

УДК 697.1

ДЕШКО В. І., СУХОДУБ І. О., СЕРДЕЧНИЙ П. Ю.

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЕКТІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Мета. Дослідження проблематики різних типів проектів, які виконуються або можуть виконуватися студентами енергетичних спеціальностей з використанням програмного забезпечення для енергетичного моделювання будівель, нетрадиційних та відновлюваних джерел.

Методика. В процесі дослідження заявленої проблематики розглянуто приклади робіт, що використовують: математичне моделювання процесів теплообміну, енергетичні баланси та програмне забезпечення по моделюванню. Проаналізовано актуальну на сьогодні нормативно-правову базу України, яка описує та регламентує підходи до оцінки енергетичної ефективності будівель.

Результати. У ході дослідницької роботи розглянуто та проаналізовано типові проекти з підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що виконувалися або виконуються студентами енергетичних спеціальностей, з використанням таких програмних комплексів, як RETScreen, EnergyPlus, DesignBuilder і т.д., розглянуто технічний потенціал зазначеного програмного забезпечення, проаналізовано методи опрацювання вихідних даних для програм, наведені основні характеристики, переваги, недоліки та складнощі, з якими стикаються студенти при проведенні енергетичного моделювання будівель та аналізу результатів.

Наукова новизна. Систематизовано наявний досвід щодо проведення енергетичного моделювання будівель студентами та аналізу певних складнощів, які виникають при моделюванні, що дозволяє оптимізувати загальний процес проведення досліджень енергетичної ефективності будівель.

Практична значимість. В результаті проведення заявленого дослідження визначено потенціал використання різних програмних комплексів для навчання студентів енергетичного моделювання будівель та аналізу критеріїв енергетичної ефективності будівель в Україні.

Ключові слова. Енергетична ефективність будівель, енергетичне моделювання будівель, динамічні моделі, графічний інтерфейс.

Вступ. Існує велика кількість підходів до оцінки енергетичної ефективності будівель, що використовуються в Україні. Найбільш простим методом вважається стаціонарний підхід до розрахунку з використання градусо-діб, що раніше використовувався дуже широко, в тому числі для підготовки енергетичного паспорту об'єкту [1]. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 [2], що базується на європейському стандарті, надає методику розрахунку для використання помісячного квазістаціонарного метода, що ліг з основу при підготовці ДСТУ А.2.2-12:2015[3]. Останній стандарт наразі використовується як при визначенні класу енергетичної ефективності за енергопотребою згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [4], так і при проведенні енергетичної сертифікації будівель за енергоспоживанням згідно з Законом України «Про енергетичну ефективність будівель» [5]. Також ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 надає методику розрахунку для використання спрощеного погодинного метода, що більш детально враховує теплову інерційність будівель. Широке використання останнього підходу значно ускладнюється відсутністю погодинних нормативних кліматичних даних, що можуть бути використані при енергетичному моделюванні будівель [6]. Наразі, є два варіанти джерела кліматичних даних, що можуть надавати ці дані для міст України. Перший варіант – це

використовувати файл International Weather for Energy Calculations (IWEC), безкоштовна версія якого є для двох міст України (Київ та Одеса) [7]. Інший варіант – це отримувати кліматичні дані з програми Meteoronorm, що на жаль є платною [8].

Менш розповсюдженим підходом до оцінки енергетичної ефективності будівель на території України є динамічне енергетичне моделювання з використанням програмних комплексів EnergyPlus, TRNSYS, eQUEST, DesignBuilder та ін. [9, 10]. Кожна з цих програм має свої певні особливості, переваги та недоліки. Широке використання цих програмних комплексів в проектах з підвищення енергетичної ефективності існуючих громадських та житлових будівель ускладнюється значними затратами часу на створення енергетичних моделей і проведення досліджень. Тому, такі підходи в Україні більш часто використовуються для прийняття рішень на етапі попереднього проектування, оцінці вартості життєвого циклу будівель, при проведенні «зеленої» сертифікації будівель згідно міжнародних систем сертифікації LEED та BREEAM і т.д. [11, 12].

