

УДК 69:338.45; 699.8; 624.012.3/4;278

А.С. Максимов¹,
завідувач відділу енергозбереження і
термомодернізації в будівництві
ORCID: 0000-0001-7029-5690

И.В. Вахович²,
канд. екон. наук, доцент
ORCID: 0000-0001-8486-759X

¹ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ
²Київський національний університет будівництва та архітектури, м Київ

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ШКІЛ

Аналіз найбільш розповсюджених конструктивно-технологічних рішень, що використовуються при термомодернізації, показав неможливість здійснення вибору оптимального рішення для окремої огорожувальної конструкції лише за прямою оцінкою фізико-механічних та техніко-економічних характеристик.

Запропоновано здійснювати вибір оптимального конструктивно-технологічного рішення в проектах термомодернізації з усіх можливих у два етапи. На першому етапі необхідно відкинути ті рішення, реалізація яких для даного типу будівлі технічно неможлива або економічно чи технічно недоцільна. На другому – здійснити оцінку за системою показників, які комплексно характеризують конструктивно-технологічне рішення.

У статті на основі аналізу літературних джерел та власного досвіду авторів щодо розробки та супроводу проектів термомодернізації, розроблена система критеріальної оцінки для конструктивно-технологічних рішень термомодернізації. Система критеріальної оцінки для конструктивно-технологічних рішень термомодернізації містить низку показників, які враховують фізико-хімічні властивості утеплювача, екологічність, надійність і стабільність системи теплоізоляції, технологічні фактори – такі як ремонтпридатність, сезонність виконання робіт, забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи, здатність до звукоізоляції, економічність, художню ефективність. Методом експертних оцінок для кожного критерія та підкритерія визначена його вага в загальній оцінці. Розроблена нами система оцінки технічних рішень термомодернізації огорожувальних конструкцій передбачає, що оцінка по критеріях, які мають підкритерії, визначається, як сума оцінок підкритеріїв. Оцінка критеріїв здійснюється за п'ятибальною шкалою. Оптимальним технічним рішенням визнається те рішення, яке набрало найвищу оцінку за сумарним показником.

Ключові слова: *термомодернізація, оптимальні конструктивно-технологічні рішення, оцінка технічних рішень термомодернізації, утеплення огорожуючих конструкцій*

Вступ. Енергоємність внутрішнього валового продукту (ВВП) в Україні є більшою у 2,5 рази в порівнянні із розвиненими індустріальними країнами, енергоспоживання будівель на опалення приблизно в 3-3,5 разів вище. Низькі

показники енергоефективності будівель України можна пояснити відсутністю необхідності використання сучасних енергоощадних технологій через низькі показники вартості енергоресурсів, які були чи не найменші в Європі. Через це будівлі та енергогенеруючі підприємства оснащені застарілим та зношеним технологічним обладнанням, мають низькі показники опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, суттєві втрати енергії при виробництві, транспортуванні та споживанні, неощадне та не ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі України.

За останні 10 років умови значно змінились, вартість природного газу (та інших основних енергетичних ресурсів) збільшилася більше ніж в 5 разів, а житлово-комунальне господарство України характеризується їх високим рівнем споживання.

Таким чином питання підвищення енергоефективності будівельних об'єктів, нових та вже збудованих, стає стратегічним напрямом розвитку економіки країни.

Сьогодні багато вчених вирішують задачі по розробці та впровадженню технічних, організаційних та технологічних рішень з реалізації проектів з підвищення енергоефективності в різних секторах економіки, ці задачі сьогодні одні з най актуальніших.

Прийняття рішення щодо вибору варіантів технічних рішень для здійснення термомодернізації має ґрунтуватися на їх всебічній оцінці, для чого має бути сформована відповідна система критеріїв

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що може бути застосовані різні підходи до оцінки теплоізоляційних систем.

Так положення ДБН В.2.6–31:2016 встановлюють мінімальні вимоги до теплотехнічних показників конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель та до енергетичних характеристик будівель або відокремлених їх частин, що визначені на підставі економічно обґрунтованого рівня енергетичної ефективності будівлі з урахуванням очікуваного життєвого її циклу за умови задоволення побутових потреб людини та створення оптимальних мікрокліматичних умов для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі.

