

УДК 697.1

Смалюга Д. О., магістрант
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

ЕНЕРГЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ З БЛИЗЬКИМ ДО НУЛЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ NZEB

У даній роботі проведено енергетичне моделювання громадської будівлі в програмному середовищі DesignBuilder/EnergyPlus для різних сценаріїв. Вони включали фактичний стан будівлі та інженерних мереж, базову будівлю з доведенням до нормативів щодо температур та витрати повітря, запропоновану будівлю з доведенням до нормативів опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій (ОК) та впровадженням системи вентиляції з теплоутилізацією та покращену запропоновану зі збільшенням опору теплопередачі ОК, ефективності утилізації та з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Ключові слова: енергоефективність, BEM-моделювання, DesignBuilder, EnergyPlus, ВДЕ, NZEB.

In this paper, energy modeling of a public building in the DesignBuilder / EnergyPlus software environment for different scenarios is performed. This includes the actual condition of the building and technical systems, the baseline building with temperature and air flow according to norms, the proposed building following the norms on heat transfer resistance of enclosing structures and the introduction of ventilation with heat recovery and improved proposed one with increasing heat transfer resistance and efficiency of heat recovery and use of renewable energy sources (RES).

Key words: energy efficiency, BEM modeling, DesignBuilder, EnergyPlus, RES, NZEB.

Вступ

Україна має одну з найбільш енергоємних економік світу. Інтенсивність використання енергоресурсів та вартість енергоносіїв постійно зростають, тому впровадження енергозбереження – це єдиний логічний шлях вирішення цієї проблеми. Потрібно постійно працювати над зменшенням енерговитрат в повсякденному житті, в промисловості та в будівництві. Погано теплоізовані будівлі можуть втрачати від 30 до 50 відсотків тепла в навколишнє середовище, що не лише несе великі економічні витрати, але й негативно впливає на екологію, так як такі будівлі споживають більшу кількість енергоресурсів, які на даному етапі розвитку суспільства все-таки в більшій мірі представлені традиційними видами.

В Україні прийняті ряд стандартів та законів, що регулюють питання енергетичної ефективності будівель. Наприклад, ДБН «Теплова ізоляція будівель» [1] встановлює вимоги щодо нормативного опору ОК та питомої енергопотребі на опалення, охолодження та гаряче водоспоживання (ГВП). А Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» та підзаконні документи [2] визначають порядок енергетичної сертифікації будівель, форму енергетичного сертифікату, методику розрахунку та мінімальні вимоги до питомого енергоспоживання на опалення та охолодження.

В рамках імплементації Директиви ЄС щодо енергоефективності будівель [3] був прийнятий національний план щодо збільшення кількості будівель з близьким до нульового енергоспоживання – nearly zero-energy buildings (NZEB) [4]. Цим планом затверджується, що не пізніше 31 грудня 2025 р. енергетична ефективність будівель державної та комунальної форми власності, що приймаються в експлуатацію, повинна

бути не нижчою за чинні вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, а не пізніше 31 грудня 2027 р. енергетична ефективність будівель, що приймаються в експлуатацію, повинна бути не нижчою за чинні вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії (крім випадків, передбачених Законом).

На сьогоднішній момент в Україні офіційно не затверджені вимоги до будівель з близьким до нульового енергоспоживання. Мінрегіон розмістив проект цих вимог для громадського обговорення ще наприкінці 2020 року [5]. Вимоги до NZEB можна узагальнити наступним чином:

- Енергоспоживання менше 50% від нормативного (клас енергоефективності «А»), розраховане на основі питомого енергоспоживання на опалення та охолодження;
- Коефіцієнт заміщення за рахунок відновлюваних джерел енергії на рівні 50%;
- Клас А для автоматизації інженерних систем відповідно до ДСТУ EN 15232-1:2017;
- Кратність повітрообміну $n_{50}=0,6 \text{ год}^{-1}$;
- Питомі викиди CO_2 - 10 кг/м^2 на рік.

Європейські країни визначають ці вимоги на національному рівні та можуть містити наступні вимоги:

- Фокус на питомих споживання первинної енергії в залежності від типу будівлі та кліматичних умов, $\text{кВт} \cdot \text{год/м}^2$;
- Вимоги щодо компенсації власного споживання за рахунок ВДЕ (для всього енергоспоживання, або окремо на опалення та ГВП та споживання електричної енергії);
- Коефіцієнти теплопередачі ОК;
- Клас енергоефективності;
- Питомі викиди CO_2 .

Мета та завдання

Метою даної роботи є аналіз результатів моделювання громадської будівлі для різних сценаріїв з точки зору енергетичної ефективності та використання відновлюваних джерел енергії. Для створення моделі будівлі використовується програмне забезпечення для енергетичного моделювання будівель DesignBuilder / EneergyPlus.