Постановка завдання:

- 1) Проаналізувати наявні програмні комплекси, що можуть бути використані для енергетичного моделювання будівель;
- 2) Навести приклади проектів, що виконувалися/виконуються студентами енергетичних спеціальностей з використанням програмних комплексів для енергетичного моделювання будівель.

Опис процесу дослідження. Для енергетичного моделювання будівель можуть використовуватися наступні програмні комплекси: RETScreen, EnergyPlus, TRNSYS, eQUEST, DesignBuilder та ін. Найбільш простим і доступним програмним комплексом для оцінки впровадження енергозберігаючих заходів в будівлях є RETScreen, що використовує помісячні кліматичні дані. Основною перевагою даної програми є простота використання, в той час як найбільш значним недоліком є використання стаціонарного методу розрахунку, що не враховує теплову інерційність будівлі. Серед закордонних науковців значного поширення набуло використання програми TRNSYS, що є однією з найбільш просунутих програм для динамічного енергетичного моделювання. Однак, її використання ускладнюється значними обмеженнями, що є у безкоштовній версії програми. Цей недолік не є притаманним програмі EnergyPlus, що також широко використовується в дослідженнях енергетичних характеристик будівлі, хоча вона не має власного безкоштовного графічного інтерфейсу. Тому для створення геометрії будівлі може використовуватися Google SketchUp з плагіном Open-Studio. До того ж, в самій програмі EnergyPlus досить складно створювати складні системи опалення, вентиляції та кондиціонування. В цьому випадку є доцільним використовувати платний графічний інтерфейс DesignBuilder з можливістю зручного створення геометрії, інженерних системи будівлі та задання її теплотехнічних характеристик. У випадку використання програми в навчальних цілях є можливість використовувати її безкоштовно протягом місяця з певними обмеженнями у кількості зон для аналізу.

Протягом останніх 5 років на кафедрі теплотехніки та енергозбереження КПІ ім. Ігоря Сікорського впроваджувалося використання вказаних програмних продуктів в рамках викладання дисциплін «Прикладні задачі енергозбереження» та «Математичне моделювання енергетичних процесів в антропогенному середовищі». Остання дисципліна за згодою студентів може викладатися англійською мовою з використанням курсу, що був розроблений

GARD Analytics, Inc. та University of Illinois at Urbana-Champaign на базі програми EnergyPlus. Зважаючи на значну зацікавленість студентів у даних питаннях на кафедрі був організований науковий гурток «Програмні комплекси для моделювання енергетичних процесів в будівлях» (керівники – Суходуб І.О., Білоус І.Ю.). За цей період в рамках навчання та роботи в гуртку студенти виконали значну кількість проектів з використанням програмних комплектів для енергетичного моделювання. Тематика проектів включала як аналіз громадських (навчальні корпуси, школи, садочки, офісні будівлі) та промислових (цехи), так і житлових будівель (багатоквартирні будинки, гуртожитки). Найбільш поширені рішення, що аналізувалися в рамках проектів з підвищення енергетичної ефективності:

- Заходи щодо зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, цоколь, дах, перекриття горища та підвалу, двері, світлопрозорі конструкції тощо);
- Модернізація системи опалення будівлі (балансування системи, радіатори з термостатичним регулюванням, індивідуальний тепловий пункт з погодозалежним керуванням тощо);
- Модернізація систем вентиляції з використанням механічних системи з теплоутилізацією (децентралізовані, централізовані);
- Модернізація системи освітлення з використанням засобів автоматичного регулювання відповідно до рівня природного освітлення (daylighting);
- Моделювання переривчастих режимів роботи системи опалення громадських та житлових будівель з різними джерелами теплопостачання;
- Дослідження доцільності застосування різних типів систем з використанням поновлюваних та нетрадиційних джерел в громадських будівлях;
- Моделювання параметрів теплового комфорту будівель з різним рівнем теплового захисту та типом системи опалення.

Під керівництвом викладачів кафедри студенти займали призові місця на Всеукраїнських та Міжнародних конкурсах наукових робіт.

Результати дослідження. Процес використання програми DesignBuilder при аналізі проектів з підвищення енергетичної ефективності будівель розглянемо на прикладі школи №67, що розташована в Солом'янському районі м. Києва. Рік побудови об'єкту – 1963. Будівля закладу освіти виконана у Н-подібній формі з однією чотириповерховою (А) та двома одноповерховими секціями (Б та В) (рис. 1). Детальні відомості про площу огорожувальних конструкцій ЗОШ №67 наведені в табл. 1.



