

УДК 69.003.13

*Ю.В. Дорошук, А.С. Максимов, ДП НДІБВ,
м. Київ***ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВІДБОРУ ТА
ОЦІНЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ
РІШЕНЬ ПРИ ПРОВЕДЕННІ
КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ
БУДІВЕЛЬ****АНОТАЦІЯ**

Наведена методика формування системи оцінки для вибору оптимальних технічних рішень щодо проведення комплексної термомодернізації будинків загальноосвітніх шкіл. Запропонована методика сприятиме кваліфікованому вибору оптимальних технічних рішень і технології теплоізоляції будівель та споруд, і модернізації інженерних систем, використанню прогресивних архітектурно-конструктивних вузлів і деталей систем утеплення. Це дасть можливість орієнтуватись на обґрунтовані технічні вимоги до теплоізоляційних систем і матеріалів.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, енергоносії, комплексна термомодернізація, огорожувальні конструкції, інженерні системи.

Підвищення рівня енергетичної безпеки як складової національної безпеки України є одним з ключових завдань нашої держави на сучасному етапі її соціального та економічного розвитку. За умови значної залежності економіки України від імпорту енергоносіїв згаданий напрям державної економічної політики є вкрай важливим. Він може бути порівняний зі збільшенням обсягів власного видобутку енергетичних ресурсів або їх виробництва.

За сучасних умов господарювання енергозбереження не лише вирішальний, але й найдешевший напрям задоволення потреб в енергоносіях всіх галузей економіки України. Відомо, що питомі капітальні витрати в енергозбереження значно нижчі, ніж витрати у збільшення видобутку та виробництва енергоносіїв.

Дослідження підтверджують, що одним з найбільш енергозатратних секторів економіки України є житловий сектор.

За розрахунками неефективні втрати теплової енергії в житлово-комунальному господарстві Ук-

раїни складають близько 65%, а енерговитратний житловий фонд нашої країни становить майже 0,5 млрд. м². Реалізація енергоефективних проєктів в житлово-комунальному господарстві дозволить досягти щорічної економії газу близько 3,5 млрд. м³, що відповідно складе \$ 1400 млн. [1].

Важливість проблеми підвищення рівня енергоефективності існуючих будівель зростає з року в рік по мірі здорожчання енергоносіїв, зокрема природного газу, що імпортується з Російської Федерації.

Проблема підвищення енергоефективності існуючого житлового фонду може бути вирішена принципово за двома напрямками:

– перший напрям передбачає проведення масової комплексної термомодернізації існуючих будівель та систем теплопостачання на основі використання сучасних енергозберігаючих технологій. Реалізація проєктів за таким напрямом може забезпечити від 50 до 75% економії енергоресурсів. Недоліком запропонованих заходів є потреба в значних капіталовкладеннях у будівництво, а відтак — строки окупності таких проєктів значні;

– другий напрям вирішення проблеми підвищення енергоефективності житлового фонду, полягає у пошуку більш дешевого альтернативного, в тому числі відновлюваного, палива, що могло би замінити природний газ. Використання дешевших енергетичних ресурсів дозволить значно зменшити вартість теплової енергії для опалення будинків. Таким дешевим паливом може бути біомаса або тверді побутові відходи (ТПВ). Даний напрям вирішення проблеми енергозбереження у житловому фонді не потребує значних капіталовкладень у капітальне будівництво. Основна сума коштів буде витрачена на переобладнання джерел теплогенерації, підготовку ТПВ до переробки та заміну зношених теплових мереж і улаштування індивідуальних теплових пунктів. При реалізації такого роду проєктів економія теплової енергії відносно невелика до 25%, однак за рахунок значного здешевлення виробництва теплової енергії строки окупності таких проєктів значно нижчі порівняно з проєктами за першим напрямом.

Принциповим моментом першого напрямку є те, що термомодернізація житлового фонду має бути комплексною. Такий напрям передбачає ряд комплексних обов'язкових заходів, до яких відносяться термомодернізація всіх огорожувальних конструкцій, технічне переоснащення систем опалення

та вентиляції, улаштування індивідуальних теплових пунктів, які можна було б налаштовувати відповідно до стану навколишнього середовища та синоптичної ситуації.

