

АРХІТЕКТУРА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖУВАННЯ

© Шулдан Л.О., Бродський М.О., 2010 р.

Розглянуто проблеми санації громадських будівель і комплексів, зроблено спробу визначити стан, виявити перспективи й напрямки розвитку архітектурного енергозаощаджування.

Ключові слова: Архітектура громадських будівель, архітектурне енергозбереження, енергоощадність.

The article examines the issues of rehabilitation of public buildings and complexes; the attempt to define the state and to detect the perspectives and tendency of the development of architectural energy efficiency is considered too.

Keywords: The architecture of public buildings, architectural energy efficiency, energy conservation.

Постановка проблеми

Вирішення питань раціонального використання енергетичних ресурсів за умов значного підвищення тарифів на енергоносії та їхнього подальшого зростання набули загальнодержавного значення. Для України це стратегічна проблема, адже постачання енергоносіїв ззовні сягає 70–80 %. Тоді, як у розрахунку на 1 м² загальної площі будинку витрачається в 1,5–3 рази більше енергоресурсів порівняно із США чи Швецією [1], втрати енергоносіїв для будівель продовжують зростати. Актуальність проблеми енергозбереження відображається у широкій зацікавленості науковців нашої країни, у тому числі і архітекторів, але питаннями пошуків енергетичних джерел, замість активної реалізації резервів енергозбереження. Загальний резерв енергозбереження в Україні оцінюється в 32,8 млн. т. у. п., тому інвестування у енергозбереження визнано у 2–3 рази ефективнішим від фінансування розвитку енергетичного комплексу, а орієнтація на скорочення паливно-енергетичних витрат у будівництві і архітектурі є виправданою й перспективною [1]. На початок 2006 року більшістю країн-членів ЄС прийнято як національний закон Директиву «Енергетичні характеристики будинків», у якій одночасно із сертифікацією будівель встановлені загальні норми енергозбереження. Запровадження подібної енергетичної паспортизації будівель в нашій країні [2] дасть змогу визначити потреби у паливі для житлових і громадських будівель та величину енергоспоживання загалом по країні, зафіксує рівень ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у кожній будівлі під час її проектування, будівництва, експлуатації чи реконструкції. Розпочата в Україні систематизація наявних будівель бюджетних установ за рівнем фактичного енергоспоживання насамперед передбачає визначення рейтингу будівель. Очолюють рейтинг об'єкти-претенденти на енергетичне обстеження, виконання проектів енерго-ефективності та термомодернізації. Така діяльність потребує напрацювання рекомендаційного переліку енергоефективних заходів, відповідно до головного призначення будівлі.

Міжнародна співпраця сприяє розвитку енергозбереження в Україні. Досвід з енергозбереження країн Західної Європи й Америки стає здобутком українських спеціалістів, але він не враховує повною мірою українські сучасні економічні і енергетичні реалії: наслідки господарювання у попередні роки; особливості наявної забудови; темпи розвитку ринку матеріалів й технологій; стан нормативної бази. Потребують дослідження зв'язки споживання енергії та архітектурної типології, проведення ґрунтовних досліджень та розроблення власних рецептів, особливо під час реконструкції або реновації існуючих будівель. Побутує думка про можливість

заміни напрацювань у напрямку архітектурного енергозаощаджування введенням коефіцієнтів «рівня майстерності архітектора».

Аналіз останніх публікацій і досліджень

Діяльність у напрямку енергозбереження визначається Законами України «Про енергозбереження», «Про визначення пріоритетних напрямків енергозбереження». «Енергетична програма країни», «Енергетична стратегія України до 2030 року» віднайшли розвиток у всеукраїнських і регіональних програмах і постановах. Принципова актуальність досліджень у галузі архітектурного енергозбереження відображалась в документах і рішеннях УАА, НСАУ; підтверджена пошуковим проектуванням у навчальних закладах НУ "ЛП", КНУБА, ПНТУ ім. Кондратюка; науковими дослідженнями в КиївЗДНІЕП, ДІПРОМІСТО, "Львівській політехніці".

