

## **РОЗВИТОК МЕТОДИКИ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ**

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

*Окреслені методи визначення енергетичного стану будівлі та розглянуто сучасний програмний інструментарій в контексті застосування в архітектурній практиці з метою визначення заходів енергоефективності під час проектування та термомодернізації будівель.*

*In this work methods of building power state determination have been outlined. The modern programmatic tool was examined in the context of application in the architectural practice with the aim of the determination of the power efficiency measures during planning and buildings thermo modernization.*

**Ключові слова:** *Енергоефективність, математичне моделювання, архітектура громадських будівель.*

**Keywords:** *Power efficiency, mathematical design, architecture of public buildings.*

### ***Постановка проблеми***

Стратегічно небезпечна для України залежність від постачання енергоносіїв з інших країн, стійка тенденція до подальшого зростання цін на них, а також стимулювання впровадження інноваційних проектів, спрямованих на скорочення енергоспоживання, збільшує актуальність та економічну перспективу пошуків архітектурних енерговдосконалень, що можуть бути застосовані у широкому діапазоні від проектування до реального будівництва та реконструкції. Проте повний спектр потенціалу енергозбереження у архітектурній практиці не використовується.

Цілковито природним є питання: наскільки архітектору вдається вирішувати свою частину завдання з проектування енергоефективного будинку? Тільки якісне оцінювання результату, як улюблений прийом архітекторів, сьогодні не задовольняє замовників. Інвесторам, як і авторам архітектурних проектів, на стадії проектування важливо отримати не тільки якісну, але і об'єктивну кількісну характеристику ефективності проектних очікувань та отриманих результатів по закінченню будівництва.

### ***Аналіз сучасних програмних розроблень***

Для визначення енергетичного стану будівель використовують низку методів. Серед них заслуговують на увагу інструментально-аналітичний метод та метод комп'ютерного моделювання.

Сутність першого полягає у використанні вимірювальних приладів для визначення фактичних значень параметрів зовнішнього і внутрішнього

повітряного середовища (температура, вологість, тощо), дистанційному вимірюванні полів температур поверхонь огорожувальних конструкцій (термографія) і подальшому аналітичному опрацюванні отриманих даних. Точність отриманих результатів залежить від якості виконання вимірювань. Інструментально-анлітичний метод застосовують для існуючих будівель, а рекомендаціям щодо переліку термореноваційних або термомодернізаційних заходів притаманний дещо гіпотетичний характер, оскільки реальні величини енергоекономії можливо отримати, обчислити та продемонструвати лише після реалізації запропонованих заходів.

Другий метод – метод комп'ютерного моделювання вимагає створення енергетичної моделі на підставі даних геометричних і теплофізичних параметрів будівлі та її окремих складових частин за допомогою спеціалізованого програмного продукту. Такі програми переважно призначені для інженерних розрахунків - проектування інженерних систем, підбору обладнання для них (наприклад: **HERZ OZC**, **KAN OZC**, **REHAU**, **Danfoss C.O.** і т.п.) та забезпечується побудовою спрощеної моделі будівлі.

Комп'ютерне моделювання застосовують під час проектування нових і термомодернізації наявних будівель. Автори розглядали програми, що придатні певною мірою для створення проектів енергоефективності будівель житлового та громадського призначення. Оперуючи програмами визначаємо енергоспоживання, теплонадходження й тепловтрати, розраховуємо енергетичний ефект окремих архітектурних рішень та економічні показники їх реалізації. Нами випробувані і використовувались для створення проектів наступні програмні продукти: «**Енергоефективна будівля**», розроблену Регіональним центром з підготовки та підвищення кваліфікації у сфері енергозбереження та енергоменеджменту м. Львова; програму **Salta 1.0**, від технічних консультантів і фахівців Групи **ATLAS**; програму «Підвищення енергоефективності в будівлях **БЕЕР 1.0**» **Municipal Coordinator**, створену на замовлення **Alliance to Save Energy**; програму-додаток **AUDITOR 1.1**, розроблену на замовлення **Fundacji Poznanowania Energii** у Варшаві Інститутом будівельної техніки; програмний продукт **Termo-Danfoss PL**, від фірми **ADAsoft** із наданням дозволу на його використання для **Alliance to Save Energy**; програму **RETScreen 4.0 International**, розроблену центром енергетичних технологій **CANMET** на замовлення міністерства природних ресурсів Канади; програмний продукт **EAB 8.1** та **Profitability** від норвезької міжнародної консалтингової компанії в галузі енергозбереження **ENSI**; **BizEE Pro**, створену провідним британським розробником програмних продуктів у галузі енергозбереження компанією **BizEE Software Ltd**; розроблену Національною лабораторією Лоуренса в м.Берклі на замовлення Міністерства енергетики США програму **DOE-2**; програму **EA-QUIP**, яка розроблена **Association for Energy Affordability, Inc.**; програму **PHPP** від Інституту пасивного будинку в м.Дармштадт, Німеччина; програмно-методичний комплекс з енергозбереження в Україні «**PATRIOT**», запропонований енергосервісною компанією «Патріот-НПГ»; програма

