

СУЧАСНІ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПЛОСКИХ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ПОКРІВЕЛЬ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ТА ЇХ ОЦІНКА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто сучасні конструктивно-технологічні рішення плоских експлуатованих покрівель громадських будівель, які поєднують гідроізоляційні, теплозахисні та функціонально-просторові властивості. Проаналізовано конструктивні схеми інверсійних, баластних, зелених, терасних покрівель на регульованих опорах та мембранних систем на основі ПВХ, ТПО і EPDM-матеріалів. Встановлено основні переваги кожного типу покрівлі, їхню довговічність, ремонтпридатність, стійкість до механічних навантажень та теплотехнічну ефективність. Наведено порівняльну оцінку експлуатаційних характеристик, що дозволяє визначити оптимальні рішення для громадських будівель залежно від умов експлуатації, інженерних вимог та функціонального призначення покрівельного простору.

Ключові слова: плоскі покрівлі; експлуатовані покрівлі; інверсійні системи; мембранні покрівлі; тераси на опорах; зелені покрівлі; баластні системи; ремонтпридатність; експлуатаційна надійність; теплотехнічні властивості; громадські будівлі..

Abstracts

The paper examines modern structural and technological solutions for flat usable roofs in public buildings, which combine waterproofing, thermal protection and functional spatial capabilities. Various construction systems are analysed, including inverted roofs, ballasted systems, green roofs, terrace structures on adjustable pedestals, as well as PVC, TPO and EPDM membrane technologies. The study identifies the key advantages of each roofing type, evaluates their durability, maintainability, load resistance and thermal performance. A comparative assessment of operational characteristics is presented, enabling the selection of optimal roofing solutions depending on functional requirements, engineering constraints and operational conditions of public buildings. The findings demonstrate that contemporary combined membrane and pedestal-based systems provide the best balance of reliability, service life and adaptability, making them highly suitable for modern public architecture.

Key words: flat roofs, usable roofs, inverted roofing systems, membrane waterproofing, terrace systems, adjustable pedestals, green roofs, ballasted roofs, maintainability, operational reliability, thermal performance, public buildings.

Вступ

У сучасному будівництві плоскі експлуатовані покрівлі громадських будівель набувають стратегічного значення як багатофункціональні огорожувальні конструкції, що здатні поєднувати гідроізоляційні, теплозахисні, архітектурні та експлуатаційні властивості. На відміну від традиційних покрівель, експлуатовані системи передбачають активне використання верхнього покрівельного простору – як терас, рекреаційних зон, технічних площадок, озелених майданчиків або платформ для обладнання. Це вимагає застосування інноваційних матеріалів, продуманих конструктивних схем і технологічних рішень, що забезпечують високу стійкість до механічних, кліматичних та експлуатаційних навантажень.

Розвиток технологій плоских покрівель зумовлений як функціональними вимогами, так і тенденціями сталого розвитку, зокрема необхідністю підвищення енергоефективності будівель, оптимізації теплообміну, зменшення тепловтрат та впровадження екологічно орієнтованих рішень – таких як зелені покрівлі [1]. Застосування мембранних матеріалів нового покоління (ПВХ, ТПО, EPDM), інверсійних схем, баластних систем та регульованих опор дозволяє створювати довговічні, технологічно гнучкі та ремонтпридатні конструкції, здатні забезпечити стабільну роботу в умовах інтенсивної експлуатації [2-4].

Комплексна оцінка конструктивно-технологічних рішень є ключовим етапом при виборі оптимальної системи плоскої покрівлі. До основних критеріїв належать: експлуатаційна надійність, довговічність гідроізоляційного шару, ремонтпридатність, теплозахисні властивості, стійкість до механічних навантажень, адаптивність до мінливих температурних режимів та економічна

ефективність. Систематизований порівняльний аналіз дозволяє визначити переваги кожного виду покрівель і обґрунтувати їх застосування в залежності від призначення будівлі та умов експлуатації. [5].

Результати дослідження

Плоскі експлуатовані покрівлі громадських будівель формують одну з найбільш перспективних груп покрівельних систем сучасної архітектури, оскільки поєднують захисну, теплозахисну, гідроізоляційну та функціонально-просторову функції [1-4]. На відміну від традиційних неексплуатованих дахів, дані системи здатні забезпечувати утворення додаткових рекреаційних, технічних або транспортних площ, що істотно розширює можливості просторової організації будівель. Їх конструктивні схеми і технічні параметри наведено на рисунку 1.

