

## ТЕРМО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУДИНКУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*У роботі розкривається концепція визначення, проектування та практичної реалізації в будівництві такої характеристики будинків як термо-кліматичний потенціал – інтегрованого показника, чиє застосування є інноваційним способом підвищення енергоефективності об'єктів будь-якого призначення.*

**Постановка проблеми.** Енергоінтеграція є найбільш перспективною концепцією забезпечення енергоефективності будинків. Стандартно експлуатаційні витрати та показники енергоефективності будинку обчислювались для окремих інженерних систем: опалення, кондиціонування<sup>1</sup>, вентиляція, гаряче водопостачання, газопостачання, водопостачання та водовідведення, освітлення та електропостачання. Всього 9 систем.

Кожна система – своє технічне рішення/виріб/управління/оптимізація. Як правило, система за рекомендаціями з проектування розраховується на пікові навантаження. Для прикладу – опалення – 5 днів січня. Але. Але вони – 5 днів – це лише 3% опалювального періоду. Те саме стосується підбору потужностей інших інженерних систем. І лише водопостачання та електропостачання враховує перерозподіл потужностей з врахуванням коефіцієнту одночасності. Це призводить до раціоналізації встановлених потужностей та обладнання. Опалення, вентиляція, охолодження таких ідей, розрахунків не використовує.

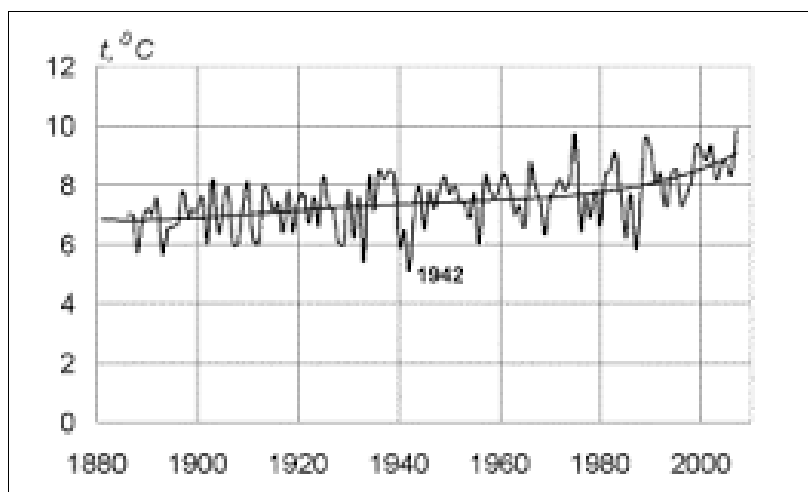


Рис. 1. Зміна середньорічної температури повітря в Києві з кінця 19 сторіччя

\*заступник директора, головний інженер, керівник Науково-дослідного інженерно-технічного Центру ПАТ «КиївЗДНІЕП», Україна

<sup>1</sup> Є думка про необхідність зміни терміну. Адже в світовій практиці вживається термін cooling та весь «клімат» звучить як HVAC – Heating Ventilation Cooling. Відповідно слід і вітчизняну практику привести у термінологічну відповідність – Опалення Вентиляція та Охолодження (ОВО)

Але тенденції зміни клімату (рис. 1) ілюструють той факт, що при нормативному строку експлуатації в 100 років вимоги до інженерних систем суттєво змінюватимуться.

На додачу, у відповідності з умовою впровадження директиви ЕС 2020 щодо енергоефективності будинків, розроблений та знаходиться в стадії опублікування ДБН, який введе стандартну для Європи практику обчислення інтегрованого показника сукупних енерговитрат будинку за всіма інженерними системами. Проектне, технічне рішення, у відповідності з майбутніми вимогами, буде оцінюватись за формулами, які походять з теорій «Вартості життєвого циклу» (ВЖЦ; або Life Circle Costing – LCC) та «Функціонально Вартісного Аналізу» (ФВА; або Value Engineering – VE).