За умови проведення комплексної термомодернізації першочергово постає проблема вибору прийнятних з економічної та технічної точки зору рішень. Адже на сьогодні існує розмаїття заходів з утеплення огорожувальних конструкцій та модернізації інженерних систем. З огляду на це вибір оптимальних варіантів технічних рішень для здійснення комплексної термомодернізації має ґрунтуватись на їх всебічній оцінці, не лише технічній, але і економічній. При цьому формування відповідної системи критеріїв дозволить спростити та уніфікувати таку оцінку [3, 4].

З метою вироблення єдиного підходу до застосування комплексу заходів для підвищення енергоефективності будівель та споруд, можливості масового застосування на практиці оптимальних технічних рішень фахівцями ДП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" (ДП "НДІБВ") була розроблена методика вибору оптимальних технічних рішень щодо проведення комплексної термомодернізації будинків загальноосвітніх шкіл бюджетного утримання (на прикладі 6 типових проектів) з обґрунтуванням доцільності та можливості повторного застосування.

Шляхом аналізу ряду літературних джерел та на основі проведених досліджень фахівцями ДП "НДІБВ" було сформовано систему оцінки для вибору оптимального технічного рішення для термомодернізації будівель шкіл. Об'єктом досліджень виступали властивості матеріалів та конструктивних систем для утеплення окремих огорожувальних конструкцій (фасадів, покрівлі, вікон, перекриття над неутепленим підвалом) в цілому й модернізації інженерних систем [5, 6]. Розроблена система оцінки містить:

- перелік критеріїв оцінки. Набір критеріїв для кожної з інженерних систем та кожної з огорожувальних конструкцій буде індивідуальним. Кожен критерій включає в себе ряд підкритеріїв (факторів), які дозволяють більш детально охарактеризувати кожен з цих критеріїв оцінки;

- вагові коефіцієнти. Кожному підкритерію та критерію відповідає розрахований ваговий коефіцієнт.

Перелік критеріїв розроблений з урахуванням доцільності оцінки різних властивостей систем

для цілого ряду огорожувальних конструкцій та інженерних систем, представлений у таблиці 1.

Набір критеріїв для оцінки технічних рішень щодо заповнення віконних та дверних прорізів є специфічним, а саме:

- показники призначення (загальний коефіцієнт світлопропускання, індекс звукоізоляції, приведений опір теплопередачі, повітропроникність, водонепроникність);

- показники надійності (стійкість до статичних вантажів, зміна лінійних розмірів під дією температури, стійкість до удару, зміна кольору під дією сонячного випромінювання, водовідведення, стійкість до вітрових навантажень, міцність зварних з'єднань, довговічність, ремонтпридатність);

- конструктивно-технологічні показники (формула склопакета (тип склопакета), маса виробу, товщина зовнішньої стінки профілю);

- енергетично-захисні (захист від виламування, тепловтрати, теплотехнічна однорідність);

- пожежна безпека (група горючості, група самозаймання, група поширення полум'я, група за токсичністю при пожежі);

- екологічна безпека (хімічна стійкість, утилізація відходів);

- монтажно-технологічні показники (сезонність виконання робіт, кількість типорозмірів виробів, що використовується в системі, кріплення фурнітури, наявність спеціалістів високого фаху, монтажна ширина, складність підготовчих та монтажних робіт, коефіцієнт складності складання конструкції, наявність прихованих робіт).

Окремою категорією критеріїв можна вважати естетичні показники, економічні показники, споживчі властивості (кліматична зона застосування, індивідуальне замовлення, масове замовлення).

Оцінка конструкцій інженерних систем визначається на основі наступних критеріїв та підкритеріїв:

- санітарно-гігієнічні — забезпечення необхідної температури гарячої води у споживача, забезпечення якості гарячої води, виконання термічної дезінфекції трубопроводів;

- планувальні — відповідність схеми гарячого водопостачання висотності будівлі та розміщенню точок водозабору;

- автоматизованість регулювання — терморегуляція циркуляційних трубопроводів, гідравлічне врівноваження системи, стабілізація температури

