

УДК 620.98

Кріпак І.А. студент, керівник Дешко В.І.
НТУУ «КПІ», Київ, Україна.

Моделювання теплового стану приміщення під впливом добової зміни зовнішніх умов

Проведено моделювання теплового стану приміщення під впливом добової зміни зовнішніх умов: зовнішньої температури, сонячної радіації а також додаткових теплонадходжень. Досліджено найбільш впливові фактори впливу на тепловий стан.

Сьогодні на ринку програмного забезпечення більшість програмних продуктів проводять теплові розрахунки в стаціонарному режимі. З метою більш глибокого дослідження нестационарних теплових процесів і явищ в будівлях, було розроблено та налаштовано відповідну математичну модель, яка реалізована за допомогою мови програмування С++. Вона описує окремо взяте приміщення. Зовнішні огорожуючі конструкції складаються зі стін та вікна. Стіни можуть мати декілька шарів, які описуються геометричними та теплофізичними параметрами. Внутрішні стіни та перекриття мають лише один будівельний шар. Для джерела теплоти, опалювальний прилад, задані витрата та температура подачі води. Розглядалось два типа будівель: з термічним опором 0,796 (м²·К)/Вт та 2,8 (м²·К)/Вт.

Програма проводить розрахунки нестационарних процесів що протікають в стінах та визначає теплові потоки на їх поверхнях, обраховує температури в приміщенні та зворотної води опалювального приладу за результатами складання теплового балансу (рис. 1).

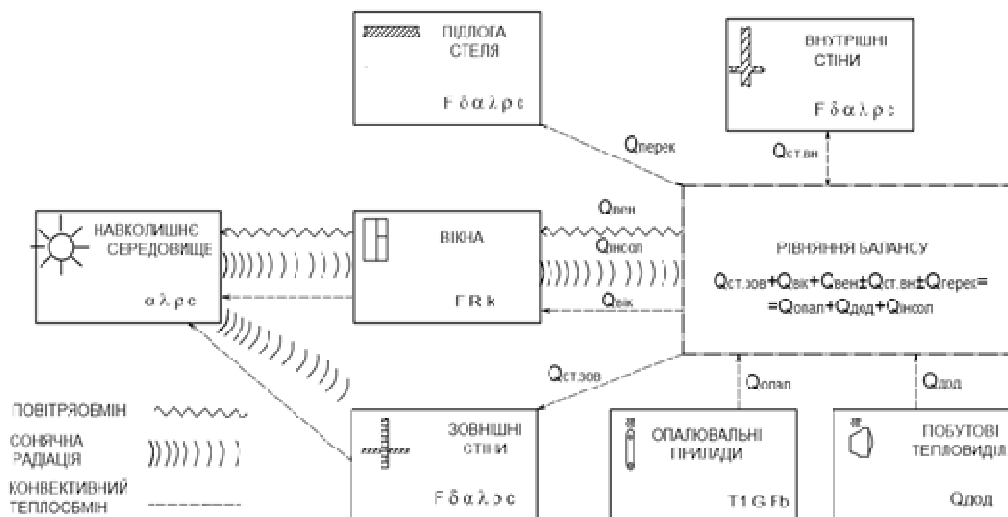


Рис. 1 – Схема теплових зв'язків моделі

Теплопровідність в огорожувальних конструкціях стін, стелі, підлоги описується відповідним рівнянням :

$$c_j \rho_j \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda_j \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} ; t = t(x, \tau), x \in (0, \delta_j),$$

де c, ρ, λ - відповідно теплоємність (Дж/кг°С), густина (кг/м³) та коефіцієнт теплопровідності (Вт/м°С) j -го шару огорожувальної конструкції; x - просторова координата; t - температура i -го вузла; τ - час.

Для вирішення цього диференційного рівняння було використано метод скінчених різниць. Область неперервної зміни аргументу замінено дискретною множиною точок (сіткою), а диференціальне рівняння апроксимовано на сітці різницевим. Чисельний розв'язку диференціального рівняння зводиться до рішення різницевих рівнянь [1].