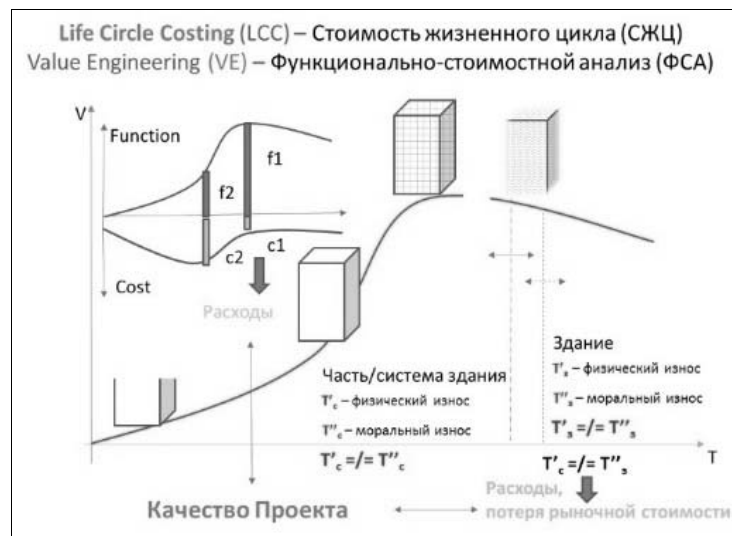


Рис. 2. Логіка оцінки якості проектних рішень

Нажаль, при тому, що вказані теорії були розроблені практично одночасно в 50-60 роки (Р. Вернон, Л. Д. Майлс, США та Ю. М. Соболев, СРСР) однак вони практично лишились поза вітчизняною практикою проектування в будівництві взагалі та інженерних систем зокрема.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Проблема пошуку та визначення інтегральних характеристик будинків в контексті забезпечення енергоефективності на сьогодні досить нова. Існує дотична практика застосування термоактивних будівельних систем (ТАБС) для створення керованого акумулятора тепла/холоду. В статті розглядається зв'язок контрольованої температури поверхонь приміщень в будинку, як головної умови якісного кліматичного режиму та умови забезпечення довгострокової енергоефективності і використання відновлювальних джерел енергії.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане визначимо алгоритм формулювання концепції термо-кліматичного потенціалу будинку як інтегрального показника, який визначає інноваційний спосіб забезпечення мінімального використання зовнішньої енергії будинками.

**Основна частина.** Структурувавши будинок за «основними», «додатковими», «допоміжними», тощо, функціями та складовими системами у

відповідності з ФВА визначення будинку є наступним: «Будинок – це об’єм з контрольованим кліматом». Саме «несуча функція» формує об’єм, а «функція забезпечення клімату» – мета створення будинку.

Вказані функції – єдині незмінні на протязі всього періоду експлуатації будинку. «Внутрішній клімат» та його інтегральні показники якості (температура, вологість, швидкість руху повітря, та хімічний склад), включно з інтегральними показниками якості інженерних систем – мінімальна вартість життєвого циклу – є інтегрованим показником буквально, та не менш ніж, *конкурентоздатності* власника об’єкту нерухомості в умовах глобалізації.



Рис. 3. Ілюстрація визначення будинку по головній дуальній функції

Інтегральна якість проекту будинку за вказаними показниками – це сума капітальних витрат та сума експлуатаційних витрат – умова втримання суб’єкту економічних відносин в конкурентному глобальному середовищі. Адже зрозуміло, що вказані витрати залежать від кліматичних умов ззовні будинку. А вони різні для країн в світі. І, відповідно, що домогосподарство, що фірма, що підприємство вступає в конкуренцію щодо собівартості виробництва та послуг із вказаним активом/обтяженням.

Стандартним рішення в контексті енергоефективності будинку були по-перше, зменшення тепловтрат через огорожувальну оболонку будівлі, по-друге, рекуперация в системі вентиляції.

Перше рішення – нарощування R – термічного супротиву оболонки має граничне рішення – вакуум, або повітря ( $\text{min}\lambda$ ) і вже наближається до нелогічного максимуму. Оболонці слід виконувати і функцію механічного захисту внутрішнього об’єму тому «невагові» оболонки мають обмежене використання.

Друге рішення стикається з критичною залежністю від санітарно-гігієнічних вимог щодо якості повітря, досягнути якого якнайдешевше та найлогічніше за рахунок природної припливної вентиляції(чи провітрювання).

В той же час ключовими трендами сучасності в контексті енергоефективності будинку є орієнтація на відновлювальні джерела енергії (ВДЕ).