Вітчизняні та більшість закордонних наукових робіт у галузі архітектурного енергозбереження присвячені переважно проблемам застосування інженерно-технічних заходів, засобів збільшення теплонадходжень, підвищення приведенного опору теплопередачі, теплової надійності огорожувальних конструкцій будівель та торкаються лише окремих питань енергозаощаджування [3–9]. Для житлових будинків підвищення енергоефективності досліджувалось на основі оптимізації їх форми [10], а розвиток архітектурної типології з урахуванням енергозаощаджування ґрунтовно розглядалися лише на прикладі шкільних будівель [11]. Аналіз наукових праць [12–15] дає змогу зробити висновок про відсутність в Україні однозначної методики щодо проектування та реконструкції громадських будівель з урахуванням архітектурного енергозаощаджування.

Формулювання мети

Метою статті є спроба систематизації заходів з архітектурного енергозаощаджування для громадських будівель і комплексів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Дослідження історії проектування, будівництва та реконструкції громадських будівель засвідчує, що застосування енергозаощаджувальних заходів і прийомів – невід’ємна частина формування архітектури громадських закладів певних періодів відповідно до тогочасних вимог функціонального процесу, інженерно-технічного та економічного рівня розвитку суспільства. Аналіз проектування й будівництва громадських будівель дає змогу визначити стан, виявити перспективи й напрямки розвитку архітектурного енергозаощаджування тепер і в майбутньому та зробити деякі узагальнення.

Не претендуючи на повноту і всебічність, автори досліджують еволюцію підходів до архітектурного енергозаощаджування в громадських будівлях і комплексах, що надало змогу зазначити деякі закономірності. Період із середини XIX до сьогодення можна умовно поділити на три етапи, які різняться підходами до енергозаощаджування і обґрунтовують міру його застосування у архітектурній практиці.

Найтриваліший у часі перший період пов’язаний з бурхливим розвитком будівництва громадських закладів з середини XIX до початку XX століття. Широка мережа адміністративних, навчальних, медичних закладів сформувала вимоги до функціональної організації, поверховості, пропорцій та гігієнічних умов будівель. Енергетичні реалії того часу характеризуються істотним підвищенням попиту та відсутністю можливості повною мірою забезпечити потребу в енергоносіях, що вимагало економного ставлення до їхнього витрачання. Основний акцент у створенні оптимальних значень параметрів мікроклімату приміщень зміщений у бік застосування архітектурних енергозаощаджувальних вирішень.

Другий період не підлягає чіткій диференціації в часі, але характеризується доступністю енергоресурсів та бурхливим розвитком інженерної думки, розвитком і інтенсивним впровадженням інженерних систем, зокрема систем опалення та вентиляції. Найяскравішими прикладами слугують будівлі від початку XX ст. до 50–80 років XX ст. У цей період зменшилася відповідальність

архітектурних рішень у формуванні внутрішнього мікроклімату, зокрема й температурно-вологісних умов, відбулося нівелювання архітектурних заходів енергозаощаджування.

Третій період припадає на часи енергетичних, частково економічних, а останнім часом і екологічної кризи, та супроводжується підвищенням свідомості та відповідальності архітекторів за кінцеве використання енергетичних ресурсів. У таких умовах архітектурне енергозаощаджування розвивається у трьох напрямках: реверсне використання прийомів традиційної архітектури при одночасній модернізації підходів; застосування новітніх технологій та матеріалів, що дає змогу створювати концептуально нові архітектурні форми; синтетичне поєднання першого й другого.

Визначена градація не завжди відповідає хронологічним межам. Існують рішення, що випереджають час, нерідко їх можна назвати передчасними або революційними через їхню неузгодженість з еволюціонуванням матеріалів, технологій та якістю соціальних змін. Не дивно, що вони мають переважно спонтанний та інтуїтивний характер і ґрунтуються на практичному досвіді та таланті архітектора. Індикатором таких процесів, безперечно, слугують громадські будівлі.

Сьогодні в Україні функціонують будівлі, масово побудовані в період від з XIX (окремі з XVII) до початку XXI століття за різними технологіями й вимогами. Громадським будинкам притаманний різний моральний і конструктивний стан, вони використовуються за первинним призначенням або ж змінили свою функцію. Залежно від цього та від потреби у застосування прийомів і заходів архітектурного енергозаощаджування наявні громадські будівлі розділено на п'ять груп (табл. 1).

До першої найчисельнішої групи віднесено будівлі, що невідкладно потребують передовсім архітектурної термомодернізації через невідповідність значень параметрів мікроклімату приміщень умовам комфортності або значну перевитрату енергоносіїв. Розроблення проектів термомодернізації для них повинно бути узгоджено із переглядом архітектурно-планувальних, об'ємно-просторових рішень та сучасними вимогами до функціонального процесу. До цієї групи можна зарахувати будівлі, зведені у період з 70-х років до першої половини 90-х років минулого століття.

