

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ІЗ РОЗРОБКОЮ ПРОПОЗИЦІЙ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Шовкалюк Марина Михайлівна,

К.т.н., доцент, доцент кафедри
теплотехніки та енергозбереження
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту

Ващишин Роман Леонідович

Магістр

Національний технічний університет
України

«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»



Вступ

Питання підвищення енергетичної ефективності закладів освіти та управління процесами енергоспоживання в умовах підвищення вартості енергоресурсів набуває все більшої актуальності. Теплотехнічні показники огорожень будівель не відповідають сучасним нормам, а енергоспоживання значно перевищує вимоги, що висуваються сьогодні під час нового будівництва та реконструкції, хоча умови комфортності у них не дотримуються на належному рівні. Розробка проєктів підвищення енергоефективності з виконанням комплексної термомодернізації будівлі із модернізацією інженерних систем та автоматизації роботи обладнання з дотриманням норм можлива за допомогою енергетичного моделювання.

Можливості застосування спеціалізованих програмних продуктів під час виконання наукових досліджень у закладах освіти. В роботі показано, що однією з проблем, з якими стикаються студенти під час створення моделей та проведення енергетичного моделювання, є калібрування моделі та її верифікація, проте навички з використання сучасних методів надає додаткові переваги при працевлаштуванні.



Загальна характеристика та опис об'єкта дослідження

Будівля навчального корпусу №5 КПІ ім. Ігоря Сікорського 1974 року побудови розташована за адресою вул. Політехнічна, 6 і конструктивно складається з трьох частин: основна будівля має 9 основних поверхів та дві добудови – триповерхову та п'ятиповерхову. У будівлі, де навчається і працює близько 2000 людей (з них 1640 студентів), розташовані приміщення різного призначення: аудиторії, лабораторії, адміністративні приміщення, магазин, допоміжні приміщення. Об'єм за зовнішніми обмірами – 67860 м³.

Теплопостачання – централізоване, наявний індивідуальний тепловий пункт (ІТП) у 9-поверховій будівлі з насосною схемою; у 3-поверховій – ІТП елеваторного типу.



Загальний вигляд навчального корпусу

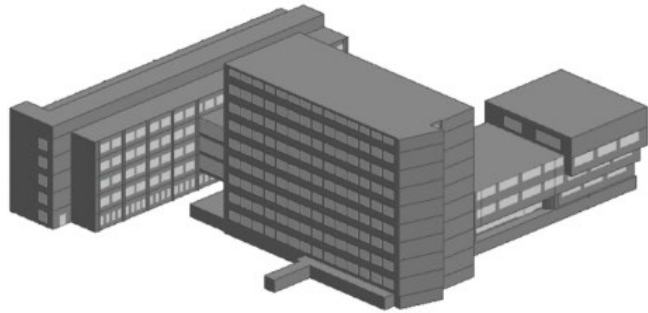
В ході енергетичного обстеження було уточнено геометричні параметри будівлі, виконано розрахунки тепловтрат з урахуванням властивостей зовнішніх стін за та річних витрат енергії, виконано експериментальні виміри рівня CO₂, внутрішніх температур та вологості у приміщеннях будівлі, проведено тепловізійну зйомку для оцінювання «проблемних місць». Було виявлено, що параметри мікроклімату не відповідають вимогам, температури в приміщеннях низькі через недотримання температурного графіку подачі теплоносія, стан огорожень та підвищені втрати.



Побудова енергетичної моделі у програмному продукті DesignBuilder

Програмний продукт DesignBuilder дозволяє проводити динамічне моделювання енергоспоживання на потреби опалення, вентиляції, кондиціонування з виконанням 3D моделі будівель з складною конфігурацією.

Модель з реальними характеристиками будівлі (actual) було створено у 3D за допомогою існуючого 2D поверхового плану (формату «*.dxf») з фактичними конструктивними та теплотехнічними характеристиками об'єкту. Енергоспоживання моделі відповідає усередненому фактичному споживанню будівлі за три роки.



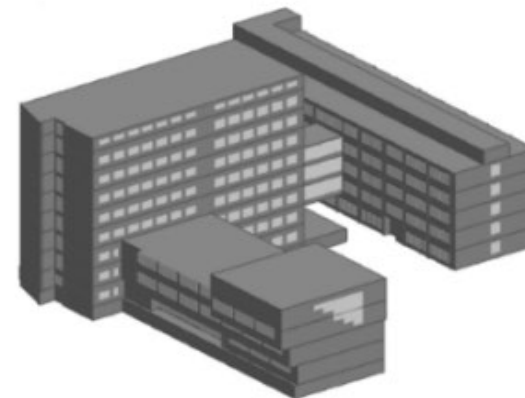
DesignBuilder дозволяє побудувати графіки основних характеристик після проведеного моделювання, а саме таких як:

- приріст тепла, споживання енергії; витрати палива, навантаження;
- графіки температури, швидкості повітря, тиску, сонячної радіації моделей;
- оцінки комфортності: температур, вологості, CO₂;
- теплового балансу та припливної вентиляції.