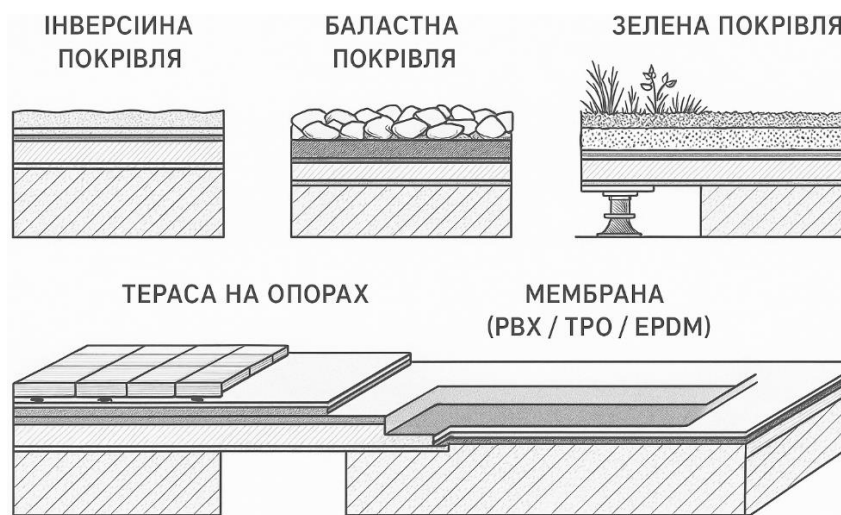


Рисунок 1 – Конструктивні розрізи експлуатованих покрівель

Виконано порівняльний аналіз провідних типів експлуатованих покрівель – інверсійних, баластних, зелених, терасних систем на регульованих опорах та мембранних покрівель на основі ПВХ, ТПО та EPDM. Їх основні характеристики, конструктивні вузли та сфери застосування систематизовано у Таблиці 1. Аналіз показує, що кожен тип має окремі технічні та експлуатаційні переваги, які визначають доцільність використання залежно від призначення будівлі та інтенсивності експлуатаційних навантажень.

Таблиця 1 – Порівняння конструктивно-технологічних рішень плоских експлуатованих покрівель

Тип покрівлі	Конструктивні особливості	Основні переваги	Обмеження
Інверсійна	Теплоізоляція над мембраною; баласт	Висока довговічність гідроізоляції; стабільність температур	Потребує XPS; збільшена маса
Баластна	Гравій/плити як фіксатор	Простота монтажу; невисока вартість	Не підходить для великих ухилів
Зелена	Дренаж, фільтрація, субстрат, рослинність	Екологічність; тепловий комфорт; акустика	Підвищене навантаження; догляд
Тераса на опорах	Плити на регульованих стійках	Ремонтопридатність; приховані мережі	Вимоги до рівності основи
Мембранна	Одношарова мембрана, механічне/клеєве кріплення	Швидкий монтаж; УФ-стійкість; гнучкість	Чутливість до механічних пошкоджень

Інверсійні покрівлі характеризуються найвищою стабільністю гідроізоляційного шару, оскільки теплоізоляційні плити XPS щільністю $\geq 300 \text{ кг/м}^3$, укладені поверх мембрани, мінімізують термічні деформації та механічні впливи. За даними графіка на рис. 2, строк служби таких систем сягає 40–60 років, що є найвищим серед усіх досліджених варіантів.

Баластні системи із застосуванням щебеню, гравію або бетонних плит ефективні для технічних зон і покрівель, схильних до локальних навантажень. Вони не потребують термічного зварювання та дозволяють швидко формувати покрівлю великої площі при мінімальних витратах монтажного часу.

За оцінкою графіка на рис. 3, їх стійкість до навантажень становить 4,0 бала, що відповідає середньому рівню для технічних покрівель.