Рис. 1. Зображення школи №67. Вид зверху

Таблиця 1

Загальна інформація щодо огорожувальних конструкцій

Огородж. конструкція	Тип	Площа ОК, м ²	U, Вт/м ² ·К
Зовнішні стіни	Цегляні ЗС1	2132,54	0,831
	Цегляні ЗС2	930,9	0,999
Вікна	Металопластикові	458,94	1,88
	Дерев'яні	423,26	2,63
	Склоблоки	208,58	5,52
Двері	Дерев'яні	5,4	4,16
	Залізні	1,8	3,34
	Металопластикові	15,84	1,66
Дах	Над опалювальним приміщенням	1166,3	2,956
	Горище	1049	0,71
Підлога	-	6 411	-

Температурний режим під час опалювального сезону знаходиться в межах 13- 22°C, в залежності від типу приміщення та наявності додаткових опалювальних приладів. Станом на 2018 рік в школі навчається 540 учнів та працює 69 робітників. Загальноосвітній заклад №67 працює з 8:00 до 18:00. Опалення та гаряче водопостачання (ГВП) реалізуються централізовано. Встановлено 225 чавунних радіаторів. Термостатичні крани відсутні. Система тепlopостачання розбалансована. Труба, по якій відбувається розведення теплоносія по стояках потребує заміни. Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) розташований за 44 метри від будівлі школи. Труби утеплені. ІТП знаходиться в справному робочому стані, всі, передбачені проектом, системи функціонують. Також ІТП обладнаний системою автоматичного регулювання подачі теплоносія. Енергетичне моделювання громадської будівлі було виконано в програмі RETScreen та DesignBuilder (базі розрахункового модуля EnergyPlus). Побудована 3-D геометрія енергетичної моделі будівлі наведено на рис. 2.

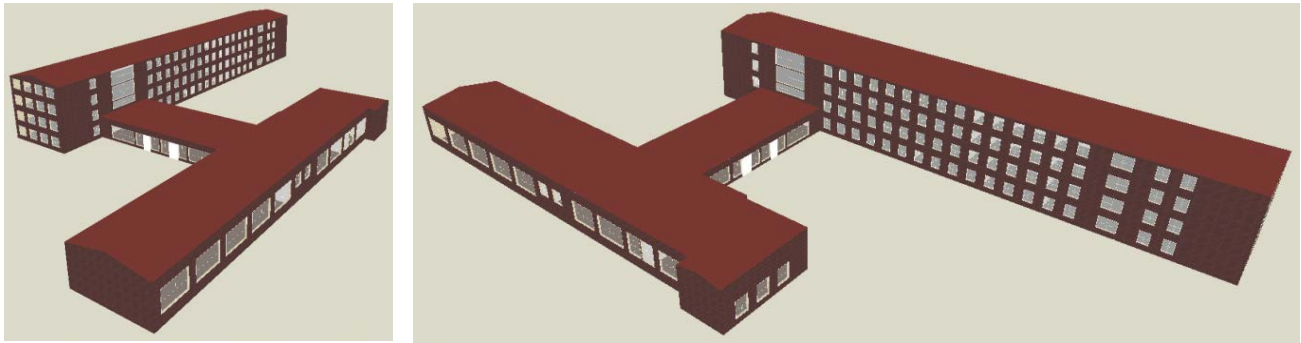


Рис. 2. Вигляд енергетичної моделі школи

Для верифікації/калібрування енергетичної моделі проводилося порівняння фактичних даних зі споживання енергоносіїв за останні три роки з результатами моделювання. Саме тому створювалися три моделі будівлі:

- Фактична модель – відображає існуючі температурні умови та повітрообмін
- Базова модель – умови комфортності та повітрообміну доведені до нормативних показників (з рахунок впровадження механічної системи вентиляції)
- Запропонована модель – теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій відповідають сучасним вимогам, використовується режим чергового опалення з періоди незайнятості будівлі, впроваджується система припливно-витяжної вентиляції з теплоутилізацією.

