного навантаження, які мають значні коливання), вологістю ω_{int} та тиском ρ_{int} , кількістю компенсованої енергії, кратністю повітрообміну тощо.

Стан зовнішнього повітряного прошарку характеризується — температурою T_{ext} , вологістю ω_{ext} та тиском ρ_{ext} , швидкістю і напрямком руху теплової енергії, кількістю сприйнятої енергії тощо.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

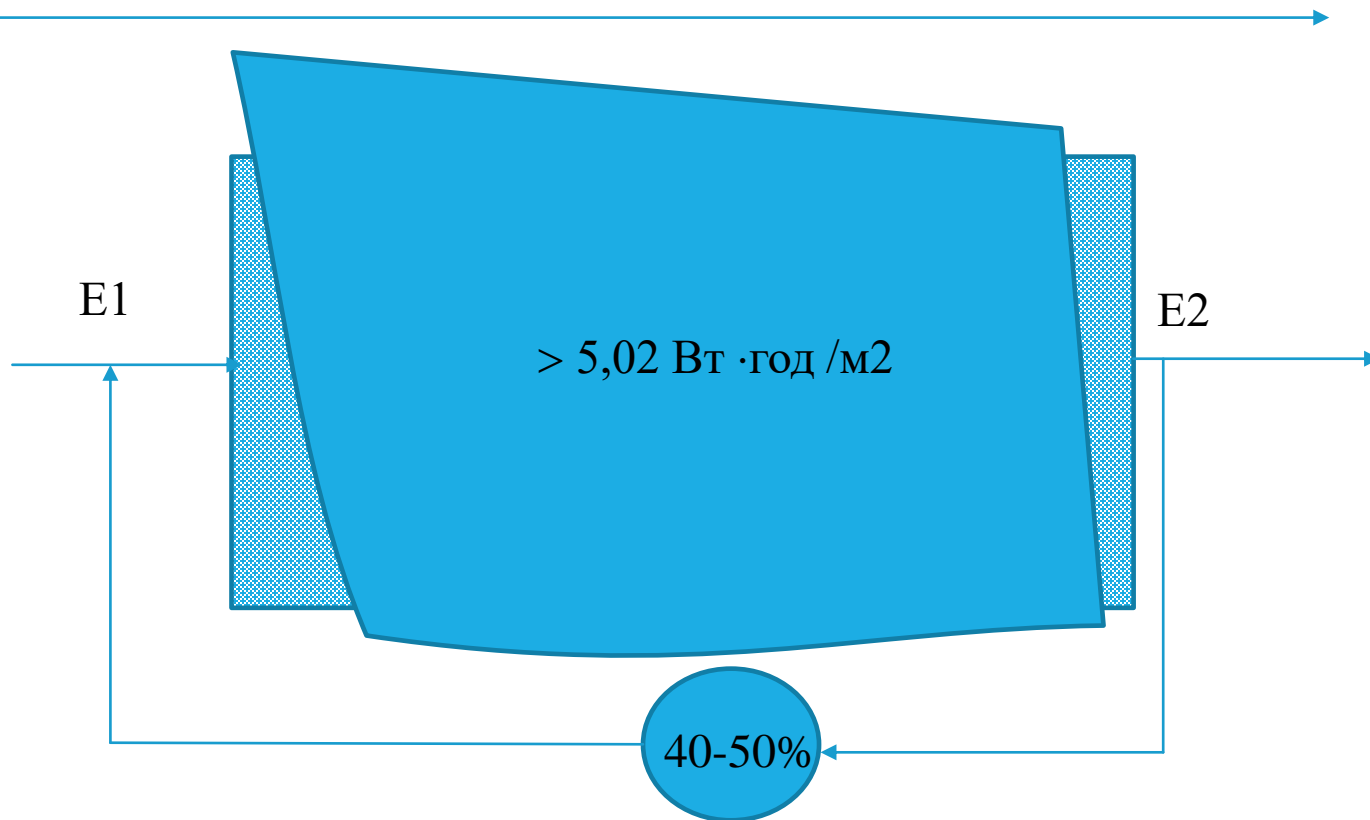


$$E1 \approx E2 \Rightarrow \lim(t_{max}) \text{ (год)}$$

$$\varphi \Rightarrow 40\% \text{ і нижче } (\pm 5\%)$$

РОЗБАЛАНСУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

t_{\max} (год)