У наступну групу виділені будівлі від другої половини 90-х років, що потребують застосування архітектурних рішень, пов'язаних з вимогами функціонального процесу та паралельного впровадження перспективних енергозаощаджувальних рішень.

Громадські будівлі і комплекси, зведені до початку 70-х років XX ст., потребують перегляду можливості подальшої експлуатації. Закінчився або добігає кінця термін фізичної амортизації таких будівель і споруд, розрахованих на II, III ступені довговічності. Результати обстеження об'єктів визначатимуть комплекс архітектурних заходів, що повинні бути спрямовані на всебічне покращання якості функціонування.

Особливо дбайливого ставлення потребують пам'ятки архітектури, що увійшли до Державного реєстру і охоронних списків об'єктів історико-культурної спадщини. Головним чинником під час реконструкції, реновації та термореновації таких будівель повинно бути максимальне збереження цінної історичної забудови. Другим важливим чинником є забезпечення належного рівня комфорту для працівників і відповідність сучасним вимогам функціонального процесу. Деколи необхідно переглянути доцільність подальшої експлуатації для наявної функції або розглянути можливості адаптації до сучасних вимог. Пам'ятки архітектури підлягають поміркованій ревалоризації, що ґрунтується на матеріалах наукових досліджень, із застосуванням спеціальних архітектурних заходів термореновації, збереження автентичності матеріалів та конструкцій.

Будівлі, що не становлять ні архітектурної, ні містобудівної цінності та за своїм станом вже не підлягають реставруванню, віднесені до V групи. Неможливо та і нереально підганяти зношену будівлю під сучасні вимоги і норми, доцільно вивести її з експлуатації, а на цьому місці побудувати нову.

Проведення термомодернізації будівлі повинно сприяти встановленню рівноваги параметрів повітряного режиму і покращувати мікроклімат у приміщеннях та створювати максимально сприятливі умови для діяльності людей. Зміни температурно-вологісних умов у приміщеннях повинні вписуватись у діапазон вимог комфортності.

**Розподіл шкільних будівель України на групи
за потребою в енергозаощаджувальних архітектурних рішеннях**

№ групи будівель	Громадські будівлі, збудовані у часовому діапазоні з XVII століття до 2005 року	Роки зведення та інші особливості будівель
I	– невідкладно потребують архітектурної термомодернізації через низькі значення температурного фону у приміщеннях або значну перевитрату теплоносіїв	період з 70-х років до першої половини 90-х років XX століття
II	– потребують застосування архітектурних рішень відповідно до функціональних вимог та одночасного впровадження енергозаощаджувальних рішень	збудовані після другої половини 90-х років XX століття
III	– необхідний перегляд їхнього подальшого функціонування – архітектурні заходи повинні бути спрямовані на всебічне покращання їхньої якості, зокрема термореновації або й термомодернізації	до початку 70-х років XX століття
IV	– потребують поміркованої ревалоризації, що ґрунтується на матеріалах наукових досліджень пам'ятки, із здійсненням спеціальних архітектурних заходів термореновації	пам'ятки архітектури
V	– не становлять ні архітектурної, ні містобудівної цінності – за своїми станом не підлягають ні реставруванню, ні подальшій експлуатації	підлягають виведенню з експлуатаційного фонду

Для виконання численних енергетичних обстежень наявних будівель, проектування енергоощадних будинків та проведення енергоаудитів автори застосовували кілька методів визначення енергетичного стану. Серед них на увагу заслуговують *інструментально-аналітичний метод та метод математичного моделювання*, завдяки яким відбирались та розраховувались прийоми й заходи архітектурного енергозаощаджування.

