

## **МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТЕОДАНИХ ТИПОВОГО РОКУ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ**

Дешко В.І, Суходуб І.О., Нагорна С.О.

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
м. Київ, Україна

**АНОТАЦІЯ:** Проведено огляд існуючих баз метеоданих, розглянута методика формування типового метеорологічного року типу ТМУ 2.

**АННОТАЦИЯ:** Проведен обзор существующих баз метеоданных, рассмотрена методика формирования типичного метеорологического года типа ТМУ 2.

**ABSTRACT:** Present meteorological data bases review is performed, Typical Meteorological Year (TMY 2) generation methodology is analyzed.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** енергоефективність будівлі, типовий метеорологічний рік, бази метеорологічних даних.

### **ВСТУП**

Сучасне програмне забезпечення для моделювання енергетичної оцінки ефективності будівель потребує детальних метеорологічних даних для проведення розрахунку з відповідною точністю. Інформація щодо параметрів повітря, зокрема його температури, відносної вологості, сонячної радіації, швидкості вітру та ін., є необхідною для аналізу енергоефективності будівлі. Використання комп'ютерних програм для енергетичного аналізу будівель закордоном почалося ще з кінця 60-х років ХХ ст. [1]. З роками кількість таких програм все збільшувалася у зв'язку з появою інноваційних технологій у будівництві. Нові програми, зокрема TRNSYS, DOE-2 та EnergyPlus використовуються для енергетично-аналітичного моделювання будівель.

Кожна з подібних програм як вихідні дані використовує набір метеоданих, який є характерним для певної місцевості. Нас же цікавить можливість використання таких вибірок даних на території України, а також методика визначення типових метеоданих, котра може використовуватися у подальшому розрахунку енергоефективності будівлі.

Стандарт по будівельній кліматології в Україні [2] встановлює кліматичні характеристики, що використовуються при проектуванні та розрахунках енергоспоживання будівель. Ці параметри визначено на основі спостережень з метеорологічних станцій за 45 років (з 1961 по 2005 рік). До кліматичних параметрів, що надаються стандартом, відносять: значення середньомісячних та середньодобової амплітуди температур, температур найхолоднішої та найтеплішої доби та п'ятиденки, дати переходу середньодобової температури через 8 та 10 °С восени та весною,

параметри вітру, теплової та сонячної радіації, середньомісячної вологості, середньодобової амплітуди вологості та ін.

Цей набір даних дозволяє нам визначати енергоефективність будівель за рахунок усереднених показників (для розрахунку енергоспоживання) або використовуючи екстремальні точки (для проектування). Використання середніх даних для опалювального сезону або за кожен місяць, в свою чергу, не враховує екстремуми метеорологічних значень параметрів повітря, які спостерігаються протягом року та не дають можливості для динамічного моделювання. Тому варто використовувати річні погодинні дані для різних метеорологічних параметрів, що є репрезентативними для даного клімату.

## ТИПОВІ РОКИ

При визначенні енергоефективності будівель в інших країнах досить часто використовуються набори метеорологічних даних [3, 4]. Деякі з них наведені нижче.

Еталонний рік (Test Reference Year або TRY) – один з перших підходів у визначенні щорічних погодинних погодних даних, що спеціально розроблений і використовується в будівництві. TRY's доступні для 60 місцевостей в США, але вони не включають сонячну радіацію. Даний метод виключає роки з досить високою чи досить низькою середніми за місяць температурами повітря. Для формування TRY використовуються дані з 1948 по 1975 рік.

Набір даних для Типового метеорологічного року (Typical Meteorological Year або TMY) був розроблений з урахуванням недоліків TRY. Період спостережень з 1952 по 1975 роки. Файли даних TMY містять місяці з числа різних років, ці місяці були відібрані на основі щомісячних композитних зважувань вихідних даних. Були вибрані місяці, які розташовувалися ближче до зваженої довготривалої розподілу. Цей набір даних був згодом оновлений до TMY2 на основі нового періоду спостережень (1961-1990) та до TMY3 (1976-2005).

