

УДК 725

к.т.н., доцент Гетун Г.В.,  
GainaGetun@ukr.net, ORSID: 0000-0002-3317-3456,  
Лесько І.М., , lesko@sweetondale.cz>, ORSID: 0000-0003-2515-5220,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СУМІЩЕНИХ ПОКРИТТІВ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

*Наведені пропозиції щодо актуалізації нормативних вимог до вибору типів складових шарів суміщених покриттів. Представлені параметри вибору дозволяють проектувати технічно, економічно та екологічно раціональні системні рішення покриттів будівель.*

*Ключові слова: суміщені покриття; параметри огорожувальних конструкцій; вибір оптимального рішення; життєвий цикл будівель.*

**Вступ.** Покриття формують силуети мегаполісів, відіграють важливу роль в архітектурній панорамі міст і, найголовніше, – впливають на довговічність будівель. Передумовою для виконання цих функцій є знаходження оптимальних параметрів для проектування раціональних конструктивних рішень, що гарантують забезпечення необхідного температуро-вологісного режиму експлуатації внутрішніх приміщень.

На даний момент проектування покриттів будівель в Україні необхідно виконувати згідно з вимогами ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд» [4]. Основними положеннями даного нормативу є: раціональний вибір конструкції покриття з урахуванням *архітектурно-будівельних і економічних показників*, забезпечення надійного відведення води з покрівлі, забезпечення урахування експлуатаційних навантажень та кліматичних впливів на покриття.

Разом з цим, відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [3], *енергетична ефективність будівель* – це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного *життєвого циклу* будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов.

**Постановка завдання.** У зв'язку з наявністю широкої номенклатури ізоляційних матеріалів, що мають різні техніко-економічні показники, виникає необхідність уточнення вимог [3, 4], які не регламентують вибір конкретних

типів шарів покриття будівлі, з яких може складатись оптимальна покрівельна система та урахування витрат на її повний життєвий цикл для забезпечення енергетичної ефективності як окремого огорожувального елемента, так і будівлі в цілому.

**Основна частина.** Покриття – це будівельна система (гідро- і термоізолююча оболонка), основними функціональними призначеннями якого є захист приміщень і конструкцій будівлі від проникнення зовнішньої вологи, сприйняття атмосферних впливів, збереження тепла та підтримання комфортних умов в приміщеннях.

Покриття будівель класифікують: за об'ємно-планувальними рішеннями – горищні (з горищним простором) або безгорищні; за геометричною формою та умовами водовідведення – похилі або плоскі; за системою ізоляції – холодні, теплі або суміщені [7]. В будівлях висотою понад 18 м за вимогами [4] передбачається внутрішнє водовідведення води, а тому проектують переважно плоскі покриття. В умовах щільної забудови міст та висотних обмежень для багатопверхових житлових і нежитлових будівель саме плоскі суміщені покриття формують основну частку прийнятих рішень.

Типи системного складу суміщених покриттів повинні враховувати не тільки конструктивні параметри, а й технологічні, економічні, експлуатаційні й екологічні вимоги до будівель:

- вид функціонального призначення будівлі;
- експлуатаційного навантаження та кліматичних впливів на покрівельний килим;
- ваги 1 м<sup>2</sup> покриття;
- типу несучої конструкції покриття;
- порядку розміщення основних елементів покриття;
- вартості матеріалів, монтажу, експлуатації та їх утилізації (життєвого циклу).

Досвід кращих світових практик засвідчує, що врахування вартості життєвого циклу при проектуванні покриттів будівель підвищує їх інвестиційну привабливість, дозволяє прогнозувати і точно оцінювати ефективність витрат на споруду в цілому. Розрахунок вартості життєвого циклу покриття – одна з головних форм аналізу ефективності прийнятих рішень за ISO 15686-5:2017 [1].

Вимоги до енергоефективності будівлі та її життєвого циклу також використовуються в системі добровільної сертифікації LEED [2], що розроблена Радою по «зеленому» будівництву США. Проектувальники, інженери, будівельники, власники будівель, керуючі компаній шляхом застосування сучасних підходів до проектування, врахування природних й

інфраструктурних особливостей майданчика, потреб кінцевих користувачів створюють якісні, довговічні, енергоефективні та привабливі об'єкти.

Проте, задача вибору оптимального рішення конструкцій покриття будівлі в практиці українського проектування з урахуванням наведених критеріїв зазвичай не розглядається, а погодження варіантів здійснюється на основі ординального вибору (конкретного технічного завдання, що ґрунтується на попередньому досвіді замовника; досвіді в предметній галузі проектувальника, його ставлення до проблеми, зацікавленості у результаті, особистісних якостей; зовнішньої мотивації, впливу думок інших експертів, впливу відповідальності за використання результату експертизи тощо).