Сутність першого полягає у вимірюванні параметрів зовнішнього та внутрішнього повітряного середовища за допомогою термометрів, психрометрів, анемометрів та ін.; дистанційне визначення тепловізором температурних полів поверхонь огорожувальних конструкцій з подальшим аналітичним опрацюванням отриманих даних. Результати залежать від якості вимірювань, пори доби та погодних умов у момент виконання замірів. Вимірювання теплових потоків у будинках, спорудах та об'єктах, визначення температурних полів на поверхні огорожувальних конструкцій і місць локальних тепловтрат здійснювались методом інфрачервоної інспекції та дефектоскопії (термографії) за допомогою тепловізійних приладів з отриманням оглядової термограми. Інструментальні обстеження автори провели у 24 будівлях Львова і Львівської області, зокрема під час обстеження дитячого закладу на вул. Антоновича у м. Львові за допомогою тепловізійного комплексу, розробленого Інститутом метрології ЛВІД Інституту приладобудування і метрології при Національному університеті “Львівська політехніка” та тепловізійною камерою виробництва фірми «FLUKE». Визначені температурні поля поверхонь огорожувальних конструкцій будівлі у вигляді градації забарвлення, відповідно до певного діапазону температур, та «містки холоду» конструкцій будівлі. Варто зазначити високий ступінь демонстративності таких обстежень на кожній стадії виконання робіт, що значно спрощує спілкування проектувальника із замовником. Застосування такої методики для визначення результатів виконання рекомендації мають дещо гіпотетичний характер, оскільки величини енергоекономії можливо отримати, обчислити та продемонструвати лише після реалізації переліку термореноваційних заходів. Натомість безконтактна термографія незамінна під час проведення контролю якості реставрації та нового будівництва, паспортизації будівель.

Другий метод – метод комп'ютерного моделювання – вимагає створення енергетичного макета будівлі за допомогою спеціалізованих програмних продуктів. Незважаючи на те, що ці програми переважно призначені для інженерних розрахунків, деякі з них придатні для створення проектів енергоефективності будівель житлового та виробничого призначення. Існує обмежена

кількість програмних продуктів для громадських будівель. Деякі з них автори випробували і використали у експериментальних та реальних проектах для визначення енергоспоживання і тепловитрат будівель, розрахунку енергоефективності архітектурних заходів: програма “Енерго-ефективна будівля”, розроблена Регіональним центром з підготовки та підвищення кваліфікації у сфері енергозбереження та енергоменеджменту м. Львова; Програма Salta 1,0, створена технічними консультантами і фахівцями Групи ATLAS; “Розробка проекту з енергоефективності BEEP 1.0” Municipal Coordinator, створена на замовлення Alliance to Save Energy; програма AUDITOR 1.1, розроблена на замовлення Fundacji Poszanowania Energii у Варшаві Інститутом будівельної техніки; програмний продукт TERMO-Danfoss, розроблений фірмою ADAsoft із наданням дозволу на його використання від фірми ADAsoft для Alliance to Save Energy, програмне забезпечення RETScreen International розроблене RETScreen за сприянням уряду Канади та іще низку програм. Застосування таких програмних продуктів, який має кожна певну специфіку, вимагає не тільки фахової архітектурно-будівельної підготовки, а і спеціальних знань з інженерно-технічних та економічних дисциплін.

Архітектурна частина ґрунтується на методі математичного моделювання. Для створення базової математичної моделі будівлі у програму послідовно вводиться проектна або отримана під час попереднього обстеження інформація про будівлю та її окремі складові (планувальна, об’ємна, архітектурно-конструктивна тощо). Математично створений *архітектурний об’єм розраховується на основі процесів між внутрішнім і зовнішнім середовищами*, які описуються параметрично. Окрема модель будівлі створюється для проектування енергозаощаджувальних заходів або їхніх комбінацій. Заходи поділяють на групи та пакети. Певна кількість пакетів має бути підготована для кожного окремого проекту, а сам пакет – містити певну кількість окремих заходів з енергоефективності. За таким методом можна “приміряти” енергозаощаджувальні заходи і визначити їхню ефективність та сформувати повне “меню” заходів з енергоефективності. Порівняння отриманих значень енергетичних параметрів базової моделі та моделей із проектними заходами дає змогу визначити величину енергоекономії, не очікуючи втілення заходів, порівняти варіанти та вибрати найприйнятніший з них.

Порівняно з інженерними розрахунками, визначення ефективності архітектурних заходів та правильність результатів обчислень повністю залежать від якості побудови базової моделі, скрупульозності введення даних про структуру простору будівлі, характеристик її окремих складових. Значно спростити роботу архітекторів здатні програмні розробки із функцією комбінаторності – можливістю конвертації програм архітектурного проектування у формат спеціалізованих програм. Функція переведення геометрії проектних рішень у енергетичну математичну модель повністю виключає відповідальну і найзатратнішу за часом стадію проектування.

