

## Технологічний аналіз варіативного проєктування багатофункціональних покрівель

Олександр Руденко, магістр <sup>1</sup>(ORCID: 0009-0001-8476-562X),

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

### АНОТАЦІЯ

Влаштування багатофункціональних покрівель є складним та багатоступінчастим процесом, що включає кілька етапів залежно від типу покрівельної системи. Важливими параметрами для оцінки ефективності виконання робіт є тривалість, питомі трудомісткість та собівартість на 1 м<sup>2</sup>. Традиційні покрівлі мають меншу тривалість виконання, трудомісткість та собівартість порівняно з багатофункціональними системами, такими як «зелені» покрівлі та сонячні панелі. Зокрема, «зелені» покрівлі потребують більше часу та зусиль для монтажу через складність конструкцій, а сонячні панелі вимагають специфічних електричних знань і матеріалів, що значно збільшує собівартість. Водночас, багатофункціональні покрівлі забезпечують значні переваги з точки зору енергозбереження та екологічної сталості, що робить їх перспективними для майбутніх будівельних проєктів.

*Ключові слова:* багатофункціональні покрівлі, «зелені» покрівлі, сонячні панелі, тривалість робіт, трудомісткість, собівартість робіт.

### 1. ВСТУП

Багатофункціональні покрівлі – це покрівлі, що поєднують в собі декілька функцій: захист від атмосферних впливів, тепло- та звукоізоляція, а також можливість використання їх для енергетичних або інших практичних цілей (наприклад, під «зелені» покрівлі, сонячні міні електростанції чи паркування) [1]. Такі покрівлі мають конструктивні особливості, що дозволяють зберігати їх функціональність при зміні умов навколишнього середовища.

### 2. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРІВЕЛЬ

*Механічна міцність.* Покрівля повинна витримувати навантаження від додаткових елементів. Наприклад, для зелених покрівель – навантаження від ґрунту та окремих масивних насаджень; для сонячних панелей та елементів зони відпочинку – статичні навантаження від власної ваги й динамічні навантаження від дії вітру.

*Гідроізоляція.* Висока водонепроникність є критично важливою для багатофункціональних покрівель, оскільки покрівля повинна захищати будівлю від проникнення води і вологи, а також відводити дощову воду з врахуванням неможливості поточних ремонтів в довгий період часу – поки виконується експлуатація покрівлі як майданчика з додатковим функціоналом.

*Теплоізоляція.* Виконання багатофункціональної покрівлі може покращити енергетичну ефективність будівлі або вимагати перегляду традиційного варіанту утеплення на користь армованого та/або з підвищеною несучою здатністю.

*Вентиляція.* Наявність вентиляційних елементів на покрівлі (наприклад, простори для повітряного потоку під покриттям) для запобігання накопиченню вологи і забезпечення природної циркуляції повітря.

*Довговічність.* Основна експлуатаційна ознака як покрівельного матеріалу, так і конструкції покрівлі в цілому, що обумовлює витрати на її експлуатацію та

поточні й капітальні ремонти, що впливає на вартість конструкції [2].

### 3. ТИПИ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРІВЕЛЬ

*Покрівельні мембрани.* Один з найпоширеніших матеріалів для покриття дахів промислових споруд та малоухильних покрівель з великою кількістю складних вузлів примикань. Мембрани є пластичними, герметичними, забезпечують водонепроникність та довговічність покриття. Найчастіше застосовуються в багатофункціональних покрівлях під поля сонячних панелей, як основа під зони відпочинку, паркінги (з відповідним армуванням та товщиною підосновних шарів).

*Бітумні матеріали.* Використовуються для створення багатошарових систем з високою стійкістю до зовнішніх впливів. Як правило, застосовуються на покрівлях під поля сонячних панелей.

*Металеві покриття («профнастил»).* Використовуються як для мало ухильних (в основному у вигляді «сандвіч-панелей»), так і для скатних покрівель. Можуть використовуватися для розміщення сонячних панелей, забезпечуючи при цьому необхідну міцність і довговічність.

### 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРІВЕЛЬ

При влаштуванні багатофункціональних покрівель важливо розглядати кілька ключових технологічних параметрів, а саме: тривалість робіт, питомі трудомісткість та собівартість.

При виконанні порівняльного аналізу технологічних параметрів з влаштування багатофункціональних покрівель в якості еталонного варіанту традиційної покрівлі було прийнято параметри плоскої рулонної покрівлі з руберойду.

#### 4.1. Тривалість робіт

*Традиційні покрівлі (м'які, бітумні, металеві).* За умов типової покрівельної конструкції, влаштування покриття

зазвичай займає менше часу, порівняно з багатофункціональними системами. В залежності від типу покриття, складності конфігурації тощо тривалість може варіюватися від 3 до 7 днів на 100 м<sup>2</sup>.

*«Зелені» покрівлі.* Тривалість робіт: Монтаж зелених покрівель займає більше часу (від 10 до 15 днів на 100 м<sup>2</sup>), оскільки передбачає додаткові етапи, такі як укладання ґрунту, монтаж зрошувальних систем, а також посадка рослин. Збільшення часу є результатом складності технологічного процесу (покрівельна система + рослинний шар).