В документі зазначено, що технічні рішення для забезпечення оптимального рівня витрат на споживання енергії та подальшого підвищення енергетичної ефективності будівель повинні враховувати кліматичні і місцеві особливості, внутрішнє кліматичне середовище та економічну ефективність. Такі заходи не повинні суперечити істотним вимогам стосовно будівель, таким як легкість доступу, безпека та призначення будівлі.

Матеріали та конструкції, що використовуються для теплоізоляції будівель, не повинні вмішувати та виділяти токсичних та шкідливих для здоров'я людини речовин. Величина ефективної питомої активності природних радіонуклідів в матеріалах, що використовуються для теплоізоляції будівель, не повинна перевищувати 370 Бк/кг.

Також ДБН встановлене мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будівель.

Автори [7] здійснюють порівняння конструктивних рішень енергоефективних огорожувальних стінових конструкцій за наступними показниками: товщина стіни, опір теплопередачі, вага 1 м² стіни, вартість 1 м² стіни, трудомісткість зведення стін, корисна площа внутрішніх приміщень.

Автори [8] розподілили фактори, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі матеріалів для термореновації будівель за такими групами:

1. Економічні: вартість матеріалу, вартість робіт, трудомісткість робіт, довговічність, експлуатаційні витрати.
2. Екологічні: вогнетривкість, хімічна стійкість, біологічна стійкість шкідливості
3. Теплофізичні: теплопровідність, густина, паропроникність, гіроскопічність, морозостійкість, міцність на стискування, звукопоглинання;
4. Художньо-естетичні: яскравість, кольоровість, тональність, фактурність, колір.

Автори [10] розглядають критерії вибору замовником системи теплоізоляції дещо з іншої позиції, враховуючи організаційний аспект:

1. Наявність успішно змонтованих і експлуатованих систем теплоізоляції на будинках аналогічного класу.
2. Комплектність системи з урахуванням правильно зазначених витрат матеріалів на одиницю площі.
3. Наявність технічної документації на систему, альбому технічних рішень з примикань системи до елементів фасаду, детальних інструкцій з монтажу.
4. Ціни, розраховуючи на один квадратний метр поверхні фасаду, з урахуванням повної комплектації системи.
5. Строки й умови поставок матеріалів, що входять у комплект системи (графік поставок).
6. Власна вага пропонованої системи (цей пункт особливо важливий для будинків підвищеної поверховості).
7. Надання постачальником вибору фактур і видів штукатурок, а також їхнє тонування в об'ємі.
8. Інжинірингове обслуговування (навчання, шеф-монтаж, технічний нагляд).
9. Видача гарантій на систему не менше 5-10 років.

Автор [11] виділяє та обґрунтовує наступні критерії оцінки зовнішніх систем утеплення:

- 1) Надійність і стабільність системи утеплення.
- 2) Протипожежний захист.
- 3) Тепловий захист.
- 4) Теплотривкість.
- 5) Звукоізоляція.
- 6) Дифузія і конденсація водяної пари.
- 7) Антикорозійний захист та хімічна стійкість.
- 8) Довговічність.
- 9) Ремонтопридатність.
- 10) Комфортні умови проживання.
- 11) Колірні та архітектурні рішення.

Постановка завдання. Розробити критерії та систему оцінки для вибору оптимальних конструктивно-технологічних рішень термомодернізації для окремих огорожувальних конструкцій.

Методи дослідження. Для дослідження поставленої у роботі мети використано методи аналізу і синтезу, історичний, статистичний,

ретроспективного аналізу, аналітичного групування; метод математичного моделювання, експертних оцінок, послідовних ітерацій.

Основна частина. Оцінка та вибір оптимальних конструктивних рішень має здійснюватися в декілька етапів. На першому етапі здійснюється аналіз представлених на ринку України та Європи систем теплоізоляції огорожувальних конструкцій (фасадів, покрівель, вікон, перекриття над неопалювальним підвалом) та відкидаються ті, які:

- технічно неможливо застосувати при термомодернізації будівель шкіл;
- мають суттєві недоліки з технічної точки зору;
- за своєю вартістю та вартістю влаштування є в декілька разів дорожчими ніж інші системи з такими ж технічними характеристиками.

Для вибору оптимальних технічних рішень з термомодернізації шкіл, за рештою систем має бути проведений більш ретельний порівняльний аналіз.

Як показує аналіз літературних джерел, кожна теплоізоляційна система може бути оцінена за цілою низкою показників, що характеризують її різні властивості, які залежать від складу системи – теплоізоляційного матеріалу, його опорядження та додаткових ізоляційних матеріалів (гідроізоляція, пароізоляція тощо).