Відповідно до поставленої мети були виконані такі завдання:

1. Провести енергетичне моделювання будівлі школи №67 в м. Києві в програмному комплексі DesignBuilder / EneergyPlus для різних сценаріїв покращення рівня енергоефективності
2. Моделювання сонячної електростанції на даху
3. Порівняння показників енергоспоживання, питомого енергоспоживання, споживання первинної енергії та викидів CO_2
4. Аналіз заміщення енергоспоживання за рахунок відновлюваних джерел енергії

Опис досліджуваного об'єкту

Досліджуваний об'єкт – громадська будівля (Середня загальноосвітня школа №67 в Києві). Опалювальна площа відповідно до розрахунків у програмі складає $7\,006 \text{ кв.м.}$, опалювальний об'єм – $25\,200 \text{ куб.м.}$

Будівля забезпечується тепловою енергією на потреби опалення та ГВП від

централізованого теплопостачання. Комплексна термомодернізація будівлі не проводилася, фактичні опори ОК не відповідають нормативним значенням, система опалення застаріла.

Опис моделей в програмі DesignBuilder/EnergyPlus

При моделювання в програмі DesignBuilder/EnergyPlus не враховувалося наступні фактори / показники:

- ефективність термостатичного контролю та приладу опалення;
- ефективність внутрішньобудинкової системи опалення та ІТП;
- втрати в трубопроводах в неопалюваних приміщення.

Це не дозволяє порівнювати результати моделювання з мінімальними вимогами щодо питомого енергоспоживання на потреби опалення та охолодження. Також у випадку динамічного моделювання використовуються погодинні кліматичні дані IWEC для м. Києва [6], що відрізняються від помісячних даних відповідно до ДСТУ «Будівельна кліматологія» [7].

Моделювання та порівняння результатів проводилося для наступних сценаріїв:

- Фактична будівля – Actual building: відповідає фактичному стану будівлі та інженерних систем, калібрування моделі відповідно до споживання електричної та теплової будівлі;

- Базова будівля – Baseline building: відповідає фактичному стану ОК, доведені до нормативних вимог температури на опалення та охолодження, витрати повітря (система вентиляції), питомі потужності на освітлення та обладнання, теплонадходження від людей, система охолодження;

- Запропонована будівля – Proposed building: опори ОК доведені до нормативних вимог, зниження / підвищення температури в неробочі години, утилізація теплоти в системі вентиляції 50%;

- Покращена запропонована будівля – Enhanced proposed building: опори ОК доведені до нормативних вимог проекту нового ДБН «Теплова ізоляція будівель», знижений показник кратності повітрообміну за рахунок інфільтрації, утилізація теплоти в системі вентиляції 75%, сонячна електростанція на даху будівлі потужністю 137 кВт.

Геометрія будівлі для всіх чотирьох сценаріїв не змінювалася, відмінністю для покращеної запропонованої будівлі є наявність сонячної електростанції на даху (рис. 1).

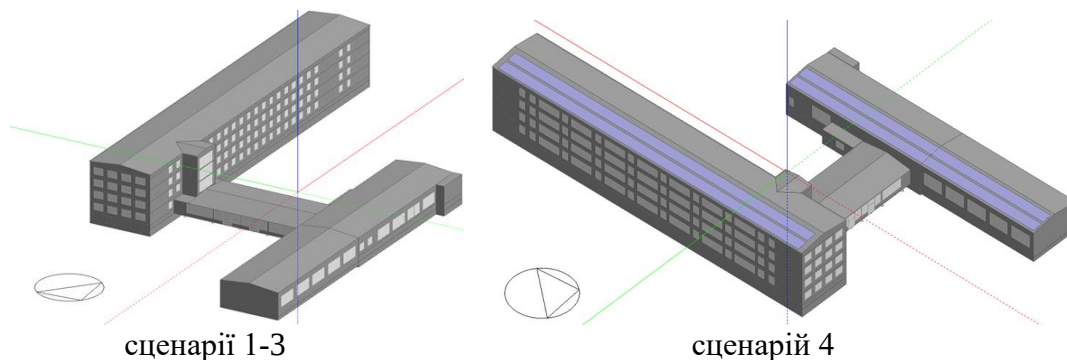


Рисунок 1 – 3D-модель досліджуваного об'єкту

Результати моделювання

Для різних сценаріїв моделювання аналізувалися абсолютні (рис. 2) та питомі (рис. 3) показники споживання енергії на потреби опалення, охолодження, вентилятори та насоси, освітлення, обладнання, ГВП, а також генерація енергії даховою сонячною електростанцією.