ВДЕ характеризуються потужностями:

- незначними, розподіленими в просторі/території
- нестабільним у часі
- циклічним у часі доби та року зі збереженням вказаних вище особливостей

Для використання ВДЕ з вказаними особливостями будинок має мати акумулятор тепла/холоду, який скомпенсує вказані нерівномірності та накопичить потрібну потужність вже під графік споживання.

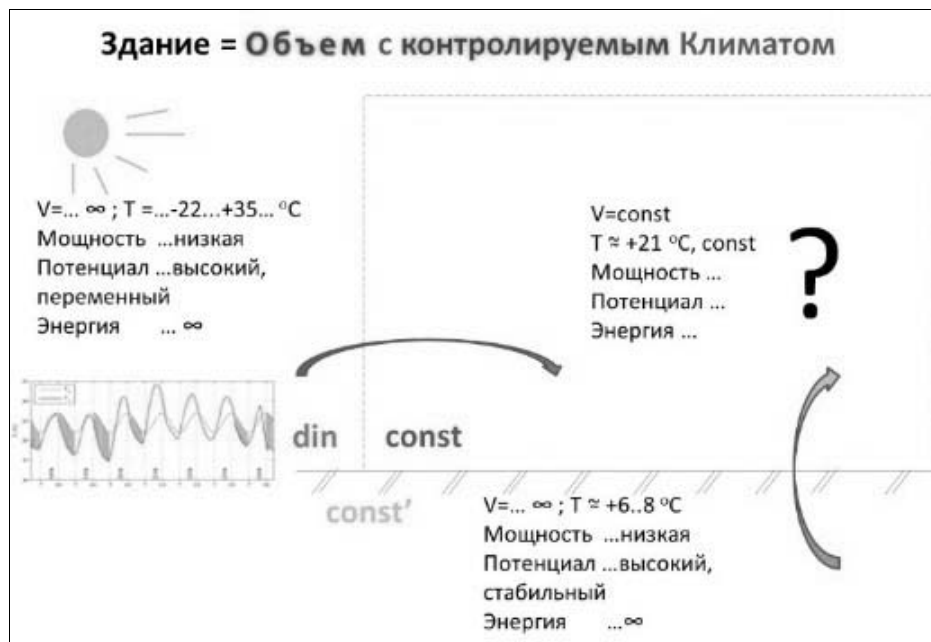


Рис. 4. Схема Системы «будинок – зовнішнє середовище»

Оптимальним, з переліку багатьох, акумулятором є вода. Саме тому клімат приморських країн найкомфортніший. Тому в арсеналі сучасних рішень типовим є ємність з водою, яка розміщується в технічних приміщеннях будинку. Є варіанти з крупним щебнем, засипаним в підвалі крізь який пропускають повітря. Є рішення з розчинами солей чи парафінів. Та і сам будинок – сукупність стін, перекриттів, та і всього що в ньому – акумулятор. Це відчувається за певним часом, який потрібен для прогріву на початку опалювального сезону.

Інструментарій ФВА та ВЖЦ дозволив виділити найбільш раціональне рішення: *забезпечення клімату в приміщенні шляхом контролю температури несучих горизонтальних частин будинку.*



Рис. 5. TABS/ТААСС

Вказана рішення отримало назву thermo active building system (TABS) і є на сьогодні найбільш раціональним шляхом в контексті енергоінтеграції будинку та його систем для забезпечення мінімальної вартості життєвого циклу.

Конструкції будинку /на відміну стандартних будівельних систем (БС), коли вони є неактивним, практично неконтрольованим акумулятором/ виконуються активним, керованим акумулятором. Такий акумулятор є акумулятором як тепла так і холоду. Вказаний спосіб будівництва створює *новий клас БС*.

Для забезпечення вказаних можливостей– накопичення тепло/холоду – робочим тілом системи оптимальною є вода. Як і кожен акумулятор ключовою характеристикою його є ємність або потенціал. **Потенціал** – здатність накопичувати, тримати певний час та віддавати певну потужність в керованому режимі.