Окрім фактичної, було розроблено ще дві моделі будівлі:

- базова (baseline) - з приведенням будівлі до базового рівня споживання теплової енергії, охолодження та кондиціонування, що враховує нормативні умови експлуатації.

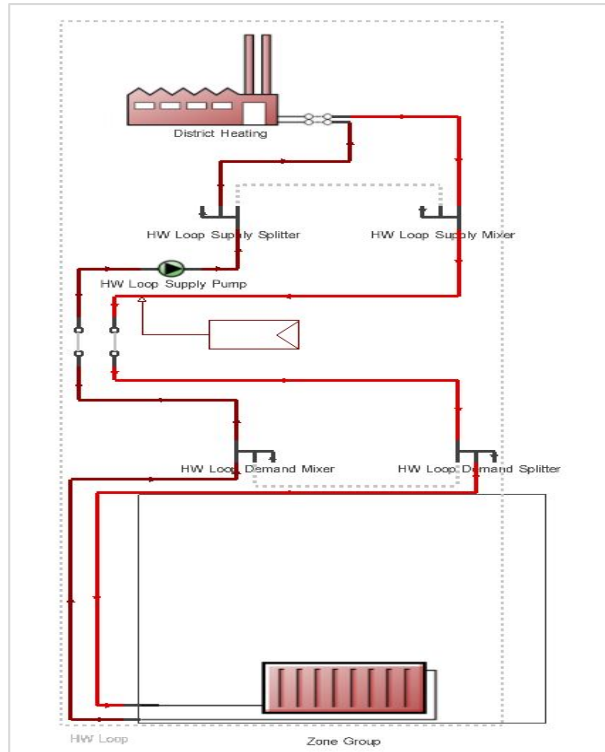
- запропонована (proposed) – з впровадженням заходів по утепленню стін та заміні світлопрозорих конструкцій на нові для доведення огорожувальних конструкцій до вимог згідно, а також впровадженням системи рекуперації.



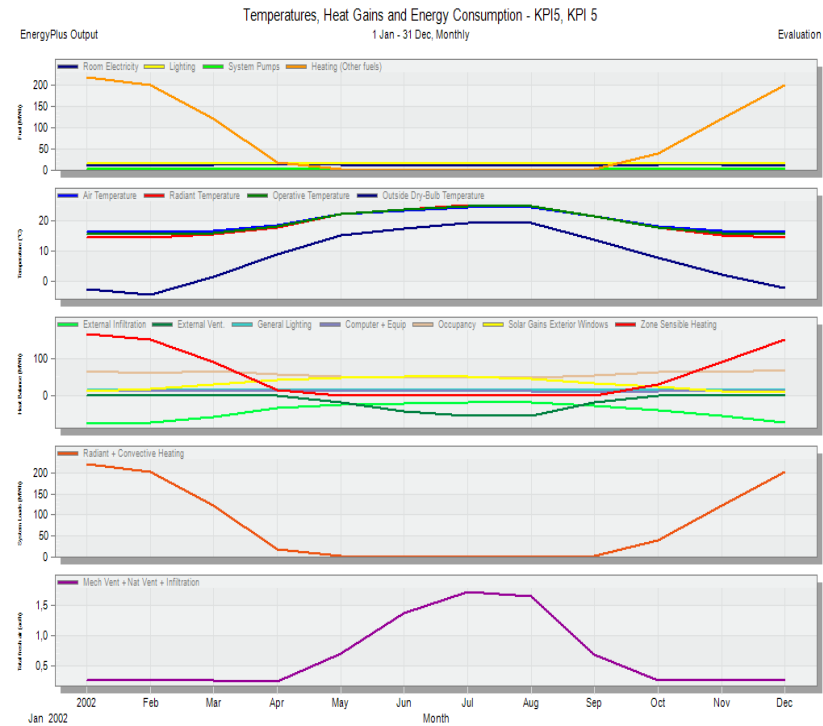
Модель фактичного (actual) енергетичного використання

Будівлю поділено на три блоки (А – 9-ти поверхів, В – 5-ти поверхів та С – 3 поверхи), кожен блок розділений на зони. Зони поділені в залежності від приміщення, що використовуються (лабораторні, лекційні зали, аудиторії, вбиральні). Для кожної з зон в залежності від типу приміщення завдані параметри експлуатації.