Для представлення одного типового року або групи місяців, ASHRAE впровадила науково-дослідний проект з погодними даними, який названий Погодним роком для енергетичних розрахунків (Weather Year for Energy Calculations або WYEC). Для цього випадку був визначений для кожного місяця року один реальний місяць з погодинними погодними даними, які відповідають температурі сухого термометра, яка ближча до середньої температури сухого термометру для цього місяця за 30-річний період спостережень. Обраний місяць перевіряється на наявність нетипових або екстремальних погодних даних по температурі. Окремі дні з інших місяців можуть експортуватися в обраний місяць, якщо їх включення наближує середню температуру місяця до середнього значення за 30-річний період. Дана база була завершена в 1983 році і складається для 51 місця в Північній Америці. WYEC була поновлена до WYEC2 у форматі TMY, врахувавши погодинні дані по оцінці хмарності. Оновлена WYEC2 модель враховує компоненти сонячної радіації і дані освітленості.

Також існують і інші бази погодних даних для різних місцевостей, в т.ч. для Європи - "European" Test Reference Year (TRY) і Design Reference Year (DRY), Японії – Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS).

Процес відбору в "European" TRY дає можливість отримати середнє значення, частоту розподілу окремих змінних і можливі кореляції між різними змінними для кожного місяця в довготривалому періоді даних. Але така база даних, враховуючи температуру сухого термометра, сонячну радіацію і вологість повітря, не враховує швидкість вітру. Місяць з самим меншим відхиленням від середнього включається до бази.

DRY є спробою модифікувати TRY з коригуванням обраних місяців. Такі параметри, як температура сухого термометра, сонячна радіація і вологість, але не вітер коригуються шляхом заміни декількох днів днями інших років, але такого ж місяця.

Міжнародна погода для енергетичного розрахунку (International Weather for Energy Calculations або IWEC) - це погодні дані, котрі були розроблені в рамках дослідницького проекту RP-1015. Процедура отримання цих даних була заснована на виборі типового року протягом 18-річної послідовності погодних даних. Було обрано 12 типових метеорологічних місяців з достатньої кількості інших, шляхом порівняння статистичних показників для кожного місяця з відповідними показниками довготривалої статистики, яка використовує дані денної загальної радіації, температури сухого термометра, температури точки роси і швидкості вітру. Вибір був здійснений на основі зважених коефіцієнтів (0,4 для денної сонячної радіації і 0,3 для температури сухого термометра). База IWEC включає метеодані тільки для двох міст України: м. Києва та м. Одеси.

## МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ТИПОВОГО МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО РОКУ ТМУ 2

Метод типового метеорологічного року, розроблений для національної лабораторії Sandia [5], є одним з найбільш широко застосованих для об'єднання 12-ти типових місяців (ТММ's) різних років, що формують завершений рік. Процедура відбору 12-ти ТММ's складається з двох етапів.

На першому етапі проводять вибір п'яти ймовірних років. У відповідності до статистичної функції Фінкельштейна-Шафера [6], якщо є кількість  $n$  спостережень погоди параметра  $x$  і вони розміщені в порядку зростання  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , то кумулятивний розподіл функції для параметру визначається монотонно зростаючою функцією CDF( $x$ ), яка визначається за формулою (1)

$$\text{CDF } x = \begin{cases} 0, & \text{для } x < x_1 \\ \frac{(i-0,5)}{n}, & \text{для } x_i \leq x < x_{i+1} \\ 1, & \text{для } x \geq x_n \end{cases} \quad (1)$$

Статистична функція Фінкельштейна-Шафера між довготривалою функцією кумулятивного розподілу і кумулятивним розподілом для місяця кожного індивідуального року розраховується за допомогою рівняння (2)

$$\text{FS}_x \text{ } y, m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \text{CDF}_m x_i - \text{CDF}_{y,m} x_i, \quad (2)$$

де  $\text{FS}_x \text{ } y, m$  – статистика погодного параметру  $x$  ( $y$  – значить рік і  $m$  – місяць);

$\text{CDF}_m$  – довготривала для року  $y$  функція кумулятивного розподілу погодного параметру  $x$  для місяця  $m$ ;

$\text{CDF}_{y,m}$  - короткотривала для року  $y$  функція кумулятивного розподілу погодного параметру  $x$  для місяця  $m$ ;

$N$  – кількість днів у місяці.