*Сонячні панелі.* Встановлення сонячних панелей може тривати від 5 до 10 днів на 100 м<sup>2</sup> в залежності від складності системи та кількості необхідних компонентів. Час збільшується через необхідність електричних підключень, монтажу інверторів і проведення електричних тестів.

#### 4.2. Трудомісткість робіт

*Традиційні покрівлі.* Влаштування традиційних покрівель зазвичай вимагає середньої трудомісткості. Це включає підготовку поверхні, укладання матеріалу та герметизацію швів. Трудовитрати на 1 м<sup>2</sup> складають приблизно 1-1,5 людино-днів.

*«Зелені» покрівлі.* Висока трудомісткість через необхідність створення багат шарового покриття, укладання системи дренажу та рослинних елементів. Для такого виду покрівель трудовитрати можуть становити до 3 людино-днів на 1 м<sup>2</sup>.

*Сонячні панелі.* Монтаж сонячних панелей вимагає специфічних знань з електричних систем і кріплення, що робить трудовитрати досить великими. В середньому трудомісткість на 1 м<sup>2</sup> становить 1,5-2 людино-днів.

#### 4.3. Собівартість робіт

*Традиційні покрівлі.* Вартість матеріалів і робіт є меншою в порівнянні з іншими покрівлями. Собівартість становить 100-150 грн./м<sup>2</sup> залежно від матеріалу покриття.

*«Зелені» покрівлі.* Собівартість робіт зростає через необхідність влаштування додаткових конструктивних шарів: ґрунту, рослинності, дренажних систем, спеціалізованих покрівельних шарів. Орієнтовна вартість на 1 м<sup>2</sup> може починатись від 300-500 грн.

*Сонячні панелі.* Висока собівартість покрівлі визначається високою вартістю сонячних панелей, електричних компонентів та системи кріплення. Собівартість на 1 м<sup>2</sup> може перевищувати 1000-1500 грн., залежно від системи.

### 5. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

«Зелені» покрівлі та сонячні панелі як найбільш поширені варіанти сучасних багатофункціональних покрівель мають значний потенціал використання у порівнянні з іншими покрівлями. Кожен із цих елементів має свої переваги і перспективи.

*«Зелені» покрівлі* сприяють зниженню рівня вуглекислого газу в атмосфері, оскільки рослини активно поглинають CO<sub>2</sub>. Вони також фільтрують повітря від пилу та шкідливих речовин, підвищуючи його якість, завдяки рослинному шару знижують температуру навколишнього середовища (ефект «міського теплового острова») шляхом випаровування та відбиття сонячних променів. «Зелені» покрівлі є відмінними теплоізоляторами. Вони

допомагають підтримувати стабільний мікроклімат в будівлі, зменшуючи витрати на опалення в холодний період і охолодження в літній час. Це дозволяє знижувати енергоспоживання. Також «зелені» покрівлі виконують функцію збереження і регулювання дощових вод. Вони поглинають дощову воду, зменшуючи навантаження на системи водовідведення. Такі покрівлі значно покращують зовнішній вигляд будівель. Вони додають зелених зон навіть у міських умовах, підвищуючи естетичну цінність архітектури [3].

Одним з перспективних напрямків розвитку технологій «зелених» покрівель є застосування новітніх субстратів, які забезпечують ще кращу водозбірну та дренажну функцію, що дозволить знизити витрати на обслуговування та підвищити довговічність таких покрівель.

*Сонячні панелі* на покрівлі дозволяють генерувати електричну енергію безпосередньо на місці споживання. Це значно знижує залежність від традиційних джерел енергії і забезпечує автономність будівлі. В деяких випадках надлишок енергії може бути переданий в загальну мережу, що додатково приносить дохід.

Використання сонячної енергії дозволяє зменшити викиди парникових газів у атмосферу, адже це є чисте, відновлювальне джерело енергії, що не має шкідливих викидів у процесі виробництва електрики.

Будівлі з встановленими сонячними панелями мають більший попит на ринку нерухомості. Потенційні покупці оцінюють енергетичну ефективність будівлі як важливу характеристику, що може сприяти підвищенню її вартості.

Однією основних умов поширення багатофункціональних покрівель під сонячні панелі є розвиток новітніх технологій масового виробництва ефективних панелей, які зможуть генерувати більше енергії при менших розмірах, збільшити продуктивність і зменшити витрати на установку.

«Зелені» покрівлі та сонячні панелі мають численні переваги порівняно з традиційними покрівлями, у сфері екології, енергетичної ефективності та економії. Їх впровадження є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та енергоефективності, що відповідає сучасним вимогам до будівництва та експлуатації нерухомості.

#### Список літератури

- [1] Бабич Ю., Шпакова Г. Озеленення конструкцій – майбутнє мегаполісів. International Scientific-Practical Conference of young scientists «Build-Master-Class-2019». – 27-29.11.2019, Kyiv, Ukraine. P. 168-169.
- [2] Shpakova H., Shpakov A. Architectonics problems of modern city in the context of the biosphere-compatible construction. AIP Conference Proceedings, 2490(1), 060002. 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0150422>
- [3] Новосельчук Н. Є. Принципи архітектурно-планувальної організації даху, що експлуатується. Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архітектура. – 2009. – № 2. – С. 84-89.

<sup>i</sup> Робота виконана під керівництвом д-ра екон. наук, проф. кафедри будівельних технологій Ганни Шпакової.