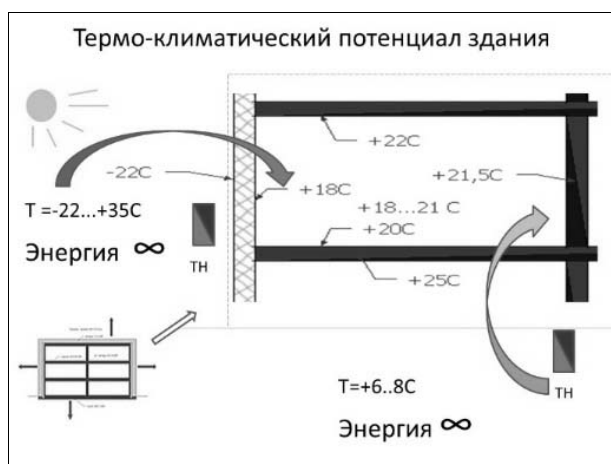


Рис. 6. Концепція термо-кліматичного потенціалу (ТКП) будинку

Концепція «Потенціалу» є дуже поширеною в природних, економічних та технічних дисциплінах за своїм об'єктивним характером та дозволяє надати інженерне та наукове забезпечення вирішенню багатьох проблем/завдань.

Логічне за суттю накопичення тепла/холоду, яке здійснюється в каркасі будинків, побудованих за технологією ТААБС (*термоактивні акумулюючі адаптивні будівельні системи*), як показала практика, може бути поширене до поняття «клімат».

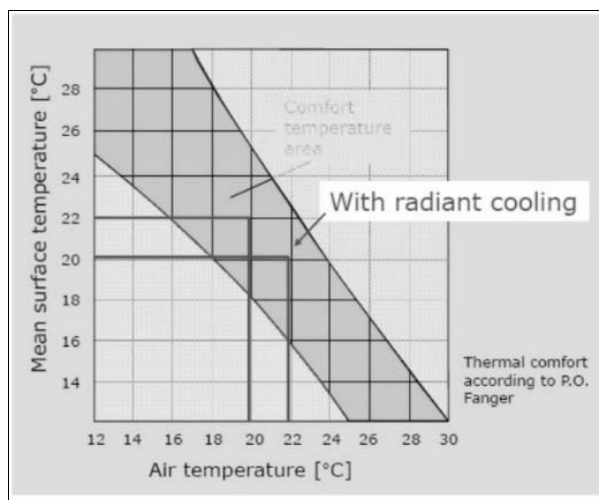


Рис. 7. Показники комфортності по температурі в системі «повітря/внутрішні огороджувальні конструкції»

На додаток до таких складових внутрішнього клімату будинку як «повітря» (температура, вологість, швидкість, хімічний склад) в приміщенні **КЛЮЧОВИМ** виявились саме температура поверхонь стін, підлоги та стелі.

В стандартних системах вентиляції теплообмінна поверхня виробу дуже не значна. В той же час поверхні приміщення на порядок-два більші.

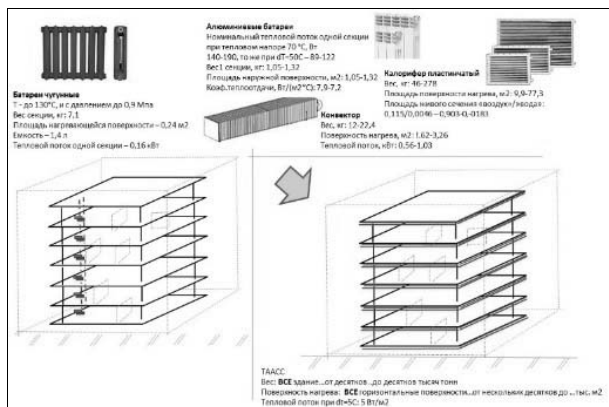


Рис. 8. Формування ТКП пасивного та активного /ТААБС/ типів

Як показала практика та розрахунки ТААБС технологія дозволяє шляхом контролю температури горизонтальних частин будинку (фундаментна плита, плити перекриття та покриття – відповідно: підлога та стеля приміщення) вирішити питання санітарно-гігієнічних показників приміщення найбільш оптимально. Це 21<sup>0</sup>С температура підлоги та 22<sup>0</sup>С – температура стелі.

