

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Дешко В.І., Білоус І.Ю.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна

АННОТАЦІЯ: Проведено аналіз особливостей існуючих методів розрахунку енергоспоживання в будівлях, їх призначення та використання при побудові математичних моделей в різних програмних продуктах.

АННОТАЦИЯ: Проведен анализ особенностей существующих методов расчета энергопотребления в зданиях, их назначение и использование при построении математических моделей в различных программных продуктах.

ABSTRACT: The analysis of existing methods of calculating the energy consumption in buildings, their purpose and use in the construction of mathematical models for various software products is down.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Енергоспоживання, енергоефективність, моделювання, метод розрахунку, будівля.

ВСТУП

Громадські та житлові будинки являються одними з найбільших споживачів енергоресурсів в Україні. Практично 90% будівель нині не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. На сьогоднішній день головними проблемами таких будівель є підвищені витрати теплової енергії на опалення та невідповідність внутрішнього мікроклімату приміщень загальноприйнятим нормам комфорту.

Один з елементів оцінки ефективності використання енергоресурсів є енергетична паспортизація, або сертифікація, як прийнято у термінології Європейського Союзу (ЄС). Відсутність адекватної оцінки енергоспоживання в будівлях в Україні призводить до того, що на відміну від країн ЄС, неможливо визначити базу порівняння поточного рівня енергоефективності сектора нерухомості і встановити реалістичні цілі щодо його зниження в перспективі. Вирішення цих завдань, аналіз фактичних та отримання приведених до стандартних умов даних по енергоспоживанню потребує використання методів розрахунку та математичних моделей різного призначення.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Протягом останніх років методи визначення енергоспоживання та оцінки енергоефективності в Україні враховували лише річні енергопотреби на опалення та не приймали до уваги потреби на охолодження та гарячого водопостачання (ГВП) [1, 2].

Згідно з [1] енергетична ефективність будівель повинна визначатися на базі розрахункової або фактичної річної енергії на задоволення потреб на опалення, при забезпеченні відповідних санітарно-гігієнічних норм в приміщеннях будинку. Стандарт [1] використовує метод розрахунку енергоспоживання на основі градусодоби (ГД). Фіксована тривалість опалювального періоду необхідна для розрахунків сумарної теплопередачі та сумарних теплових надходжень протягом опалювального періоду [1]. Даний метод дозволяє скоригувати споживання енергії на опалення відповідно до фактичних значень зовнішньої температури та середніх температур приміщень.

Але при розгляді будівлі як енергетичної системи до енергетичних потреб повинні бути віднесені потреби на опалення та охолодження для підтримання заданої температури, потреби у енергії на ГВП, а також джерела енергії.

В ЄС розроблено ряд стандартів для визначення енергетичних характеристик і встановлення енергетичного рейтингу та енергетичної сертифікації будівлі. EN ISO 13790, введений в Україні [3], надає методи для розрахунку витрат енергії на опалення, охолодження будівлі. На основі даного стандарту розробляється національний метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та ГВП. Використана в цих стандартах методика дозволяє розділити будівлю на декілька зон, використовувати різні часові інтервали, тим самим досягти більшої точності розрахунку.

Стандарт [3] надає два основні типи методик розрахунку енергоспоживання на опалення та охолодження:

- квазістаціонарні методи, за якими для визначення споживання за рік або сезон тепловий баланс розраховують за місячними інтервалами часу, що дозволяє прийняти до уваги динамічні ефекти за емпірично визначеним коефіцієнтом використання надходжень та/або втрат;

- динамічні методи, за якими тепловий баланс розраховують за короткотривалими часовими періодами (зазвичай одна година), беручи до уваги обсяг тепла, що акумулюється в або вивільняється від масиву будинку за допомогою приведення розрахунку до вузлів.