**EnerCAD** розроблена фахівцями Женевського університету; програму **NKN 2.06** від факультету цивільного будівництва Чеського технічного університету та ще цілу низку спеціальних програм.

### *Виклад основного матеріалу*

Всі програми, маючи кожна певну специфіку, формуються з двох частин: арифметично-архітектурної і розрахунково-теплотехнічної, а також можуть доповнюватись економічним, екологічним та іншими розрахунковими блоками. Робота з ними потребує фахової архітектурно-будівельної підготовки, спеціальних знань з інженерно-технічних та економічних аспектів.

Архітектурна частина спирається на метод математичного моделювання. Для створення базової моделі будівлі в програму послідовно вводиться проектна або отримана у попередньому обстеженні інформація про будівлю (планувальна, об'ємна, архітектурно-конструктивна тощо). Ця частина найвідповідальніша та найбільш витратна за часом. Від неї залежить точність результатів енергетичних розрахунків, адже фактично математично описується архітектурно-графічна частина проекту.

На базову модель можна «приміряти» варіанти проектних рішень, окремі прийоми та заходи або ж цілі пакети заходів для їх порівняння і вибору. У такий спосіб створюють наступні моделі будівлі.

Математично змодельований архітектурний об'єм дозволяє розраховувати процеси тепломасоперенесення між внутрішнім і зовнішнім середовищами, які описуються параметрично. Значення зовнішньокліматичних параметрів добирають за нормативною літературою, уточнюються даними місцевих метеорологічних служб або обираються з програмної бази даних. Кліматичну базу деяких програм для коректних розрахунків необхідно адаптовувати до мезокліматичних або й мікрокліматичних умов. Суттєвою вадою переважної більшості програм є спрощений розрахунок усіх теплонадходжень.

Параметри внутрішнього середовища для всіх приміщень будівлі в базовій моделі повинні відповідати чинним нормам (у проектуванні нових будівель) або інструментальним замірам (під час термомодернізації). У всіх наступних моделях з проєктованими заходами значення мікрокліматичних параметрів повинні чітко відповідати нормативним вимогам.

Розрахунково-теплотехнічна частина містить насамперед розрахунки теплотехнічних показників зовнішніх огорожувальних конструкцій. Порівняння значень енергетичних параметрів базової моделі та моделей із проектними заходами дозволяють розрахувати енергоекономію, не очікуючи втілення проектних заходів, розглянути варіанти проектних рішень та обрати найприйнятніший з них.

Економічна частина містить визначення економічних показників (строк окупності, дисконтну вартість, внутрішню норму рентабельності, коефіцієнт дисконтної вартості, тощо) застосованих енергоефективних заходів. Тобто аналізує доцільність їх впровадження одночасно з точки зору економії енергоносіїв та затратених коштів на їх реалізацію.

Розглянемо деякі з поширених у проектній практиці України комп'ютерні програми. Програма «Енергоефективна будівля»призначена переважно для вирішення теплотехнічних інженерних питань, але не придатна до застосування для будинків з складним планом та об'ємом. У програмі відсутні можливості побудови точної моделі будівлі і, як наслідок, велика похибка розрахунків ефективності архітектурних заходів. Відсутність блоку, що враховує кліматичні дані, обмежує застосування та вимагає ручного втручання в базу даних.