В програмі DesignBuilder для запропонованої моделі застосовувалася водяна система опалення та припливно-витяжна система вентиляції з теплоутилізацією (рис. 3).

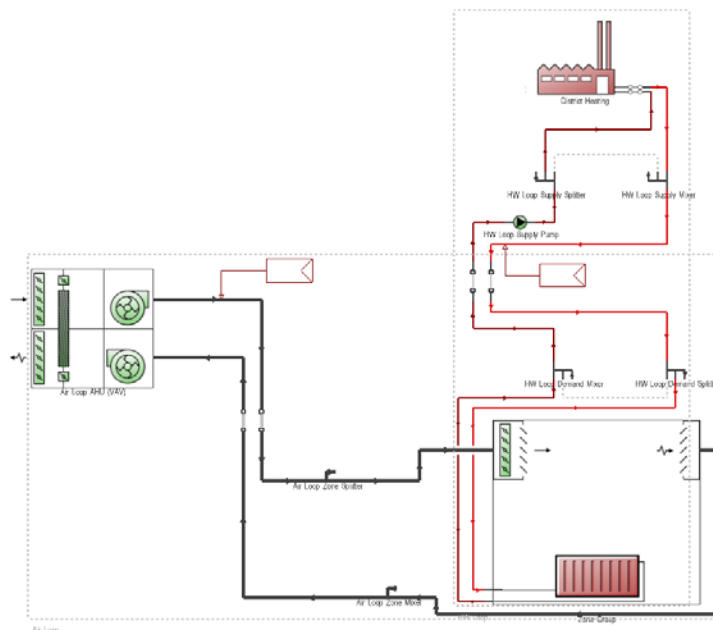
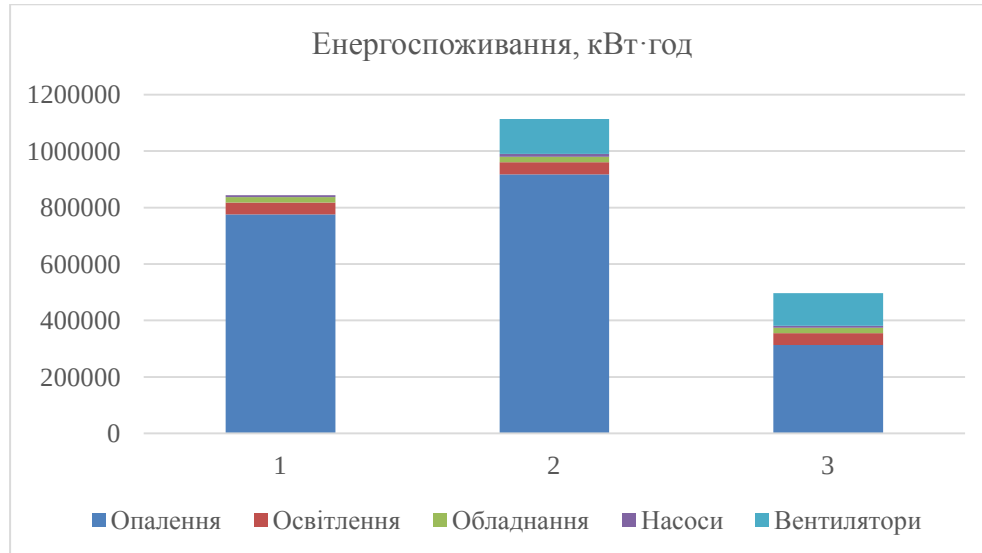


Рис. 3. Схема системи тепlopостачання та запропонована система вентиляції з теплоутилізацією

Результати моделювання енергоспоживання на потреби опалення, освітлення, обладнання, насосів та вентиляторів для трьох моделей наведені на рис. 4. Для розрахунку

економії енергії при впровадженні проекту з підвищення енергоефективності доцільно порівнювати дані для базової та запропонованої моделей. В даному випадку загальне зниження енергоспоживання складає 55%.



1 – Фактична модель (actual), 2 – Базова модель (baseline), 3- Запропонована модель (proposed)

Рис. 4. Результати енергетичного моделювання

Для аналізу доцільності використання систем на базі поновлюваних джерел аналізувалися дві системи: сонячна електростанція на базі ФЕМ та система ГВП на базі сонячних колекторів.