Загальну схему прийняття рішень при проектуванні покриття будівлі можна описати в такому вигляді схеми наведеної на рис. 1. Кожен блок 1 – 5 наведеної схеми потребує конкретизації та певної формалізації. Задача із заданою множиною альтернатив і принципом оптимальності є загальною задачею оптимізації, зміст якої полягає у виділенні множини кращих альтернатив. При умові, що принцип оптимальності задається множиною критеріальних функцій, необхідно розв'язувати задачу багатокритеріальної оптимізації [15].



Рис. 1. Схема прийняття рішень при проектуванні покриття будівлі

Отже, аналіз варіантів при виборі оптимального конструктивного рішення покриття будівлі зводиться до задачі багатокритеріальної оцінки альтернатив. Згідно класифікації системного аналізу [14], усі проблеми вибору поділяють на три класи:

- добре структуровані (*well-structured*), або кількісно сформульовані проблеми, у яких суттєві залежності виявлені дуже добре;

- не структуровані (*unstructured*) або якісно виражені проблеми, що містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак та характеристик, кількісні залежності між якими абсолютно невідомі;
- слабо структуровані (*ill-structured*), або змішані проблеми, які містять як кількісні елементи, так і якісні, не до кінця з'ясовані показники.

Враховуючи, що проектування огорожувальних конструкцій будівель різного типу є складним процесом, містить якісні та кількісні складові, задачу вибору оптимальних конструктивних рішень суміщених покриттів можна віднести до слабо структурованих задач вибору.

Найбільш поширеними є дві групи методів вибору раціональних рішень: ординарного і кардинального.

Група методів ординарного вибору виконує упорядкування  $n$ -варіантів, яке здійснюється групою експертів. З їх індивідуальних оцінок знаходиться групова оцінка [12]. Для отримання експертних оцінок з прийнятним рівнем точності застосовується зазвичай метод Дельфі – процедура отримання експертних оцінок шляхом неодноразового опитування групи спеціалістів [16]. Метод експертних оцінок по суті є універсальним по відношенню до вирішення задач багатокритеріального вибору, проте насправді працює лише із зовнішніми аспектами прийняття рішення, не торкаючись процедурної частини проблеми.

Друга група методів кардинального вибору заснована на критеріальній оцінці альтернатив [11]. Класифікація критеріальних задач вибору наведена на рис. 2 [6].

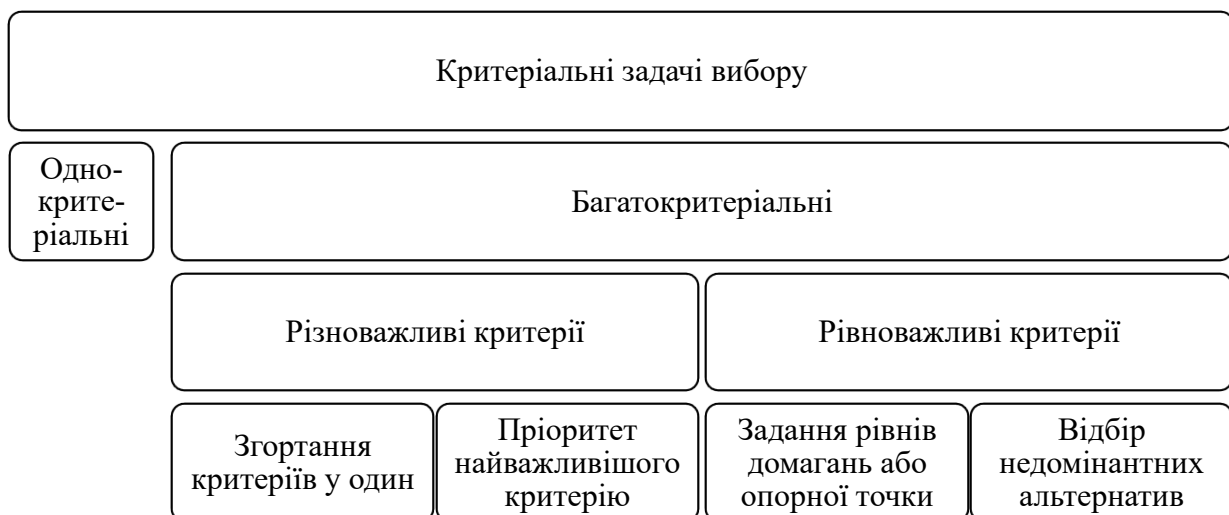


Рис. 2. Класифікація критеріальних задач вибору

Висновки. Таким чином задача вибору оптимального рішення огорожувальної конструкції покриття на стадії проектування може бути