Рисунок 2 – Результати моделювання: енергоспоживання та генерація

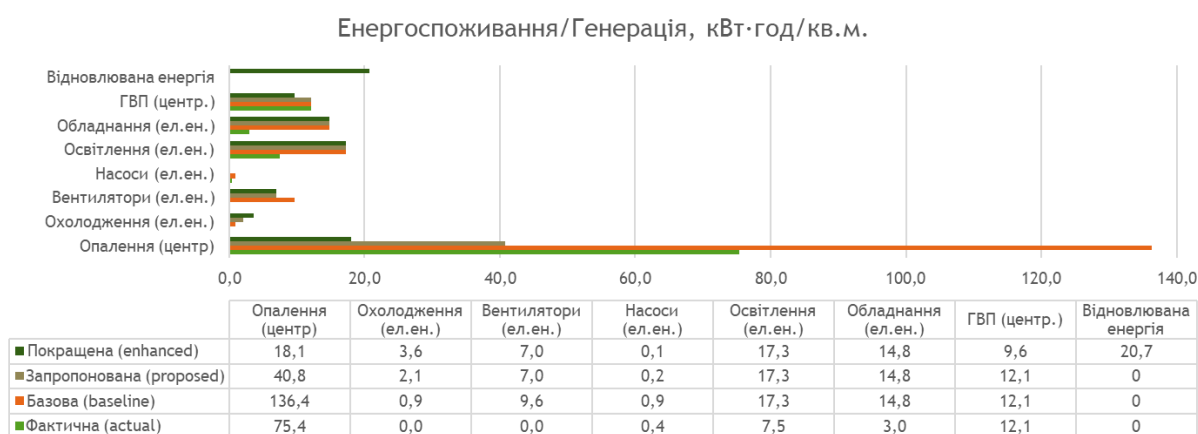


Рисунок 3 – Результати моделювання: питоме енергоспоживання та генерація

Базова будівля споживає більше енергії ніж фактична за рахунок впровадження механічної вентиляції з доведенням повітрообміну до нормативної величини, наявність системи охолодження та нормативних температур на опалення та охолодження приміщень. Покращення опорів ОК та впровадження системи вентиляції з теплоутилізацією для запропонованої будівлі дозволяє знизити загальне енергоспоживання будівлі на рівні 50% відносно базової будівлі. Покращена запропонована будівля збільшує цей показник до 63% без врахування ВДЕ.

Використовуючи фактори первинної енергії та коефіцієнти викидів CO₂ було розраховано питоме споживання первинної енергії (рис. 5) та питомі викиди CO₂ (рис. 6) для відповідних сценаріїв моделювання.