Таблиця 1. Перелік критеріїв для оцінки технічних рішень термомодернізації

Назва критерію	Використання критерію при оцінці			Назва критерію	Використання критерію при оцінці		
	фасаду	конструкції підлоги першого поверху, покриття над неопалюваним підвалом	покриття		фасаду	конструкції підлоги першого поверху, покриття над неопалюваним підвалом	покриття
1. Густина утеплювача	+	+	+	7.Ремонтпридатність	+	-	+
2.Теплотехнічна однорідність	+	+	+	8. Сезонність виконання робіт	+	-	+
3.Дифузія і конденсація водяної пари	+	+	+	9. Забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи	+	+	+
3.1.Гігроскопічність	+	+	+	9.1. Можливість взаємозамінності застосовуваних в системі утеплення елементів	+	-	+
3.2.Паропроникність	+	+	+	9.2. Необхідність підготовки поверхні для кріплення системи	+	+	+
4.Вплив ґрунтових вод	-	+	-	9.3. Обсяг додаткових витрат на виконання індивідуального проекту	+	-	+
5.Екологічність	+	+	+	9.4. Трудомісткість робіт	+	+	+
5.1.Вогнетривкість	+	+	+	9.5. Необхідна кваліфікація виконавців	+	+	+
5.2.Хімічна стійкість	+	+	+	9.6. Кількість типорозмірів виробів, що використовуються в системі	-	-	+
5.3.Біологічна стійкість	+	+	+	9.7. Кількість технологічних процесів	-	-	+
5.4.Шкідливість	+	+	+	10. Економічний (економічна ефективність)	+	+	+
6.Надійність і стабільність	+	+	+	10.1. Вартість влаштування 100 м ² системи	+	+	+
6.1. Вплив власної ваги системи	+	+	+	10.2. Витрати на експлуатацію системи протягом 25 років (розрахунок на 100м ²)	+	+	+
6.2. Вплив гідротермічних навантажень за рахунок щоденних і сезонних коливань температури і вологості повітря	+	+	+	10.3. Ступінь збільшення опору теплопередачі конструкції за умови збільшення товщини шару утеплюючого матеріалу, а отже і його вартості на 10%.	+	+	-
6.3. Вплив деформації при усадці	+	+	+	11.Звукоізоляція	+	+	+
6.4. Ударна міцність	+	+	+	12.Теплопровідність теплоізолюючого шару	+	В умовах експлуатації	
6.5. Вплив вітрового напору та вітрового відсмоктування	-	-	+	13. Художньо-естетичний	+	+	+
6.6.Вплив сонячної радіації	-	-	+				

води у споживача, врівноваження тиску за допомогою регулятора;

надійність і стабільність (вплив деформації при зміні температури теплоносія, ударна міцність, стійкість до зміни тиску в системі, стабільність роботи при змінному гідравлічному режимі);

енергозбереження (вирівнюється температура води в усіх стояках системи, зниження затрат на

перекачування води по циркуляційних трубопроводах, динамічне підлаштування системи під нерівномірність водорозбору, можливість обліку витрати води у споживачів);

ремонтпридатність;

промислово-монтажні (мінімально можливе число елементів, трудові затрати при монтуванні та налагодженні системи, механізація виготовлення

деталей та вузлів, необхідна кваліфікація виконавців, можливість поетапного монтажу та підключення споживачів),

експлуатаційні (довговічність, гідравлічна стійкість, простота та зручність, безшумність, можливість видалення повітря з системи),

економічні (вартість влаштування, витрати на експлуатацію системи в розрахунку на 25 років, вартість проектування системи).

Така система технічних рішень інженерних систем та огорожувальних конструкцій передбачає, що оцінка по критеріях, які мають підкритерії, визначається, як сума оцінок цих підкритеріїв. Кожен підкритерій оцінюється експертним шляхом в балах від 0 до 5, де 0 — найгірше значення показника, 5 — найкраще. Оцінка критеріїв, які не мають підкритеріїв, також здійснюється за п'ятибальною шкалою.

Сумарний показник оцінки технічних рішень (K_o) визначається, як сума оцінок по кожному з критеріїв (K_i) з урахуванням відповідних вагових коефіцієнтів (a_j), що враховують важливість кожного з критерію чи підкритерію (k_j):

$$K_o = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (1)$$

$$K_o = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (2)$$

де: K_o — сума оцінок за відповідним технічним рішенням, K_i — критерій оцінки відповідного технічного рішення, k_j — підкритерій критерію, a_j — відповідні вагові коефіцієнти критеріїв та підкритеріїв, n — кількість критеріїв, m — кількість підкритеріїв відповідного критерію.

Вагові коефіцієнти критеріїв для оцінки різних видів огорожувальних конструкцій були визначені експертним шляхом. Причому більш важливі критерії мають вищу вагу, а менш важливі критерії — нижчу, а сума всіх вагових коефіцієнтів має складати одиницю. Таким чином відбувається врахування важливості критерію та його оцінки.

Відповідно, оптимальним технічним рішенням визнається те рішення, яке набрало найвищу оцінку за сумарним показником.