Основою кожної теплоізоляційної системи є теплоізоляційний матеріал (шар), який визначає основні теплотехнічні показники системи. Опоряджувальний та ізоляційні шари в основному виконують захисні та естетичні функції.

Вибір теплоізоляційного матеріалу (теплоізоляційної системи) має здійснюватись з урахуванням природнокліматичних умов району будівель шкіл, архітектурно-конструктивних рішень щодо формування фасадів та архітектурно-планувальних рішень всередині будівель і властивостей матеріалів, який буде виконуватись відповідно до структурної моделі еколого-економічного моніторингу та розрахунків щодо умов експлуатації – температура і вологість матеріалу, що визначають перенос тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях.

До властивостей теплоізоляційних матеріалів висувають ряд вимог:

- низька теплопровідність ;
- стійкість до коливань температур при експлуатації;
- однорідність властивостей;
- оптимальна густина;
- низький рівень займистості і вибухонебезпечності;
- міцність при транспортуванні і монтажі;
- волого та водостійкість;
- стійкість до атмосферних впливів;
- стійкість до впливу комах;
- хімічна стійкість;
- нешкідливість для людини.

Здатність утримувати повітря – одна з найважливіших характеристик теплоізоляційного матеріалу, так як повітря володіє низькою теплопровідністю.

Прийняття рішення щодо вибору варіантів технічних рішень для здійснення термомодернізації має ґрунтуватись на їх всебічній оцінці, для чого має бути сформована відповідна система критеріїв.

З урахуванням проаналізованих підходів до оцінки систем утеплення огорожувальних конструкцій, вимог нормативних документів та власного досвіду щодо розробки проектів термомодернізації будівель, обстеження

технічного стану існуючих будівель тощо нами було розроблено власну систему оцінки та вибору технічних рішень з термомодернізації.

Не викликає сумнівів що, для всіх утеплюючих систем найважливішим є забезпечення заданого рівня опору теплопередачі. Тому при створенні системи оцінки, ми виходили з того, що всі технічні рішення термомодернізації одного конструктивного елементу, що порівнюються, забезпечують однаковий, заданий нормами, рівень опору теплопередачі.

Переліки критеріїв, складені з урахуванням доцільності оцінки різних властивостей систем для різних огороджувальних конструкцій наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік критеріїв для оцінки технічних рішень термомодернізації фасадів, конструкції підлоги першого поверху, перекриття над неопалюваним підвалом та покриття

Назва критерію	Використання критерію при оцінці					
	фасаду	Вага критерію та розподіл ваги підкритеріє	конструкції підлоги першого поверху, перекриття над неопалюваним підвалом	Вага критерію та розподіл ваги підкритеріє	покриття	Вага критерію та розподіл ваги підкритеріє
1	2	3	4	5	6	7
1. Густина утеплювача	+	0,04	+	0,03	-	
2.Теплотехнічна однорідність	+	0,04	+	0,04	+	0,09
3.Дифузія і конденсація водяної пари	+	0,04	+	0,05	+	0,02
3.1.Гігроскопічність	+	0,01	+	0,025	+	0,01
3.2.Паропроникність	+	0,01	+	0,025	+	0,01
4.Вплив ґрунтових вод	-		+	0,03	-	
5.Екологічність	+	0,2	+	0,2	+	0,2
5.1.Вогнетривкість	+	0,12	+	0,06	+	0,07
5.2.Хімічна стійкість	+	0,02	+	0,03	+	0,03
5.3.Біологічна стійкість	+	0,03	+	0,03	+	0,03
5.4.Шкідливість	+	0,03	+	0,08	+	0,07
6.Надійність і стабільність	+	0,2	+	0,2	+	0,2
6.1. Вплив власної ваги системи	+	0,03	+	0,07	+	0,03
6.2. Вплив гідротермічних навантажень за рахунок щоденних і сезонних коливань температури і вологості повітря	+	0,03	+	0,03	+	0,04
6.3. Вплив деформації при усадці	+	0,02	+	0,05	+	0,03