Також було задано характеристики будівлі у відповідних розділах програмного продукту. У розділі «construction» задано властивості огорожень, такі як товщину шарів стіни та характеристики матеріалів. У розділі «openings» були задані опори теплопередачі для вікон та дверей. У розділі «HVAC system» було обрано тип системи опалення з прийнятими параметрами теплоносія постачальника теплової енергії. Схематичне зображення системи опалення наведено на рисунку.



Система опалення фактичної моделі будівлі

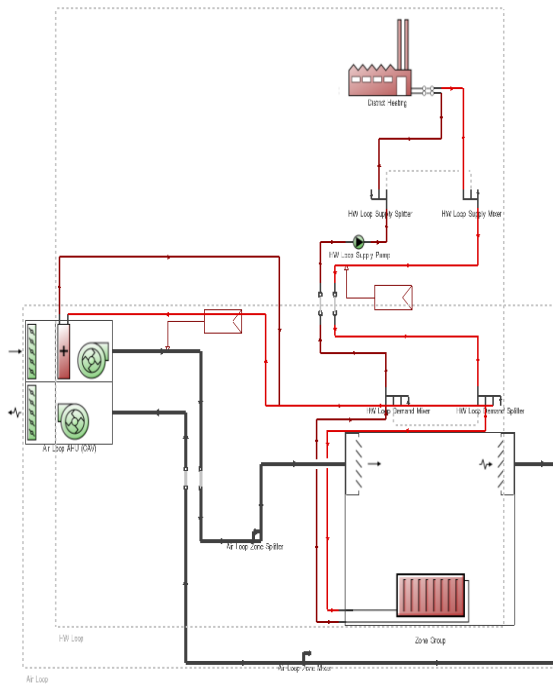


Показники споживання енергії, приросту тепла, температурні дані

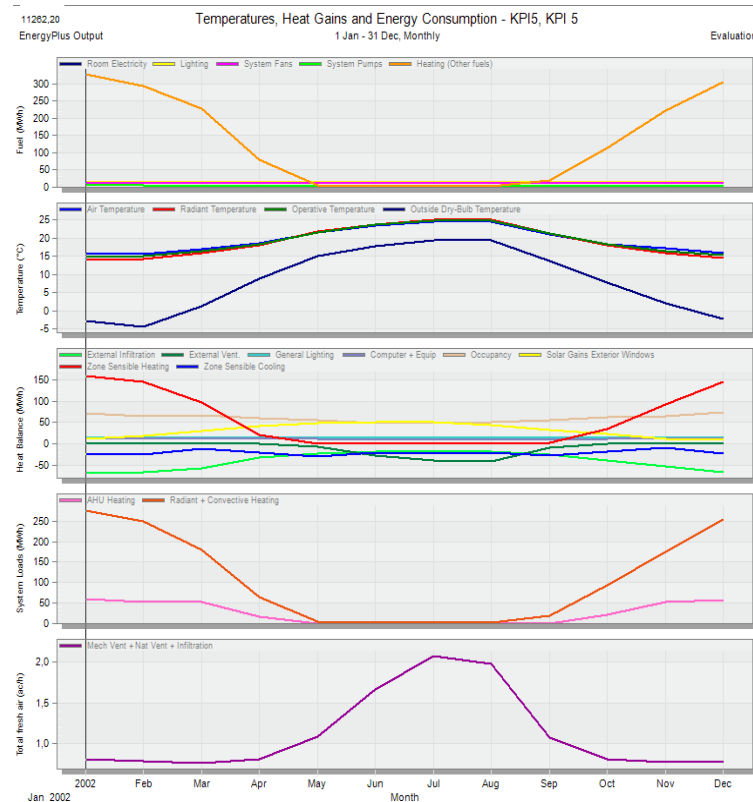


Модель базового (baseline) енерговикористання

Модель побудована з дотриманням умов температурних параметрів та умов мікроклімату згідно з нормативними вимогами: температура приміщень, де працюють люди 20°C з режимом зниження у нічний період та неробочі дні до 17 °C; подача припливного повітря в приміщення - 7 л/с на людину; кратність інфільтрації - 3,5. Також було завдано системи освітлення з дотриманням вимог по освітленості робочих зон (коефіцієнт природного освітлення 0,42), виставлено щільність потужності електрообладнання 2,4 Вт/м², враховано роботу механічної системи вентиляції з рекуперацію явної теплоти та роботу системи охолодження повітря «DX cooling coil». Отримані результати після симулювання показують ріст споживання енергоресурсів порівняно з фактичною моделлю. Спостерігається ріст споживання теплоти на 38%.