визначена як задача багатокритеріального кардинального вибору альтернатив з різноважливими критеріями зі скінченої множини допустимих рішень при вирішенні слабкоструктурованої проблеми з чітко заданими розподіленими параметрами. Серед ключових параметрів і обмежень для суміщених покриттів виділяємо:

- тип несучої основи: профлист, монолітна залізобетонна плита, збірні залізобетонні плити (багатопустотні, ребристі, суцільні), комбінований;
- тип фінішного покриття: експлуатоване чи неексплуатоване (з визначенням індексу відбиття сонячного випромінювання *SRI*), озеленене;
- інтенсивність обслуговування покрівлі (обмежений доступ до даху, обслуговування покрівлі, наявність та розміщення обладнання);
- вимоги протипожежної безпеки: вогнестійкість *REI*, межа поширення полум'я *M*; група горючості матеріалів *G*; технології монтажу матеріалів із/без застосування відкритого полум'я;
- тип приміщень, розташованих безпосередньо під суміщеним покриттям: з нормальною/підвищеною вологістю, температурний режим;
- технологічні вимоги: місце розташування об'єкту (врахування регіональності використовуваних матеріалів і їх складових), сезонність виконання робіт;
- управління будівельними відходами: використання матеріалів, що придатні до переробки;
- вартість життєвого циклу.

**Бібліографічний список:**

1. ISO 15686-5:2017 Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing.
2. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 2009 For New Construction and Major Renovations Rating System / U.S. Green Building Council / 2101 L Street, NW / Suite 500 / Washington, DC 20037.
3. ДБН В.2.6-31:2016 Конструкції будинків і споруд. *Теплова ізоляція будівель*. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 65 с.
4. ДБН В.2.6-220:2017 Конструкції будинків і споруд. *Покриття будівель і споруд*. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 43 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Конструкції будинків і споруд. *Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель*. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013.
6. Білик А.С. Вибір оптимальних конструктивних рішень сталевих ферм покриттів: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Білик Артем Сергійович; Київський національний університет будівництва та архітектури - К., 2009. – 26.
7. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування: Підручник/ Гетун Г.В.– К.: КОНДОР, 2011. – 378 с.
8. Дакстейн Л. Многокритериальная оптимизация при проектировании конструкций. Проблема выбора модели / Хог Э., Арора Я., Дакстейн Л. и др. // Новые направления оптимизации в строительном проектировании, — М.: Стройиздат, 1989. – С. 368-390.
9. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель».
10. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. / Кини Р.Л., Райфа Х. — М.: Радио и связь, 1981. - 560 с.
11. Микони С.В. Выбор и упорядочение объектов с иерархической системой показателей. SCM'2000, / Микони С.В., Козченко, Р.В., Созоновский П.Г. — СПб.: СПГЭТУ, 2000. – С. 12-19.
12. Микони С.В. Выбор наилучших вариантов из баз данных // Сборник докладов конф. по мягким вычислениям и измерениям. SCM99, / Микони С.В., Козченко, Р.В., Созоновский П.Г. — СПб.: СПГЭТУ, 1999. - С. 3-14.
13. Многокритериальные системы при неопределенности и их приложения: межвуз. сб. науч. тр. / В.И. Ухоботов (отв. ред.) и др. — Челябинск.: Башкирский ун-т, Челябинский ун-т, 1988. – 146 с.
14. Многокритериальный выбор при решении слабоструктуризированных проблем// сб. ст. / Отв. ред. С.В. Емельянов — М.: ВНИСИ, 1978 - 109 с.

15. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. – 336 с.
16. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер. с англ. / А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс и др.; Под ред. Р. Форсайта. - М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.: ил.

к.т.н., доцент Гетун Г.В., Лесько И.Н.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

### **ВИБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

В данной статье приведены предложения по актуализации нормативных требований к выбору типов составляющих слоев совмещенных покрытий. Представленные параметры выбора позволят проектировать технически, экономически и экологически рациональные системные решения покрытий зданий.

Ключевые слова: совмещенные покрытия; параметры ограждающих конструкций; выбор оптимального решения; жизненный цикл зданий.

Associate Professor Getun G.V, Lesko I. N.,  
Kyiv National University of Construction and Architecture

### **TECHNICAL SOLUTIONS OPTIMIZATION FOR COMBINED FLAT ROOFS OF BUILDINGS WITH AN ALLOWANCE FOR ITS LIFE CYCLE**

Suggestions for actualization regulatory requirements of the flat roof layer type selection are made in this article. Given parameters allow to design technically, economically and environmentally efficient system solutions for combined flat roofs.

Keywords: combined flat roof; envelope parameters; solution optimization; building life-cycle.