Друга програма – Salta 1.0 – вузькопрофільна, для здійснення аналізу тепловологісних властивостей будівельних конструкцій відповідно до вимог норми PN-EN ISO 6946, дозволяє проводити добір матеріалів і теплоізоляції огорожувальних конструкцій та перевірку конструкцій на можливість утворення конденсату на її внутрішній поверхні і в товщі утеплювача. Окрім того, вона надає змогу перевірити ефективність теплоізолювання містків холоду, що, власне, і було використано авторами для перевірки енергетичних результатів проектних рішень. Наступна програма – ВЕЕР - програма нового покоління, в ній надана можливість виявити не тільки енергетичні результати, але й зробити екологічну та економічну оцінку перспектив впровадження заходів, розробити проекти з енергоефективності і бізнес-плани для таких об'єктів, як дитячі садки, школи, оздоровчі центри. Але дещо спрощений підхід до якості моделювання будівлі в цілому, елементів та конструкцій дозволяє отримувати лише наближені результати застосування більшості архітектурних заходів і кінцеві. Програма AUDITOR 1.1 дозволяє обчислити споживання первинної і кінцевої енергії, вартість обігрівання будівлі в стандартному сезоні, визначені коефіцієнту E для будівлі і альтернативну вартість обігрівання при використанні різних носіїв енергії. Алгоритм програми спирається на європейські норми, які поки що не відповідають чинним нормам України. Вирішувати комплексно питання з енергозбереження дозволяє програма «PATRIOT», що посилається на українську нормативну базу. Доступними і простими для застосування виявилися програми RETScreen 4.0 International та PHPP.

У програмі TERMO-Danfoss закладена можливість детально описувати будівлю, її плани, об'єм та конструкції, параметри середовища, отримувати точні результати наявного стану та енергоефективності архітектурних заходів. Обрахунки виконуються в системі європейських стандартів з дотриманням українських нормативних вимог щодо температур та вентилявання приміщень. Економічний блок в програмі відсутній що вимагає добирати спеціальні програмні додатки. Для її практичного застосування автором виконувалися роботи з кліматичної адаптації програми для території України. Переважна більшість проектів термореновації та розділ заходів архітектурного енергозаощаджування були розраховані авторами саме за допомогою цього програмного продукту. Зважаючи на його переваги.

Аналіз перелічених комп'ютерних програм дозволив оцінити їх слабкі та сильні сторони. Це допомагає уникати вже відомих помилок і сформувати

вимоги до програми, призначеної безпосередньо для розрахунку архітектурних проектів. Розробники не ставлять собі за мету створити альтернативу наявному інженерному інструментарію, а зосередилися на побудові точних математичних моделей, чутливих до переважної більшості прийомів і заходів архітектурного енергозбереження. Таки моделі можливо застосовувати як основу для інженерних та енергоаудиторських розрахунків вищої точності. Найскладнішим розділом створення оптимальної програми є узгодження архітектурно-графічної частини (основного робочого інструмента архітектора) та блоку перетворення у математичну модель (конвертаційного блоку). На сьогоднішній день напрацьовані та розширюються бібліотеки даних конструкцій. Враховуються найновітніші інженерні розробки, особливо в галузі альтернативних джерел енергії, які необхідно органічно та ефективно поєднувати з архітектурою будівлі. Але відмінність та перспектива гармонізації українських і європейських норм спонукає до подвійного посилення в проектній документації.

Використання оптимальних програмних продуктів в проектах енергоефективності будівель забезпечує автоматизацію та систематизацію розрахунків, дозволяє завдяки комп'ютерному моделюванню визначити енергетичний стан будівлі та застосовувати оптимальні архітектурні рішення з точки зору енергетичної та економічної доцільності.

#### ***Висновки та перспективи подальших досліджень***

Сучасні програмно-інформаційні розробки дозволяють виключно спеціалістам-енергоаудиторам аналізувати та кількісно оцінювати проектні рішення порівнянням енергетичних моделей будівель, їх окремих частин; визначати енергетичний та економічний ефект застосування комплексів та окремих прийомів архітектурного енергозбереження.

Застосувати обґрунтовані енергоефективні рішення, обирати їх ще на перших стадіях проектування дають змогу програмні розробки із функцією комбінаторності - можливістю конвертації програм архітектурного проектування у формат спеціалізованих програмних.

Функція переведення геометрії проектних рішень у алгоритм енергетичних розрахунків повністю виключає найзатратнішу за часом та найвідповідальнішу стадію побудови математичної моделі.

Поширене використання конвертаційних програм дозволить архітекторам активно долучатися до розв'язання питань енергозбереження у реальному, навчальному та експериментальному проектуванні.

Практичні кроки на шляху розроблення додатків і оптимізації програми розпочаті колективом енергосервісної фірми «Універс» у співпраці із неприбутковою організацією Alliance to Save Energy, продовжені спеціалістами Інституту енергоаудиту та обліку енергоносіїв і кафедри архітектурних конструкцій Національного університету «Львівська політехніка».