Існують інші методи проведення аналізу енергоспоживання в будівлі. Поширеним програмним продуктом для аналізу енергетичних характеристик будівель є EnergyPlus (опалення, охолодження, освітлення, вентиляції та інших потреб.). Він включає в себе багато можливостей, таких як моделювання по зонам, радіаційний теплообмін, аналіз природної вентиляції, фотоелектричні системи. В EnergyPlus використано методики DOE2, до яких наближені європейські стандарти, що робить її привабливою для застосування [4].

Моделі, які описують фізичні процеси тепломасопереносу і побудовані в програмному середовищі ANSYS, FLUENT, SolidWorks та ін. дозволяють аналізувати температурні поля, локальні характеристики повітрообміну та комфортних умов, наприклад, врахування радіаційної температури [5, 6].

При створенні моделей даних по енергоспоживанню можуть застосовуватися формальні підходи Data modeling. На основі накопичення фактичних даних по факторам впливу і по споживанню енергії складається, наприклад, регресійна або інтегрована модель, що дозволяє аналізувати та передбачати різні аспекти поведінки будівлі як енергетичної системи [7, 8].

ПОРІВНЯННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

Крім визначених методів та програмних продуктів існує велике коло інших інструментів, які використовуються для визначення, аналізу та оптимізації енергетичного функціонування будівель на різних етапах проектування, моніторингу, енергоаудиту, розробки енергозберігаючих заходів, проектів та ін.

За наявного великого спектру програмних продуктів важливим є підібрати програмний продукт, який оптимально відповідає поставленим вимогам до моделі. Вони різняться за вартістю та доступністю, побудовані для різних операційних систем. Методологічно вони можуть бути побудовані: як бази даних; на базі фізичних розрахунків на основі фізичних законів, рівнянь (розраховують картини температурних потоків тепломасообміну та похідні енергетичні характеристики будівель); для вирішення завдань оптимізації; для моделювання об'єктів енергоспоживання за різних умов (стаціонарних, квазістаціонарних, нестаціонарних режимів).

До опису включений «Енергетичний паспорт», національний програмний продукт, побудований за [2] та Дисплей [9]. Зазначений підхід [2] не враховує ряд факторів: ефективність систем теплопостачання, вид палива, ефективність його використання при перетворенні, транспортуванні та розподіленні, використання первинної енергії. При побудові шкали енергетичної ефективності за допомогою інтернет-інструментарію Дисплей [9] показники енерговикористання будівлями представляються у первинній енергії, хоча коректне його використання потребує налаштування до конкретних умов, як в масштабі України, так і окремих типів, кластерів будівель.

Багато програмних продуктів можна знайти через Інтернет.

За класом вирішуваних задач розглянуті програмні продукти підрозділяються:

- для прийняття рішень в містах та визначені збиткового сектора: LEAP, Energy PLAN, TRACE [10];
- прогнозування та планування енергоспоживання: OSeMOSYS, SUPER, MESSAGE [10], Energy Plus [4];
- для оцінки інвестиційних проектів: MAC Tool, RETSKREEEN, COMPOSE [10];
- для оцінки екологічної ситуації: COMPOSE, CO2DB, LEAP, MAED, REAP, Energy Plus, Energy PLAN, SUPER, TIMES/MARKAL, VACTool, EFFECT [4, 10];
- оптимізація енергоспоживання: Energy PLAN, Energy Plus, OSeMOSYS, HOMER, Modelica [4, 10, 11];
- фізичне моделювання процесів теплообміну: ANSYS, FLUENT, SolidWorks [5, 6];
- визначення енергетичних характеристик будівель: Енергетичний паспорт, Дисплей, Energy Plus [2, 5, 9].

Програмні продукти, характеристика яких наведена на рис.1, є різними за складністю, доступністю та іншими за ознаками, що призводить до різного ступеню застосування.