Пропонується на даху чотириповерхової секції освітнього закладу встановити фотоелектричну систему, яка задовольнятиме частину енергопотреби школи та буде підключена до загальної електромережі для продажу електроенергії при її надлишку.

Моделювання сонячної електростанції було здійснено в програмі PV*SOL. Пропонується розмістити 138 модулів виробництва компанії AEG моделі AS-P605-280, під'єднаних до двох інверторів Fronius Symo 20.0-3-M. Панелі розташовані на південній половині скатного даху у три ряди під кутом 30° до горизонту (рис. 5).

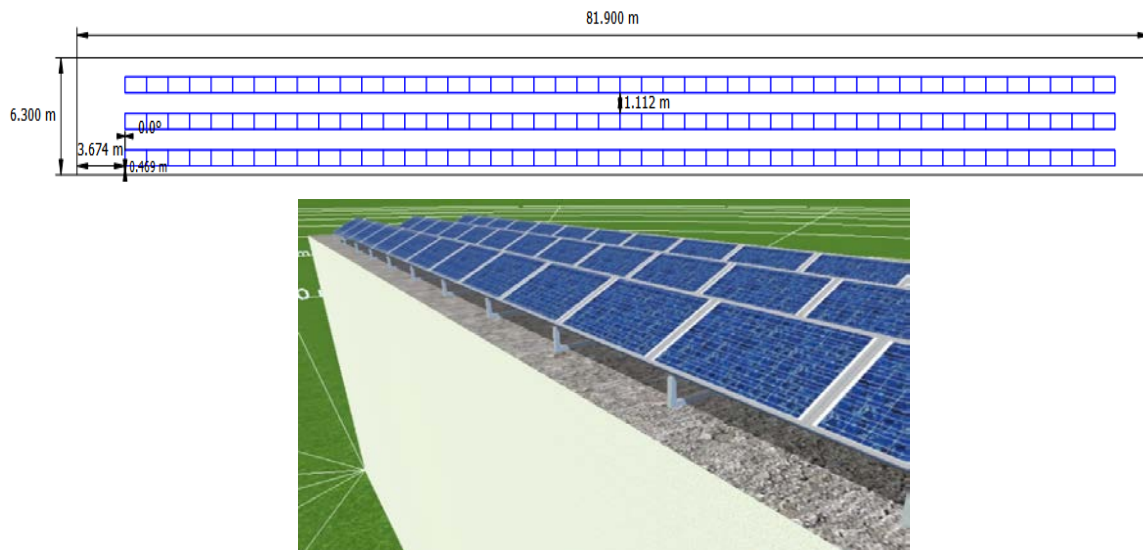


Рис. 5. Схема розташування сонячних панелей

Кінцеві результати симуляції роботи ФЕС наведені в табл. 2 та на рис. 6.