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
6.4. Ударна міцність	+	0,05	+	0,05	+	0,04
6.5. Вплив вітрового напору та вітрового відсмоктування	+	0,03	-		+	0,03
6.6. Вплив сонячної радіації	+	0,02	-		+	0,03
7. Ремонтпридатність	+	0,04	-		+	0,08
8. Сезонність виконання робіт	+	0,04	-		+	0,05
9. Забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи	+	0,1	+	0,1	+	0,07
9.1. Можливість взаємозамінності застосовуваних в системі утеплення елементів	+	0,01	-		+	0,01
9.2. Необхідність підготовки поверхні для кріплення системи	+	0,02	+	0,04	+	0,01
9.3. Обсяг додаткових витрат на виконання індивідуального проекту	+	0,01	-		+	0,01
9.4. Трудомісткість робіт	+	0,01	+	0,02	+	0,01
9.5. Необхідна кваліфікація виконавців	+	0,03	+	0,04	+	0,01
9.6. Кількість типорозмірів виробів, що використовуються в системі	+	0,02	-		+	0,01
9.7. Кількість технологічних процесів	-		-		+	0,01
10. Економічний (економічна ефективність)	+	0,2	+	0,2	+	0,2
10.1. Вартість влаштування 100 м2 системи	+	0,1	+	0,1	+	0,15
10.2. Витрати на експлуатацію системи протягом 25 років (розрахунок на 100м2)	+	0,05	+	0,07	+	0,05
10.3. Ступінь збільшення опору теплопередачі конструкції за умови збільшення товщини шару утеплюючого матеріалу, а отже і його вартості на 10%.	+	0,05	+	0,03	-	
11. Звукоізоляція	+	0,02	+	0,05	+	0,02
12. Теплопровідність тепло ізолюючого шару	+	0,04	<i>В умовах експлуатації</i>	0,1		
13. Художньо-естетичний	+	0,04	-		+	0,05

Розроблена нами система оцінки технічних рішень термомодернізації огорожувальних конструкцій передбачає, що оцінка по критеріях, які мають підкритерії, визначається, як сума оцінок підкритеріїв [12]. 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_0) визначається, як сума оцінок по кожному з критеріїв (K_i) з урахуванням відповідних вагових коефіцієнтів (a_i, c_i), що враховують важливість кожного з критерію чи підкритерію (k_i):

Вагові коефіцієнти критеріїв для оцінки різних видів огорожувальних конструкцій були визначені експертним шляхом та представлені в табл. 1.

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

На рис. 1 представлені результати експертної оцінки систем термомодернізації фасадів будівель шкіл.

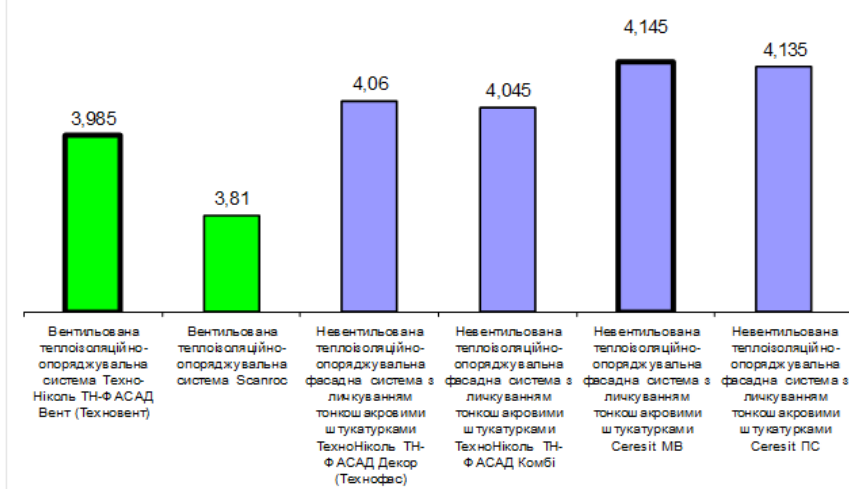


Рис. 1. Результати експертної оцінки систем термомодернізації фасадів будівель шкіл

Висновки. Розроблена нами система критеріальної оцінки для конструктивно-технологічних рішень термомодернізації містить низку показників, які враховують фізико-хімічні властивості утеплювача, екологічність, надійність і стабільність системи теплоізоляції, технологічні фактори - такі як ремонтпридатність, сезонність виконання робіт, забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи, здатність до звукоізоляції, економічність, художню ефективність. Така система оцінки дозволяє всебічно оцінити конструктивно-технологічне рішення та обрати оптимальне.