Аналіз вагових коефіцієнтів, визначених експертами для оцінки технічних рішень для термомодернізації будівлі шкіл, показує, що серед всіх критеріїв оцінки найважливішими визнані надійність (10%–15%), екологічність (20%–25%) та економічна ефективність (10%–15%). Вага вказаних

критеріїв для кожного технічного рішення різна.

Відібрані фахівцями для подальшого аналізу технічні рішення модернізації інженерних систем та утеплення огорожувальних конструкцій були оцінені на основі запропонованої вище системи.

Висновки. У результаті проведеної оцінки було сформовано перелік технічних рішень термомодернізації огорожувальних конструкцій та модернізації інженерних систем загальноосвітніх шкіл, що отримали найвищу суму балів.

Основною задачею наступного етапу наукових досліджень у рамках визначених оптимальних конструктивних рішень, утеплення огорожувальних конструкцій та модернізації інженерних систем для здійснення комплексної термомодернізації будівель типових шкіл буде оцінка найбільш економічно ефективного варіанту поєднання обраних технічних рішень. Вирішення поставленого завдання планується проводити моделюванням набору найбільш можливих групувань відібраних на попередньому етапі ефективних технічних рішень щодо утеплення окремих огорожувальних конструкцій (фасаду, покрівлі, вікон, перекриття над неопалюваним підвалом) для опору тепловіддачі на визначених рівнях.

Вибір ефективного варіанту комплексної термомодернізації має ґрунтуватись як на оцінці рівня економії тепла, який він забезпечує, так і обсягах грошових витрат, які необхідно здійснити. Визначення можливого рівня економії тепла, після запровадження заходів з комплексної термомодернізації необхідно виконати на основі теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій та витрат теплової енергії на опалення будинків.

У наступних публікаціях передбачається провести аналіз результатів оцінки кожного зі змодельованих варіантів комплексної термомодернізації. Таке дослідження буде здійснено за рядом показників: енергетичної ефективності, економічної ефективності, сумарної ефективності, обсягом економії тепла в розрахунку на 1 тис. грн. капітальних витрат, строком окупності витрат тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шилов Н. Н. Об экономии энергоресурсов и о материалах для утепления зданий / Н. Н. Шилов // *Жилищное строительство*. — 2004. — № 2. — С. 16 — 18.

2. Степаненко В. Пилотный проект термомодернизации школы №19 в г. Павлограде [Електрон-

ний ресурс] / В. Степаненко, Ю. Гридасова, В. Лобода // ООО ЭСКО "Экологические Системы" — Режим доступу: <http://www.ecosys.com.ua/press/articles/art124.html>.

3. Меркушов В. Т. *Методологія техніко-економічної оцінки проектів термомодернізації житлових будинків, які будуються: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.22 "Управління проектами та розвиток виробництва"* / В. Т. Меркушов. — Дніпропетровськ: ПДАБА, 2000. — 20 с.

4. *Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия* / [Дмитриев А. Н., Табуничиков Ю. А., Ковалев И. Н., Шилкин Н. В.]. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. — 120 с.

5. ДБН В.2.6-31:2006. *Теплова ізоляція будівель*.

6. Росковшенко Ю. К. *Мінімальний опір теплопередачі будівельних огорожувальних конструкцій* / Ю. К. Росковшенко, М. В. Степанов // *Будівництво України*. — 2005. — № 2. — С. 41 — 44.

АННОТАЦИЯ

Предложена методика формирования системы оценки для выбора оптимальных технических решений относительно проведения комплексной термомодернизации зданий общеобразовательных школ. Предложенная методика будет способствовать квалифицированному выбору оптималь-

ных технических решений и технологии теплоизоляции зданий и сооружений, и модернизации инженерных систем, использованию прогрессивных, архитектурно-конструктивных узлов и деталей систем утепления. Это даст возможность ориентироваться на обоснованные технические требования к теплоизоляционным системам и материалам.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергоносители, комплексная термомодернизация, ограждающие конструкции, инженерные системы.

ANNOTATION

A method for formation of assessment system for selection of optimal technical solutions for conducting complex thermo modernization of school buildings is described. Proposed method will promote qualified selection of optimal technical solutions and technology for thermal insulation of buildings and modernization of engineering systems as well as the usage of progressive architectural and design nodes and details of warming systems. This will give the possibility to focus on a reasonable specifications of thermoinsulation systems and materials.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy sources, complex thermomodernization, barrier constructions, engineering systems.