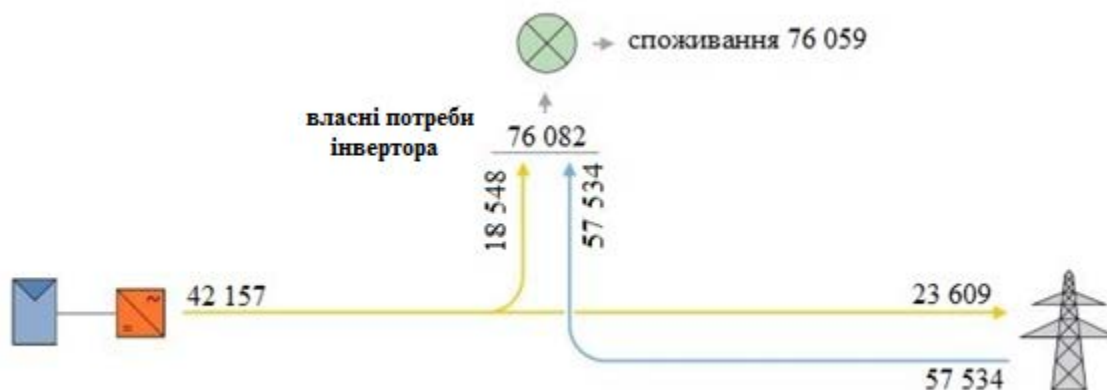


Рис.6. Баланс споживання та генерації електроенергії освітнім закладом

Таблиця 2

Характеристики встановленої сонячної електростанції

Параметр ФЕС	Характеристика
Вихідна потужність системи, кВт	38,6
Коефіцієнт продуктивності (PR), %	81,8
Негативний вплив затінення, %/рік	5,2
Річна генерація (мережа змінного струму), (кВт·год)/рік	42 157
Власне споживання, (кВт·год)/рік	18 548
Подача в загальну мережу, (кВт·год)/рік	23 609
Зниження викидів CO ₂ , кг/рік	25 294
Споживання в режимі очікування (інвертор), (кВт·год)/рік	23
Загальний обсяг споживання:	76 082
споживання від ФЕС	18 548
споживання від загальної мережі	57 534

Моделювання системи ГВП на базі сонячних колекторів було здійснено в програмі T*SOL. Пропонується розмістити 40 колекторів виробництва компанії Viessmann моделі Vitosol 100 -FM SH1F, під'єднаних до баку-акумулятору, який, у свою чергу, контактує з мережею централізованого водопостачання (рис. 7). Колектори розташовані на південній половині скатного даху під кутом 30° до горизонту.

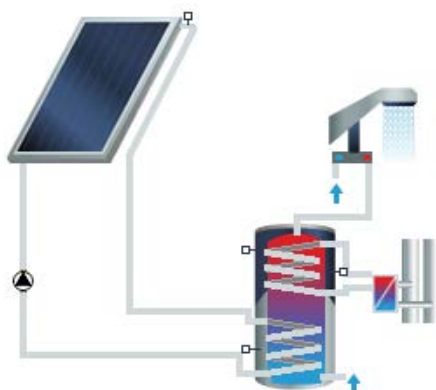


Рис. 7. Схема функціонування системи ГВП на базі сонячних колекторів

Кінцеві результати симуляції роботи СК наведені на рис. 8 та в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристики встановленої системи СК

Параметр системи СК	Характеристика
Теплова потужність системи, кВт	70,28
Загальна площа поверхні колекторів, м ²	100,4
Частка заміщення централізованого ГВП, %/рік	25,8
Річна генерація теплоти, (кВт·год)/рік	36597,9
Ефективність роботи системи, %	28,5
Зниження викидів CO ₂ , кг/рік	8461

Solar energy consumption as percentage of total consumption

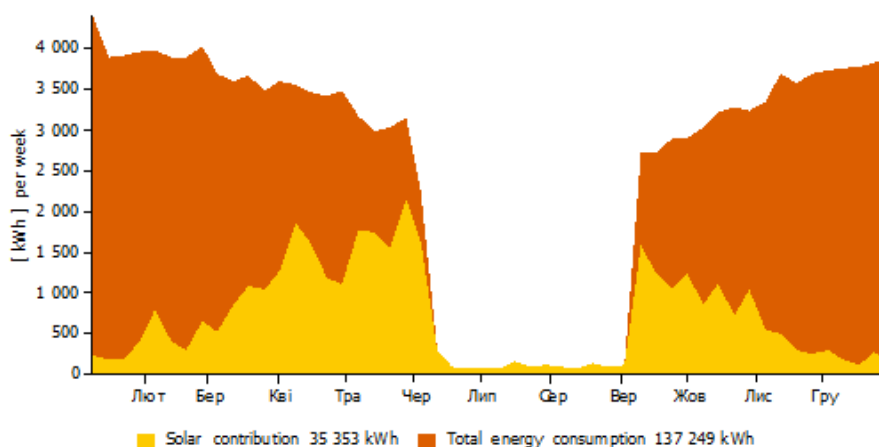


Рис. 8. Динаміка споживання теплоти освітнім закладом від СК та централізованим ГВП

Висновки. Серед значних переваг використання динамічного енергетичного моделювання для аналізу проектів з підвищення енергоефективності громадських та житлових будівель є врахування теплової інерційності масиву будівлі, погодинної зміни

кліматичних параметрів та змінних режимів роботи інженерних систем будівлі. Це в свою чергу значно підвищує точність такої оцінки. Серед основних проблем, з якими стикаються студенти під час створення моделей та проведення енергетичного моделювання, слід відмітити складність верифікації/калібрування моделі та налаштування інженерних систем будівлі. Разом з тим, навички з використання сучасних методів енергетичного моделювання будівель надають додаткові переваги молодим спеціалістам при працевлаштуванні.