Схематичне зображення системи опалення та вентиляції моделі (proposed) корпусу



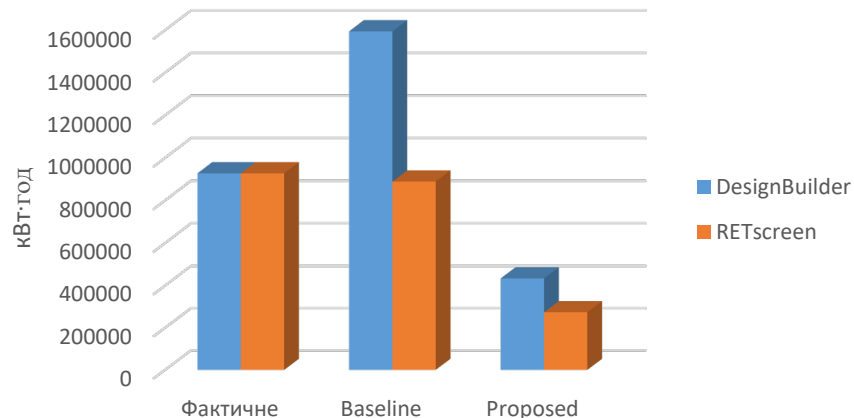
Показники споживання енергії, приросту тепла, температурні дані



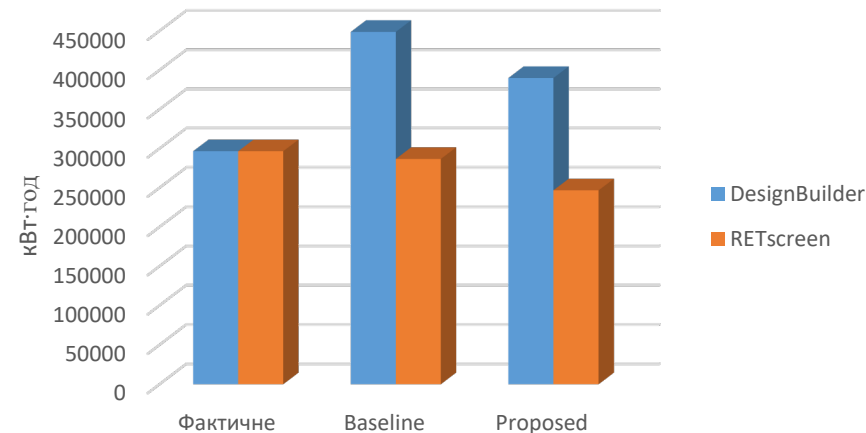
Порівняльний аналіз результатів моделей DesignBuilder та RETscreen

Ще одним програмним продуктом для моделювання споживання енергії є RETscreen, що дозволяє оцінити життєздатність проектів з точки зору фінансових та технічних рішень. RETscreen прийнято та рекомендовано програмами для сприяння чистій енергетиці на всіх рівнях у всьому світі.

Отже, було створено модель учбового корпусу у RETscreen (фактичний стан, що і прийнятий за базовий рівень, та споживання після впровадження пропозицій з підвищення енергоефективності). Витрата теплової енергії в запропонованому випадку знизилася на 53%, а електричної енергії на 26%. Отримані порівняльні результати є досить точними на моделі, що описує фактичний стан, проте у результатах після впровадження заходів відмінності є більш суттєвими, адже економія енергії визначається відносно базового рівня. Також це пов'язано із іншими причинами.



Порівняння споживання теплової енергії в моделях



Порівняння споживання електричної енергії в моделях



Висновки

Застосування енергетичного моделювання при розробці проєктів з підвищення енергетичної ефективності будівлі навчального закладу дозволило визначити потенціал енергозбереження для різних вихідних умов, а саме відносно фактичного та базового рівня, що враховує нормативні умови експлуатації будівлі, її інженерних мереж і обладнання для забезпечення комфортних умов для якісного навчання студентів та роботи персоналу. В ході роботи оцінено переваги та недоліки застосування програмних продуктів DesignBuilder та RETscreen для будівлі навчального корпусу складної конфігурації та отримано практичний досвід їх застосування для розробки проєкту комплексної термомодернізації та модернізації інженерних систем.