При моделюванні енергетичних характеристик будівель важливим показником є можливість графічної побудови об'єкта, що моделюється. Такий підхід дає можливість краще врахувати архітектуру будівлі (тепловтрати та тепло надходження). Наприклад, 3-d модель будівлі може створюватися в спеціалізованому програмному забезпеченні AutoCAD, GoogleSketchUp або в іншому, синхронізованому з базовим програмним забезпеченням. Так, як більшість програмних продуктів розроблені не для умов

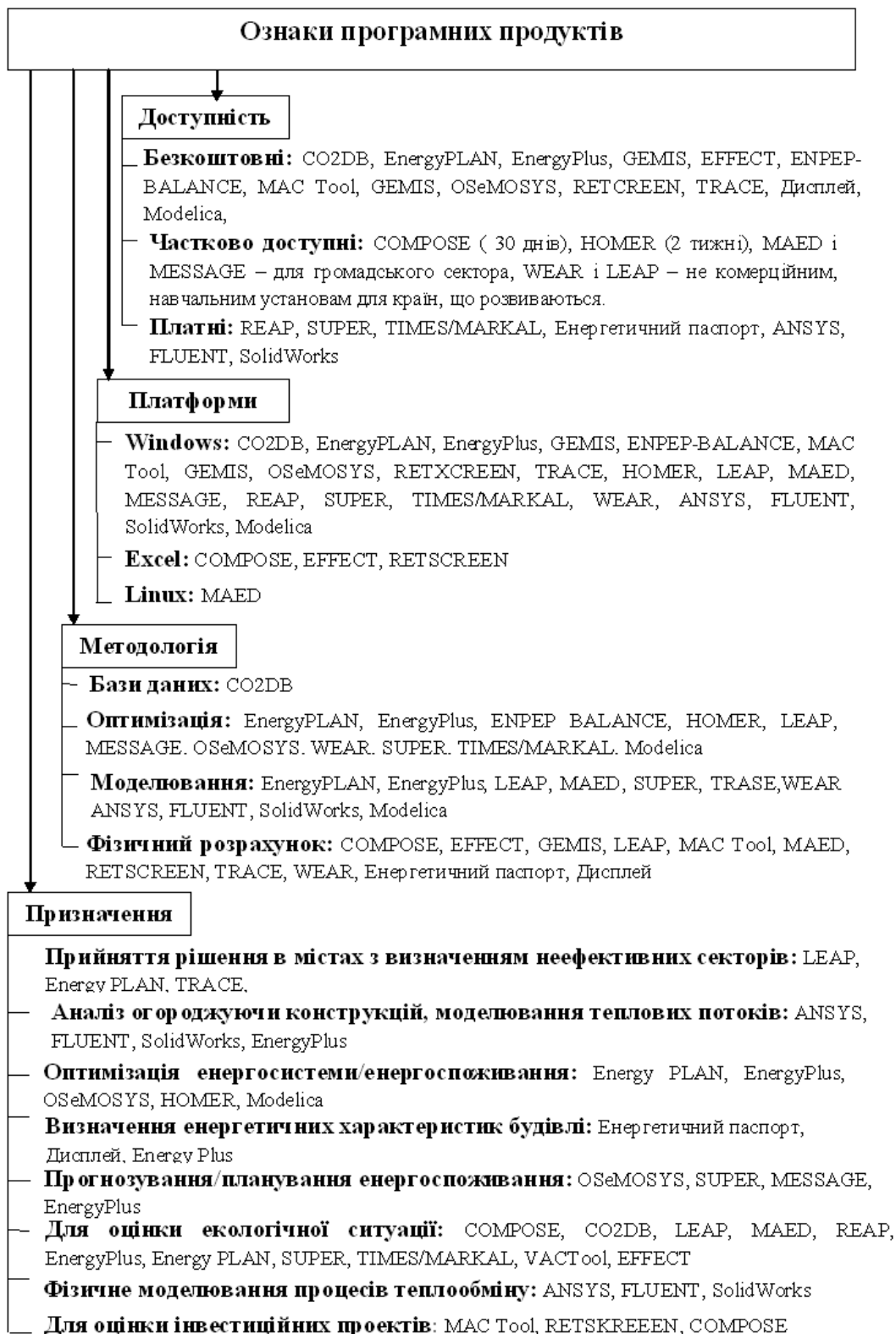


Рис. 1. Ознаки програмних продуктів

України, їх потрібно заздалегідь корегувати, а також прив'язати до погодних умов на певній території. Деякі програмні продукти вже мають базу даних з погодними умовами для України, такі як EnergyPlus.