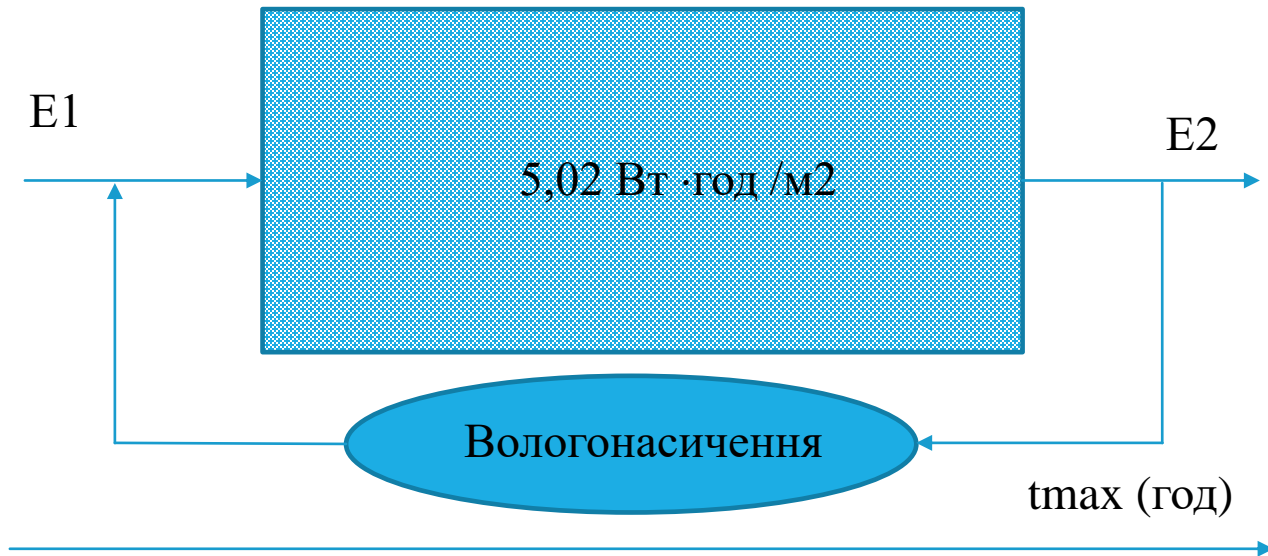


$E_1 \approx E_2 \Rightarrow \lim(t_{\max})$ (год)

$\varphi \Rightarrow 40\%$ і нижче ($\pm 5\%$)

- Керування об'єктом управління має бути оптимальним
- Зворотнім зв'язком корегується пряма дія в похибці 2-5%
- Систематизація всього процесу - це 10, 50, 100 років експлуатації

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ



- Закон збереження енергії потребує від конструктора виключно технологічне рішення – технологічну карту, яка приведе до енергетичного рішення.

$$E1 \approx E2 \Rightarrow \lim(t_{\max}) \text{ (год)}$$

$$\varphi \Rightarrow 10\% \text{ і нижче } (\pm 2,5\%)$$

НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОРСЬКОГО РІШЕННЯ



11 лютого 2023 року



23 березня 2023 року



23 березня 2023 року



03 липня 2023 року

ВИСНОВОК

- Для конструктора потрібні виключно вихідні табличні дані для розрахунків.
- Для фахової 192 освітньої дисципліни потрібна виключно технологічна карта. На теперішній час конструктор не має жодної технологічної карти у відповідності до будь-якої категорії енергоспоживання згідно Державних будівельних норм.
- Даною роботою встановлені основні показники для створення технологічної карти категорії А. Підтверджені настанови з енергоефективності та рекомендації Державних будівельних норм.
- Забезпеченість внутрішнього середовища постійною температурою в періоді контрольованою кількістю енергії і є параметром оптимізації.
- **Гіпотеза дослідження повністю підтвердилася:** *Закон збереження енергії не має на увазі оптимізації чи термомодернізації. Закон збереження енергії прямолінійно вказує на енергетичне рішення по відношенню до кількості витраченої енергії та її оптимізацію після виведення системи із енергетичної рівноваги.*
- Будь-яке енергетичне рішення повинно мати технологічну карту, яка може змінюватися в залежності від вибору будівельних матеріалів і технологій будівництва. Вибір будівельних матеріалів лежить в площині – **конструктора.**

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

ГОТОВИЙ ВІДПОВІСТИ НА ВАШІ
ЗАПИТАННЯ