В загальному тепловому балансі враховується додаткове тепло надходження від людей та електричних приладів, сонячна інсоляція, а також втрати на вентилявання приміщення.

Розрахунки проводилися при коливаннях зовнішньої температури на протязі доби, за наявності та відсутності додаткових теплонадходжень для приміщень адміністративного типу та різній інтенсивності добової сонячної інсоляції, яка діє на зовнішню поверхню стін та впливає на тепловий стан приміщення крізь вікно.

Загалом зміна температури зовнішнього повітря має місце як на протязі доби, так і завдяки зміні середньодобового значення температури на протязі опалювального періоду. При розрахунках для окремого періоду часу слід враховувати попередні зміни теплового стану і тому надавати особливу увагу початковим умовам. Розрахунки показали що при повторенні циклу добової зміни температури зовнішнього повітря та завданні початкових умов як миттєвого значення температурного розподілу в стіні, температура в середині приміщення досягає середнього значення на протязі 7 діб для неізолюваного приміщення та 14 діб для ізолюваного. Це викликано поступовою зміною профілю температури в стіні (рис.2 та рис.3).

У тому випадку, коли початковий розподіл задано за середньодобовим значення зовнішньої температури, цей процес скорочується до 2-3 діб.

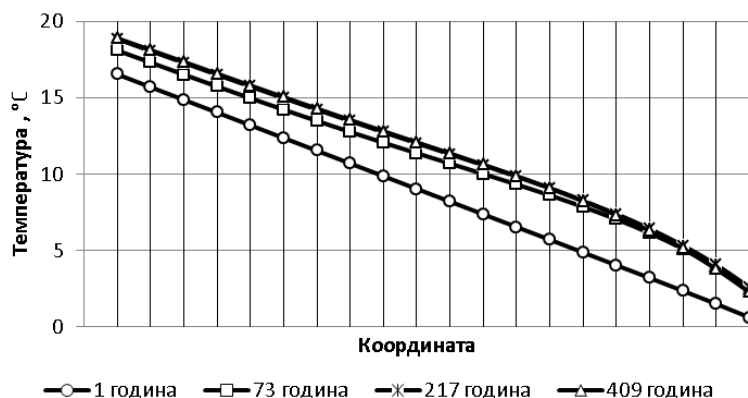


Рис. 2 – Профіль температури в неізолюваній стіні

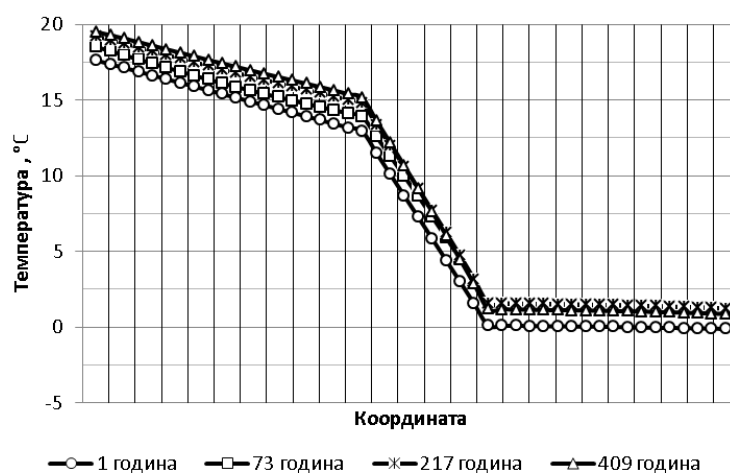


Рис. 3 – Профіль температури в ізолюваній стіні

Отримані обрахунки показали наявність коливання температури внутрішнього повітря з певною амплітудою, що в значній мірі викликані зміною тепловтрат через вікно і

інфільтрацію. Так якщо амплітуда зовнішніх коливань температури за добу була на рівні від 10 до 15 °С, то в приміщенні амплітуда коливань температури відповідно від 0,7 до 1,2 °С. При цьому за рахунок механізму тепловтрат тільки через стіни, зміна внутрішньої температури була на два порядки меншою.