Для деяких програмних продуктів ті, що не є у вільному доступі (наприклад, FLUENT), створені безкоштовні аналоги на базі Linux (наприклад, OpenFOAM).

ВИСНОВКИ

Моделі для визначення споживання енергії та програмні продукти динамічно розвиваються, знаходять ширше використання, спеціально адаптуються для вирішення тих чи інших завдань енергоспоживання з широкого спектру: енергоефективності, енергоаудиту, моніторингу та ін. Розрахункова методика на базі стандарту [3] створюють базу для ефективного вирішення задач оптимального енергетичного проектування, моніторингу, споживання, використання та аналізу в будівлях. Подальше заглиблення в питання енергоефективності та їх локалізація та поєднання з питаннями створення комфортних умов будуть залучати до вирішення цих проблем моделі, створені на базі фундаментальних фізичних розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]: ДБН В.2.6-31:2006. – На заміну СНиП II-3-79 ; чинний від 2007.04.01. – К.: Мінбуд України, 2006. – 64 с.
2. Проектування. Настава з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [Текст]. ДСТУ Н Б А.2.2.5:2007.– Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с.
3. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]: ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.– На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
4. Офіційний сайт EnergyPlus Energy Simulation Software.<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.
5. ANSYS, Inc. ANSYS FLUENT User's Guide Documentation. Режим доступу : <http://www.ansys.com>.
6. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. - Санкт-Петербург, 2008.
7. Development of a data model for consumption analysis and prediction of large-scale commercial building / [Fangting Song, Yi Jiang, Anne Le Mouel and other] // Building Simulation, 2007. - P. 1601-1609.
8. Popescu D. Simulation of Consumption in District Heating Systems / D. Popescu, F. Ungureanu, E. Serban // ENVIRONMENTAL PROBLEMS and DEVELOPMENT. - P. 50-55.
9. Офіційний сайт Кампанії DISPLAY. <http://www.display-campaign.org/doc/en/index.php>.
10. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename_menu=whole_building_analysis/pagename_submenu=energy_simulation
11. <http://simulationresearch.lbl.gov/modelica>

REFERENCES

1. Construction of buildings and structures. Thermal insulation of buildings [text]: SBN V.2.6-31: 2006. - To replace SNiP II-3-79, valid from 2007.04.01. - Kyiv, Ukraine Ministry of Construction, 2006. - 64 p.
2. Design. Guidelines for the development and drafting of the energy passport buildings for new construction and remodeling [text]: SSU N B A.2.2.5: 2007. - Was put first, valid from 2008.07.01. - Kyiv, Ukraine Ministry of Regional Development, 2008. - 44 p.
3. Energy efficiency of buildings. Calculation of energy use for heating and cooling [text]. SSU EN ISO 13790:2011. - Replaced ГОСТ 26629.85, valid from 01.01.2013. - Kyiv: NIISK, 2011. - 229 p.
4. The official website EnergyPlus Energy Simulation Software. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.
5. ANSYS, Inc. ANSYS FLUENT User's Guide Documentation. Mode of access: <http://www.ansys.com>.
6. SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice. - St. Petersburg, 2008.
7. Development of a data model for consumption analysis and prediction of large-scale commercial building / [Fangting Song, Yi Jiang, Anne Le Mouel and other] // Building Simulation, 2007. - P. 1601-1609.
8. Popescu D. Simulation of Consumption in District Heating Systems / D. Popescu, F. Ungureanu, E. Serban // ENVIRONMENTAL PROBLEMS and DEVELOPMENT. - P. 50-55.
9. The official website DISPLAY. <http://www.display-campaign.org/doc/en/index.php>.
10. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename_menu=whole_building_analysis/pagename_submenu=energy_simulation
11. <http://simulationresearch.lbl.gov/modelica>

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014 р.