Список літератури:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків К.: ДП «Архбудінформ». – 2015

3. ДСТУ-Н Б А.2.2-13: 2015 «Енергетична ефективність будівель. Настава з проведення енергетичної оцінки будівель». Режим доступу: <http://bit.do/ftWBP>
4. ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель». К.: Мінрегіонбуд, 2017.
5. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / Максимов А.С. та інші. – AMU, USAID, 2015. –184 с.
6. Беленкова О.Ю. Економічна оцінка заходів з підвищення енергоефективності/ О.Ю. Беленкова, Т.Ю. Цифра, О.В. Мацапура, І.О. Остапенко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, вип.36, 2018 – С.78-82.
7. Меньлюк О.І. Аналіз нових конструктивних рішень енергоефективних огорожувальних стінових конструкцій/ Меньлюк О.І., Черепашук Л.А., Олійник Н.В. // «Молодий вчений», № 1 (53), 2018. – С.435-439
8. Ратушняк Г. С, Ратушняк О. Г. Управління енергозберігаючими проектами термомодернізації будівель. Навчальний посібник. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. - 130 с.
9. Беленкова О.Ю. Економічна оцінка заходів з підвищення енергоефективності/ О.Ю. Беленкова, І.О. Остапенко // Будівельне виробництво. – 2013. - Вип. 55. - С.28 - 31.
10. Системи із жорстким закріпленням утеплювача в стіні. Електронний ресурс: Режим доступу: [<http://www.aspectplus.com.ua/content/view/82/60/lang.ua/>]
11. Александров А. В. «СтройПРОФИль» № 4-05. Електронний ресурс: Режим доступу: [<http://stroyprofile.com/archive/1704>]
12. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведення аналітичних досліджень та розробка принципів будівельно-технічних рішень щодо проведення комплексної термомодернізації будинків загальноосвітніх шкіл бюджетного утримання (на прикладі 6 проектів) з обґрунтуванням доцільності для повторного застосування» договір № Н-14/296-2012 від 24.10.2012.-К.:ДП НДІБВ, 2013
13. Підготовка проектних пропозицій із чистої енергії: практичний посібник / Під загальною редакцією Тормосова Р.Ю., Романюк О.П., Сафіуліної К.Р. – К.:ТОВ «Поліграф плюс», 2015. 176 с.

References:

1. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings" of 22.06.2017 No. 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. DSTU-N B V.3.2-3:2014 (2015) Nastanova z vykonannya termomodernizatsii zhytlovykh budynkiv K.: DP «Arkhbudinform».
3. DSTU-N B A.2.2-13:2015 —Energy efficiency of buildings. Guidelines for the energy assessment of buildings. URL: https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/11/1783_-_2.2-13_2015.pdf.
4. DBN B.2.6 - 31:2016 "Thermal insulation of buildings" (2017), Minregionbud, Kyiv.
5. Enerhoefektyvnist v munitsypalnomu sektori. Navchalnyi posibnyk dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannya (2015) / Maksymov A.S. ets. – AMU, USAID.
6. Bielienkova O.Iu., Tsyfra T.Iu., Matsapura O.V. & Ostapenko I.O. (2018) Ekonomichna otsinka zakhodiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn.* 36.78-82.
7. Menejliuk O.I., Cherepaschuk L.A., Olijnyk N.V. Analysis of new constructive

solutions of energy efficient heating constructions. *Molodyj vchenyj*, issue 1 (53), 2018. – pp.435-439

8. Ratushniak H. S, Ratushniak O. H. (2009) *Upravlinnia enerhozberhaiuchymy proektamy termorenovatsiii budivel'*. Navchal'nyj posibnyk. [Management of energy-saving projects of thermal renovation of buildings. Tutorial.] UNIVERSUM, Ukraine, Vinnytsia.

9. Bielienkova, O.Yu., Ostapenko, I.O. (2013) *Ekonomichna otsinka zakhodiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti. Budivnelne vyrobnytstvo*. 55. 28 - 31.

10. Systems with rigid fixing of a heater in a wall. Electronic resource: Access mode: [http://www.aspectplus.com.ua/content/view/82/60/lang,ua/]

11. Aleksandrov A. V. «StrojPROFYI!» № 4-05. Electronic resource: Access mode: [http://stroyprofile.com/archive/1704]

12. *Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Provedennia analitychnykh doslidzhen ta rozrobka pryntsyropykh budivnelno-tekhnychnykh rishen shchodo provedennia kompleksnoi termomodernizatsii budynkiv zahalnoosvitnikh shkil biudzhetnoho utrymattia (na prykladi 6 proektiv) z obgruntuvanniam dotsilnosti dlia povtornoho zastosuvannia»* (2013).-К.:DP NDIBV.