Температура робочого тіла системи – води в контурах в плитах – 25-27<sup>0</sup>С в режимі опалення та 21-23<sup>0</sup>С в режимі охолодження. Вказаний режим

відносить дану систему забезпечення клімату до так званих низькотемпературних (опалення) та високотемпературних (охолодження).

Дослідження автора статті на протязі 5 років та побудовані 12<sup>2</sup> будинків за технологією ТААБС загальною площею біля 7 тис.м<sup>2</sup> дозволили стверджувати, що для середньо поверхових будинків (до 5-6 поверхів)<sup>3</sup> оптимальне за критерієм мінімуму ВЖЦ є показник **ТКП** на рівні **0,17-0,19** кВт/°С\*м<sup>2</sup> для індивідуальних будинків та **0,2-0,22**кВт/°С\*м<sup>2</sup> для багатоквартирних будинків.

Такі показники дозволяють реалізувати будинки на діючих, нормативних показниках термічного супротиву оболонки із природною припливною та примусовою витяжною вентиляцією при частці вікон – до 17-18% фасаду будинку за умови відсічення будинку від ґрунту через теплоізоляційний прошарок з термічним супротивом не менш 1,5.

Вказаний температурний режим та ТКП якнайбільш підходить до використання всіх без виключення джерел енергії як «класичних» так і ВДЕ.

Поточні результати для описаних вище будинків, реалізованих на теплових насосах з ґрунтовим зовнішнім контуром, дали наступні показники.

- встановлена потужність електропостачання розділу ОВО – 1 кВт е/е на **120** м<sup>2</sup> загальної площі житлових будинків та 1 кВт е/е на **150** м<sup>2</sup> загальної площі будинків з змінним режимом експлуатації (адміністративні, школи, дитячі садки, медичні заклади, тощо);

- експлуатаційні витрати е/е: **3,5** кВт\*год/м<sup>2</sup> на місяць в середньому за опалювальний період та **1,5** кВт\*год/м<sup>2</sup> на місяць в середньому в період охолодження.



Рис. 9. Фотографії деяких будинків, побудованих за технологією ТААБС

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Викладена концепція термо-кліматичного потенціалу будинків дозволила отримати практичний інструментарій проектування та будівництва енергоефективних будинків будь-якого типу за призначенням. Опрацювання математичної моделі розрахунку ТКП для різних типів будівель дозволить поширити даний підхід на інші, не розглянуті об'єкти забудови та вдосконалити моделювання та розрахунки.

<sup>2</sup> Котеджі індивідуальні 4 шт по 58 м<sup>2</sup>; багатоквартирні будинки 7 шт. від 200 до 700 м<sup>2</sup>, офісний будинок 1500 м<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> що зумовлено певним співвідношенням площі забудови – поверхня, контактуюча з ґрунтом - до загальної площі поверхонь будинку, що контактують із зовнішнім середовищем - повітрям

## Література

1. *Фаренюк Г. Г.* Теплова надійність огорожувальних конструкцій та енергоефективність будинків при новому будівництві та реконструкції / *Г. Г. Фаренюк* // Дис... д-ра наук: 05.23.01. – 2010.
2. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT).
3. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT).
4. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT).
5. *Табунициков Ю. А.* Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / *Ю. А. Табунициков, М. М. Бродач* – М. : АВОК Пресс, 2002. – 193 с.
6. Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces. Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature.
7. EN 15377-1:2008 Heating systems in buildings – Design of embedded water based surface heating and cooling systems – Part 1: Determination of the design heating and cooling capacity.
8. EN 15459:2007 Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.
9. DIN EN 12831 Bbl 1:2008 Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load – National Annex NA.

### ТЕРМО-КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗДАНИЯ

*В. М. Брунько*

В работе раскрыта концепция термо-климатического потенциала здания – интегрального показателя энергетической эффективности здания и его систем обеспечения климата, осуществляемого через контроль температуры горизонтальных несущих частей – фундаментной плиты и плит перекрытия и покрытия.

### THERMO-CLIMATIC POTENTIAL OF BUILDING

*Vladimir M. Brunko*

The article disclosed the concept of thermo-climatic potential of the building - an integral indicator of energy efficiency of the building and its systems to ensure climate, carried out by temperature control of the horizontal load-bearing parts - the foundation and the floor and covering slabs.