На основі даної статистики і баз метеорологічних даних можна побудувати графіки функцій кумулятивного розподілу для довготривалого і короткотривалого періодів, які будуть йти поряд.

Для інших обраних місяців, статистика Фінкельштейна-Шафера для одинадцяти погодних параметрів групується в зважену суму складових (WS) за формулою (3)

$$WS_{y,m} = \frac{1}{M} \sum_{x=1}^M WF_x \cdot FS_x(y,m), \quad (3)$$

де  $WS_{y,m}$  – середньо зважена сума для місяця  $m$  в році  $y$ ;

$WF_x$  – зважувальний коефіцієнт для погодного фактора  $x$ ;

$M$  – кількість метеорологічних параметрів.

Перелік та значення кожного зі зважувальних коефіцієнтів наводяться у таблицях [5], котрі використовуються у подальших розрахунках.

Другий етап полягає у кінцевому виборі ТММ, який проводиться згідно [7]. Для вибору використовується середньоквадратичне відхилення (RMSD) повної сонячної радіації згідно формули (4)

$$RMSD = \frac{\sum_{i=1}^N H_{y,m,i} - H_{ma}}{N}^2 \quad 1/2, \quad (4)$$

де RMSD – середньоквадратичне відхилення повної сонячної радіації;

$H_{y,m,i}$  – денне повне значення сонячної радіації року  $y$ , місяця  $m$  і дня  $i$ ;

$H_{ma}$  – середнє значення довготривалої сонячної радіації для місяця  $m$ ;

$N$  – кількість днів у місяці.

В кінцевому випадку вибирається місяць з найменшим значенням RMSD.

## ВИСНОВКИ

Проведений огляд існуючих баз метеорологічних даних для типового року з наведенням погодинних даних по температурі, вологості повітря, сонячній радіації, швидкості вітру та ін. В якості найбільш придатної методології, яку в подальшому планується використовувати для України, рекомендується метод лабораторії Sandia на основі визначення статистичних показників.

## ЛІТЕРАТУРА

1. A Methodology for Validating Building Energy Analysis Simulations / [R. Judkoff, D. Wortman, B. O'Doherty, J. Burch] // Technical Report NREL/TP-550-42059. – April, 2008.
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-11-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с. – (Національний стандарт України).
3. Weather data around the world for design of field hospital HVAC / [Lubos Forejt, Jan Hensen, Frantisek Drkal, Petra Barankova] // Proceedings of the 17<sup>th</sup> Int. Air-conditioning and Ventilation Conference, 2006. – P.6.
4. Lewis G. Harriman III. New Weather Data For Energy Calculations / Lewis G. Harriman III, Donald G. Colliver, K. Quinn Hart // ASHRAE Journal, March, 1999.
5. Generation of a typical meteorological year / J.Hall, R.R. Prairie, H.E. Anderson, E.C. Boes // Proceedings of the Annual Meeting of the American Society of the International Solar Energy Society, Calif, USA, June 1978.
6. J.M. Finkelstein. Improved goodness-of-fit tests / J.M. Finkelstein, R.E. Schafer // Biometrika, 1971.- Vol.58. - No. 3. - P. 641–645.
7. The generation of a “typical meteorological year” for the city of Athens / [D. Pissimanis, G. Karras, V.Notaridou, K. Gavra] // Solar Energy, 1988.-Vol. 40. - No. 5. - P. 405–411.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2013 р.