При аналізі теплового балансу та тепловтрат в приміщеннях границі системи можна обмежувати внутрішньою поверхнею стін або розглядати тепловтрати – теплообмін з зовнішнім середовищем. В першому випадку за рахунок акумуляції теплоти внутрішніми стінами максимум тепловтрат через вікна і вентиляцію не співпадають в часі з максимумом сумарних втрат через стіни (рис. 4). Це викликано тим, що під впливом тепловтрат через вікна і вентиляцію температура в приміщенні змінюється значно швидше аніж температура стін. У нічний період збільшення тепловтрат через вікна і вентиляцію призводить до зниження температури в приміщенні нижче температури поверхні внутрішніх стін, тоді внутрішні стіни віддають тепло. І навпаки, зменшення тепловтрат через вікна і вентиляцію призводить до підвищення температури в приміщенні, що спричиняє акумуляцію теплоти внутрішніми стінами (рис.5).

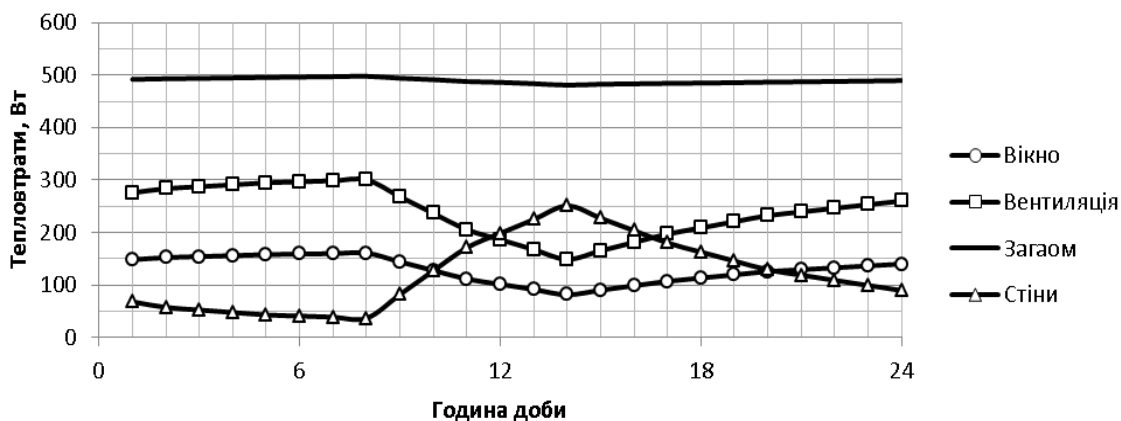


Рис. 4 – Тепловтрати в ізольованому приміщенні

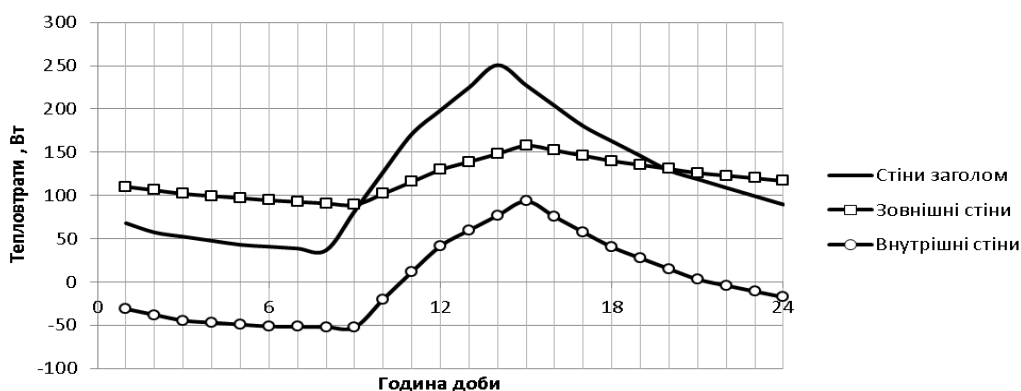


Рис. 5 – Добова зміна тепловтрат через огорожуючі конструкції

При врахуванні сонячної радіації та додаткових теплонадходжень, температурний стан приміщення сильно залежить від характеру зміни та інтенсивності даних чинників.