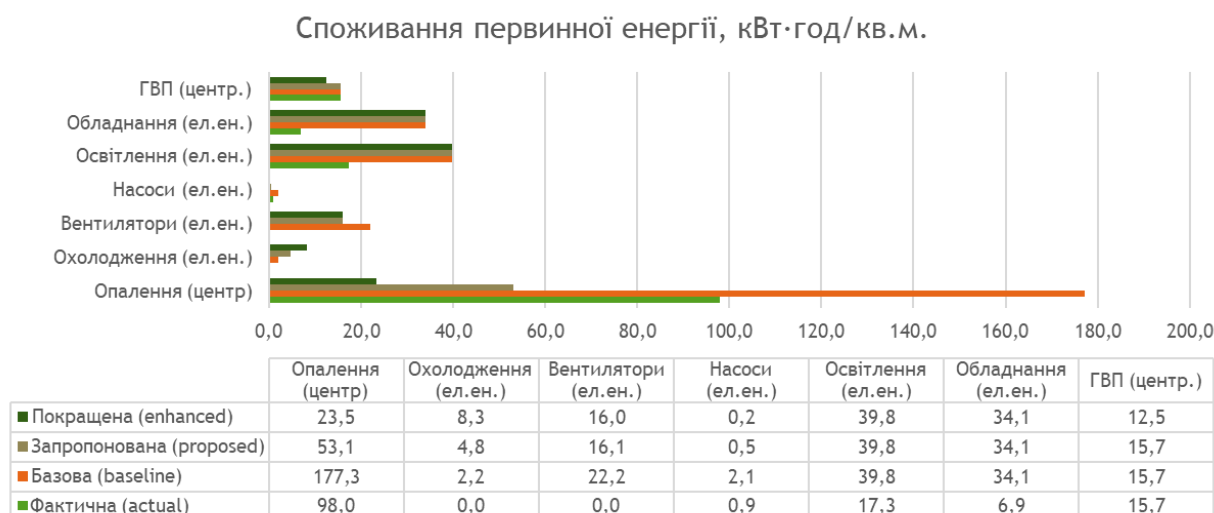


Рисунок 4 – Результати моделювання: питоме споживання первинної енергії

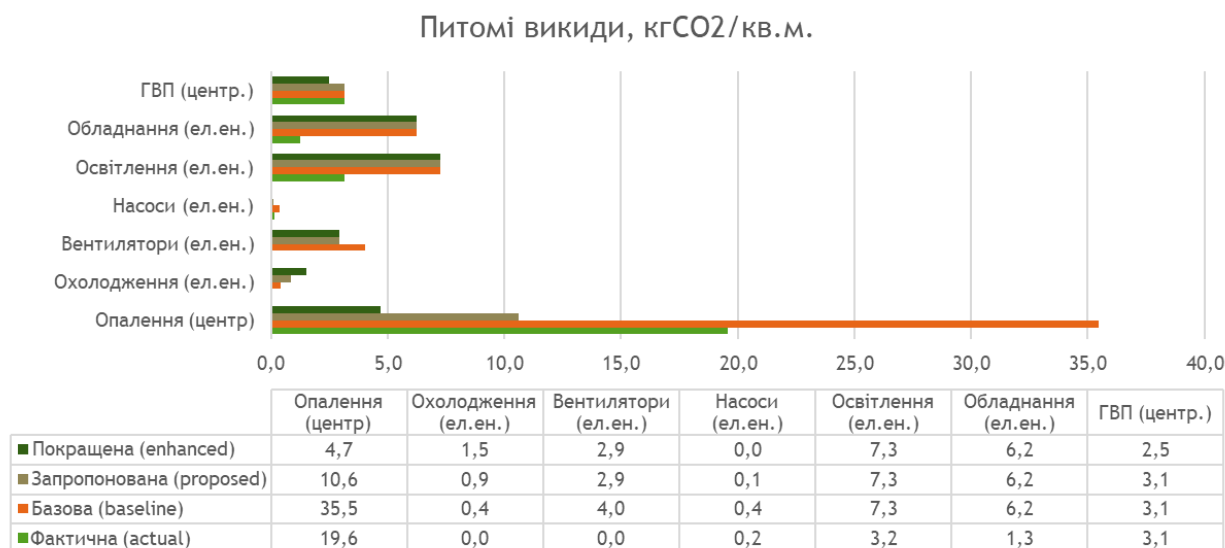


Рисунок 5 – Результати моделювання: питомі викиди CO₂

Для сонячної електростанції (рис. 6) аналізувалася як загальна та питома генерація, так і частка енергії, що споживається об'єктом (64%) та віддається в мережу (36%).

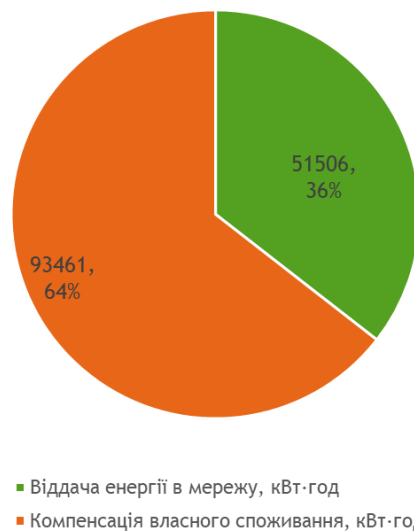


Рисунок 6 – Результати моделювання: генерація енергії даховою сонячною електростанцією

Висновки

За результатами моделювання можемо зробити наступні висновки:

- Неможливість порівнювати результати енергетичного моделювання з нормативними вимогами щодо NZEB за рахунок відмінностей у методології та кліматичних даних;
- Зручність деталізованого моделювання ВДЕ з профілем споживання енергії будівлею при використанні DesignBuilder/EnergyPlus – показники споживання будівлею та віддача в мережу;
- Для громадських будівель не врегульоване питання з віддачею енергії в мережу, це може бути вирішено при впровадженні підходу «met metering» / «net billing»;
- Питоме споживання первинної енергії на опалення та охолодження – 32 кВт·год/кв.м. без врахування ВДЕ;
- Генерація енергії від сонячної електростанції: до 50% від електроспоживання або до 30% від загального споживання електричної та теплової енергії.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.6- 31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2016. 64с.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
3. Директива Європейського Парламенту і Ради 2010/31/ЄС від 19 травня 2010 року про енергетичні характеристики будівель - https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-10#Text
4. Національний план збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/88-2020-%D1%80#Text>
5. Проект наказу Мінрегіону “Про затвердження Вимог до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії” - <https://www.minregion.gov.ua/base->

law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskisty/proekt-nakazu-minregionu-pro-zatverdzhennya-vymog-do-budivel-z-blyzkym-do-nulovogo-rivnem-spozhyvannya-energiyi/

6. Кліматичні дані IWEC для м. Києва - https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/UKR/UKR_Kiev.333450_IWEC

7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія». К., 2011. 135с.