Також під час проектування будівель архітектор вирішує завдання використання позитивного енергетичного впливу клімату і максимальної нейтралізації його негативної дії на тепловий баланс будівлі. Теплоефективність застосування тих чи інших заходів і прийомів архітектурного енергозаощаджування значною мірою залежить від географічного місцезонашування будівлі. Відповідно до поділу території в Україні існує чотири температурні зони. Вагомих енергетичних, економічних та екологічних результатів від застосування архітектурних заходів можна очікувати для будівель у трьох кліматичних зонах. Найбільший ефект впровадження очікується для I зони і значно менший для III. IV температурна зона не включена у межі дослідження через значні кліматичні відмінності від решти території України, але потребує своїх дослідників.

Висновки і рекомендації

Проблемами енергозбереження будівель в Україні займається широке коло дослідників, без належної участі архітекторів. Відсутні відповідне наукове обґрунтування та нормативна база проектування енергоощадних будинків. Встановлена невідповідність між просторово-функціональною організацією громадських будівель і сучасними вимогами енергозбереження.

У результаті аналізу зафіксований вплив доступності і ціни енергоносіїв на зміни архітектури громадських будівель. Запропоновано періодизацію підходів до архітектурного енергозаощаджування.

З'ясовано, що архітектурне енергозаощаджування розвивається в трьох напрямках: реверсне застосування та удосконалення прийомів традиційної архітектури; використання передових технологій та матеріалів для створення концептуально нових архітектурних форм і методів; синтетичне поєднання одного та другого напрямків.

Окреслені методи, завдяки яким можна визначити перелік прийомів й заходів архітектурного енергозаощаджування для конкретної будівлі та розрахувати їх економічну і енергетичну ефективність.

Громадські будівлі України автори поділили на п'ять груп за потребою у застосуванні архітектурних енергозаощаджувальних рішень, визначили межу застосування та очікуваний рівень ефективності таких рішень для архітектурної практики.

1. Вороновський Г.К., Денисюк С.П. *Енергетика світу і України. Цифри та факти.* – К.: НАНУ відділ фізико-технічних проблем, 2005. – Т. I. – 346 с. 2. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 *Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції.* – К., 2008. – 42 с. 3. Антонюк Д.И. *Архитектура детских дошкольных учреждений с гелиосистемами теплоснабжения (на примере УССР): Дис. ...канд. арх.* – К., 1989. – 175 с. 4. Підгорний О.Л. *Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на різні поверхні // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Зб. ст. Вип. 54.* – К.:КІБІ, 1993. – С. 10–13. 5. Казаков Г.В. *Принципы совершенствования гелиоархитектуры.* – Львів: Світоч, 1990. – 152 с. 6. Хавхун Г.Н. *Применение систем использования солнечной энергии в архитектуре рекреационных зданий (на примере природно-климатических условий УССР): Дис. ...канд. арх.* – К., 1987. – 135 с. 7. Фаренюк Г.Г. *Теплова надійність огорожувальних конструкцій та енергоефективність будинків при новому будівництві та реконструкції: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук:05.23.01.* – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2009. – 36 с. 8. Беляев В.С., Хохлова Л.П. *Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий.* – М.: Высш. шк., 1991. – 255 с. 9. Табуницков Ю.А., Бродач М.М. *Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий.* – М.: АВОК ПРЕСС, 2002. – 194 с. 10. Кащенко Т.О. *Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації їх форми: Автореф. дис. ...канд. арх.: 18.00.02/ КНУБА.* – К., 2001. – 19 с. 11. Шулдан Л.О. *Принципи архітектурно-типологічного вдосконалення шкільних будівель з урахуванням енергозаощаджування: Дис. ...канд. арх.: 18.00.02.* – Львів., 2007. – 212 с. 12. Ежов В.И. *Архитектура общественных зданий массового строительства.* – М.: Стройиздат, 1983. – 216 с. 13. Проскуряков В.І. *Архитектура українського театру. Простір і дія.* – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2001. – 564 с. 14. Слетцов О.С. *Архитектура цивільних будівель на основі відкритих збірних конструктивних систем: Автореф. дис. ... д-ра арх.:18.00.02.* – К.: КНУБА, 1999. – 37 с. 15. Черкес Б.С. *Національна ідентичність в архітектурі міста: Монографія.* – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008. – 268 с. 16. Лінда С.М. *Архітектурне проектування громадських будівель.* – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2010. – 608 с.