Для аналізу цих факторів були проведені розрахунки стосовно визначення чутливості теплового стану приміщення на зміну інтенсивності додаткового джерела теплоти, для врахування характеру зміни подразника було визначено його максимальне відхилення від середнього значення, а також визначено складову долю в загальному балансі кожного чинника. Результати розрахунків представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Чинники зміни температури в приміщенні.

Параметр		Інсоляція через стіни	Інсоляція через вікно	Додаткові теплонадходження	Зовнішня температура
Неізольоване приміщення	Чутливість	0.090	0.090	0.276	0.174
	Максимальне відхилення від середнього	2.543	2.543	0.333	2.345
	Доля в балансі	0.388	0.046	0.102	0.464
Ізольоване приміщення	Чутливість	0.096	0.096	0.296	0.173
	Максимальне відхилення від середнього	2.543	2.543	0.333	2.345
	Доля в балансі	0.451	0.053	0.119	0.377

При проведенні аналізу, окремо розглядався вплив сонячної радіації через світловий отвір та через нагрів огорожуючи конструкцій. При цьому вплив зовнішньої температури, яка спричиняє зміну інтенсивності тепловтрат в приміщенні, залишався незмінним.

Отримані результати вказують на те, що додаткові джерела теплоти мають різний вплив на ізольоване та неізольоване приміщення. Так чутливість теплового стану ізольованого приміщення до зміни теплонадходжень та сонячної радіації збільшується, порівняно з неізольованим приміщенням тоді як чутливість зовнішньої температури зменшуються. Відповідний перерозподіл відбувається і з долею в загальному балансі.

Характер дії додаткових теплонадходжень такий, що при ньому не відбувається додаткових перетворень енергії, тому у цьому випадку спостерігається найбільша чутливість. Сонячна радіація характеризується значною долею в тепловому балансі та значними змінами інтенсивності, що може призвести до значних підвищень температури в приміщенні.

Таким чином, температура в приміщенні залежить від багатьох факторів, але головними чинниками зміни температури у адміністративних будівлях є зовнішня температура та інтенсивність сонячної радіації. Тому неточності чи неправильне обрахування зазначених факторів можуть призвести до не правильного складання теплового балансу приміщення і як результат – похибок при проектуванні або експлуатаційному регулюванні комфортних умов. Наприклад, при складанні теплового балансу окремого приміщення варто враховувати ефект акумуляування теплоти внутрішніми стінами.

Основною проблемою при обрахуванні сонячної радіації є те, що доступ до даних значень потоку сонячної радіації є дуже обмеженим [2]. Одним із можливих джерел може слугувати, наприклад, Світовий Центр Радіаційних Даних [3], але дані більшості таких джерел проходять тривалий процес обробки до 2 років, тому вони не забезпечують потреби поточного сьогоденного аналізу.

Доступ до інформації про зовнішню температуру вільний, але при її використанні, підчас проведення енергоаудиту треба звертати увагу як на процедури та часові інтервали осереднення та обробки температур, так і вибір методик розрахунку складових тепловтрат, які залежать від зовнішньої температури, наприклад за рахунок повітрообміну .

Література:

1. Самарский А.А. Теория разностных схем [Текст] / Александр Андреевич Самарский. - М.: Наука, 1977. – 656 с.
2. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст] : ДБН В 2.6-31-2006. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Міністерство Будівництва, Архітектури та Житлово-Комунального Господарства України, 2006. – 74 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть) январь – март 2007 [Текст]. / Мировой центр радиационных данных ВМО. – Санкт-Петербург: МЦРД. – 2009. – 450 с.