13. Tormosov, R.Iu., Romaniuk, O.P., Safiulina, K.R. (2015) *Pidhotovka proektnykh propozytsii iz chystoi enerhii: praktychni posibnyk*. – К...:TOV «Polihraf plus».

А.С. Максимов, И.В. Вахович

Выбор оптимальных технических решений термомодернизации зданий школ

Анализ наиболее распространенных конструктивно-технологических решений, используемых при термомодернизации, показал невозможность осуществления выбора оптимального решения для отдельной ограждающей конструкции только по прямой оценке физико-механических и технико-экономических характеристик.

Предложено осуществлять выбор оптимального конструктивно-технологического решения в проектах термомодернизации из всех возможных в два этапа. На первом этапе необходимо отбросить те решения, реализация которых для данного типа здания технически невозможна или экономически или технически нецелесообразно. На втором - осуществить оценку по системе показателей, комплексно характеризующих конструктивно-технологическое решение.

В статье на основе анализа литературных источников и собственного опыта авторов по разработке и сопровождению проектов термомодернизации, разработана система критериальной оценки для конструктивно-технологических решений термомодернизации. Система критериальной оценки для конструктивно-технологических решений термомодернизации содержит ряд показателей, которые учитывают физико-химические свойства утеплителя, экологичность, надежность и стабильность системы теплоизоляции, технологические факторы - такие как ремонтпригодность, сезонность выполнения работ, обеспечение высокого качества работ за счет технологичности системы, способность к звукоизоляции, экономичность, художественную эффективность. Методом экспертных оценок для каждого критерия и подкритерия определен его вес в общей оценке. Разработанная нами система оценки технических решений термомодернизации ограждающих конструкций предусматривает, что оценка по критериям, которые имеют подкритерии, определяется, как сумма оценок подкритериев. Оценка критериев осуществляется по пятибалльной шкале. Оптимальным техническим решением признается то решение, которое получило высшую оценку по суммарному показателю.

Ключевые слова: *термомодернизация, оптимальные конструктивно-технологические решения, оценка технических решений термомодернизации, утепление ограждающих конструкций.*

A. Maksymov, I. Vakhovych

Selection of optimal technical solutions for thermal modernization of school buildings

Analysis of the most common design and technological solutions used in thermal modernization, showed the impossibility of choosing the optimal solution for a single enclosing structure only by direct assessment of physical, mechanical and technical and economic characteristics.

It is proposed to select the optimal design and technological solution in thermal modernization projects from all possible in two stages. At the first stage, it is necessary to discard those solutions, the implementation of which for this type of building is technically impossible or economically or technically impractical. In the second - to assess the system of indicators that comprehensively characterize the design and technological solution.

In the article, based on the analysis of literature sources and the authors' own experience in the development and maintenance of thermal modernization projects, a system of criterion evaluation for structural and technological solutions of thermal modernization is developed. The criterion evaluation system for structural and technological solutions of thermal modernization contains a number of indicators that take into account the physicochemical properties of the insulation, environmental friendliness, reliability and stability of the insulation system, technological factors such as maintainability, seasonality, high quality of work due to system technology, ability to sound insulation, economy, artistic efficiency. The method of expert evaluations for each criterion and sub-criterion determines its weight in the overall evaluation. The system of evaluation of technical decisions of thermal modernization of enclosing designs developed by us provides that the estimation on criteria which have subcriteria is defined as the sum of estimations of subcriteria. The evaluation of the criteria is carried out on a five-point scale. The optimal technical solution is the solution that received the highest score on the total.

Keywords: *thermal modernization, optimal constructive-technological decisions, estimation of technical decisions of thermal modernization, warming of enclosing designs.*

Посилання на статтю

APA: Maksymov, A. & Vakhovych, I. (2020). Selection of optimal technical solutions for thermal modernization of school buildings. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 185-194.

ДСТУ: Максимов А.С. Вибір оптимальних технічних рішень термомодернізації будівель шкіл [Текст] / А.С. Максимов, І.В. Вахович // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 185-194.