Література

1. ДСТУ_Н Б А.2.2.5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [Текст]. – Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с.
2. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
3. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ-Н Б А.2.2-12: 2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 199 с.
4. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. – [Чинні від 2016–10–08, на заміну ДБН В.2.6–31:2006.] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. –33 с. – (Державні будівельні норми України)
5. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №2118-VIII. Голос України. 2017. 22 липня. (№134)
6. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
7. Сайт з погодними файлами програмного забезпечення EnergyPlus [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6/UKR%20%20
8. Сайт з даними про сонячну радіацію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meteonorm.com/en/>
9. Crawley D. B. EnergyPlus: new capabilities in a whole-building energy simulation program /

References

1. Proektuvannia. Nastanova z rozroblennia ta skladannia enerhetychnoho pasporta budynkiv pry novomu budivnytstvi ta rekonstruktsii [Design. Guidelines for the development and preparation of energy passport of buildings for new construction and reconstruction]. (2007) DSTU-N B A.2.2.5:2007 from 7 July 2008. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
2. Enerhoefektyvnist budivel. Rozrakhunok enerhospozhyvannia pry opalenni ta okholodzhenni [Energy efficiency of buildings. Calculation of energy consumption for heating and cooling]. (2011) DSTU B EN ISO 13790:2011 from 1 January 2013. Kyiv: NDIBK [in Ukrainian].
3. Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osvittleni ta hariachomu vodopostachanni [Energy performance of buildings. Method for calculation of energy use for space heating, cooling, ventilation, lighting and domestic hot water]. (2015) DSTU-N B A.2.2-12: 2015 – Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
4. Teplova izoliatsiia budivel [Thermal insulation of buildings]. (2016) DBN V.2.6–31:2016. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
5. Pro enerhetychnu efektyvnist budivel. [About the energy efficiency of buildings]. Law of Ukraine (22.06.2017) №2118-VIII. Kyiv: Holos Ukrainy [in Ukrainian].
6. Budivelna klimatolohiia [Protection against the dangerous geological processes, harmful operational influences, against the fire. Building climatology]. (2010) DSTU-N B V.1.1–27: 2010 – Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
7. Sait z pohodnymy failamy prohrannoho zabezpechennia EnergyPlus [Website with weather files of EnergyPlus software]. Retrieved from: https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6/UKR%20%20
8. Sait z danymy pro soniachnu radiatsiiu [Website with data on solar radiation]. Retrieved from: <https://meteonorm.com/en/>
9. Crawley D. B. EnergyPlus: new capabilities in a

D. B. Crawley, L. K. Lawrie [and others] // Seventh International IBPSA Conference (August 13-15, 2001, Rio de Janeiro)
10. DesignBuilder Simulation + CFD Training Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.designbuilder.co.uk/training/online-learning/tutorials> - Назва з екрану.
11. Перспективы сертификации жилых зданий по "зеленым" стандартам в Украине / Е. А. Тимошенко, Н. В. Савицкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - 2016. - № 4. - С. 26-34. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2016_4_5
12. Дмитроченкова Е.І. Аналіз міжнародних систем сертифікації «зеленого» будівництва // Науково – практичний журнал «Екологічні науки». – К.: ДЕА. – 2018 – Вип. №1 (20). – С.140 – 143. ISSN : 2306 – 9716. – Режим доступу: http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/1/part_1/29.pdf

whole-building energy simulation program / D. B. Crawley, L. K. Lawrie [and others] // Seventh International IBPSA Conference (August 13-15, 2001, Rio de Janeiro)
10. DesignBuilder Simulation + CFD Training Guide. – Retrieved from: <https://www.designbuilder.co.uk/training/online-learning/tutorials>
11. E. A. Timoshenko & N. V. Savitskiy (2016). Perspektivy sertifikatsii zhilykh zdaniy po "zelenym" standartam v Ukraine [Prospects for certification of buildings according to the "green" standards in Ukraine]. Dnipro: Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2016_4_5 [in Russian].
12. Dmytrochenkova E.I. (2018). Analiz mizhnarodnykh system sertyfikatsii «zelenoho» budvinytstva [Analysis of international building certification systems of the "green" construction]. Kyiv: Naukovo – praktychnyi zhurnal «Ekolohichni nauky». Retrieved from: http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/1/part_1/29.pdf [in Ukrainian].

DESHKO VALERY

Scopus Author ID: 6506189670

ResearcherID: J-6517-2017

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8218-3933>

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

SUKHODUB IRINA

Scopus Author ID: 57140834000

ResearcherID: J-I-9788-2017

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5895-1306>

Department of Thermal Engineering and Energy Saving
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

SERDECHNYJ PAVLO

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕШКО В. И., СУХОДУБ И. О., СЕРДЕЧНЫЙ П. Ю.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Цель. Исследование проблематики разных типов проектов, которые выполняются или могут выполняться студентами энергетических специальностей с использованием программного обеспечения для энергетического моделирования зданий и возобновляемых источников.

Методика. В процессе исследования заявленной проблематики рассмотрены примеры работ, которые используют: математическое моделирование процессов теплообмена, энергетические балансы и программное обеспечение по моделированию. Проанализировано актуальную на сегодня нормативно-правовую базу Украины, которая описывает и регламентирует подходы к оценке энергетической эффективности зданий.

Результаты. В ходе исследовательской работы рассмотрены и проанализированы типовые проекты повышения уровня энергетической эффективности зданий, которые выполнялись или выполняются студентами энергетических специальностей, с использованием таких программных комплексов, как RETScreen, EnergyPlus, DesignBuilder и т.д., рассмотрен технический потенциал указанного программного обеспечения, проанализированы методы обработки исходных

данных для программ, приведены основные характеристики, преимущества, недостатки и сложности, с которыми сталкиваются студенты при проведении энергетического моделирования зданий и анализа результатов.

Научная новизна. Систематизирован имеющийся опыт по проведению энергетического моделирования зданий студентами и анализе определенных сложностей, которые возникают при моделировании, что позволяет оптимизировать общий процесс проведения исследований энергетической эффективности зданий.

Практическая значимость. В результате проведения заявленного исследования определён потенциал использования различных программных комплексов для обучения студентов энергетическому моделированию зданий и анализа критериев энергетической эффективности зданий в Украине.

Ключевые слова. Энергетическая эффективность зданий, энергетическое моделирование зданий, динамические модели, графический интерфейс.

USE OF BUILDINGS ENERGY MODELING IN DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENCY PROJECTS

DESHKO V. I., SUKHODUB I. O., SERDECHNYJ P. YU.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

Purpose. Research of the problems in different types of energy efficiency projects in public, residential and manufacturing facilities buildings that are or can be made by students of energy specialties with using dynamic energy modeling software for buildings and renewable energy sources.

Methods. In the process of researching the mentioned problems are considered examples of works using: mathematical modeling of heat transfer processes, energy balances and modeling software. The current Ukrainian legal base, which describes and regulates approaches for energy efficiency assessment of buildings, is analyzed also.

Results. In the course of the research typical projects for improving of the energy efficiency level of public, residential and manufacturing facilities buildings are considered, conducted by the students of energy specialties with using software packages such as RETScreen, EnergyPlus, DesignBuilder, etc., the technical potential of the mentioned software packages are analyzed, the methods of processing of input data for some programs are considered, the main characteristics, advantages, disadvantages and difficulties that students face in making of energy modeling and analysis of results are presented.

Scientific novelty. The existing experience of the energy modeling of buildings by students and the analysis of certain difficulties that arise in modeling is systematized, which allows to optimize the whole process of research of energy efficiency of buildings.

The practical significance. As a result of the stated research the potential of using different software complexes for student training in energy modeling of buildings and analysis of the criteria of the energy efficiency of buildings in Ukraine was determined.

Keywords. Energy efficiency of buildings, energy modeling of buildings, dynamic models, graphical interface.