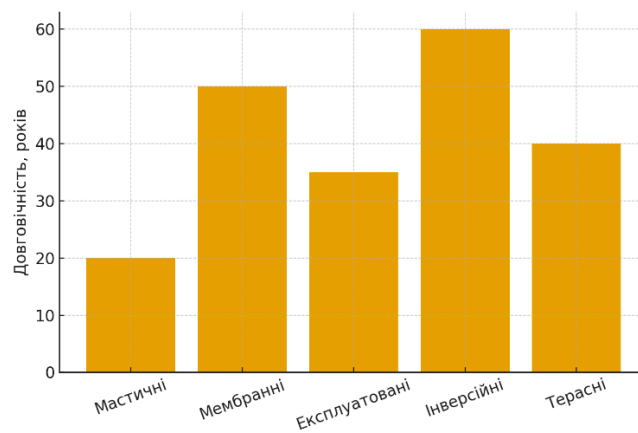


Рисунок 2 – Довговічність покрівельних систем

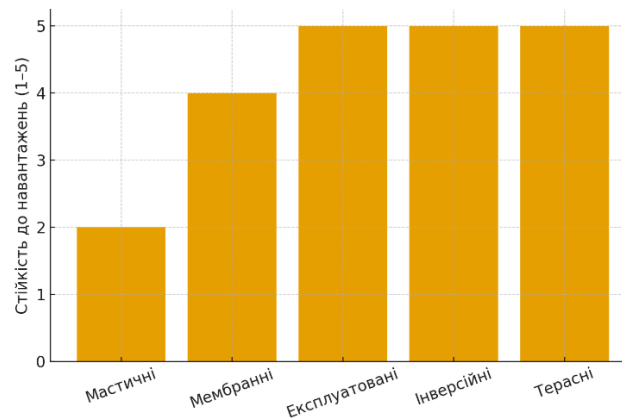


Рисунок 3 – Стійкість до навантажень покрівельних систем

Зелені покрівлі (екстенсивні та інтенсивні), технологічну схему яких наведено у таблиці 1, забезпечують додаткові екологічні та енергоефективні переваги – зниження температури покриття на 10–15°C, підвищення теплостійкості даху, зменшення шуму та покращення мікроклімату. Їх маса при зволоженні може досягати 450–950 кг/м², що потребує посиленого розрахунку несучої здатності перекриття.

Терасні покрівлі на регульованих опорах демонструють найвищу ремонтпридатність – 5,0 балів (див. рис. 4). Завдяки використанню поліпропіленових або гумових опор, здатних витримувати точкове навантаження до 2,0 т, забезпечується вентиляція піднастильного простору та можливість прихованого розміщення інженерних комунікацій.

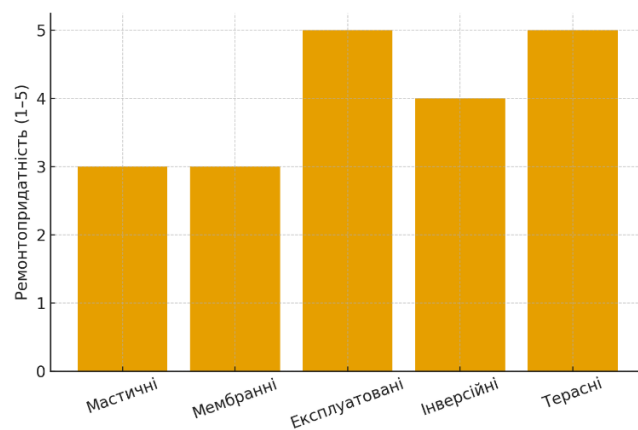


Рисунок 4 – Ремонтпридатність покрівельних систем

Мембранні покритті (ПВХ, ТПО, EPDM), відповідно до рис. 1, характеризуються максимальною експлуатаційною надійністю – 5,0 балів. Мембрани мають високу стійкість до УФ-випромінювання, розривну міцність 900–1200 Н/50 мм і можуть монтуватися механічним, баластним або клеєвим методом. Ці системи є одними з найбільш універсальних та технологічно гнучких.

Для визначення інтегральної ефективності використано комплексний аналіз за п'ятьма технічними критеріями: експлуатаційна надійність, довговічність, ремонтпридатність, стійкість до навантажень та теплоефективність (табл. 2).

Таблиця 2 – Оцінка експлуатаційних характеристик покрівельних систем

Показник	Мастичні	Мембранні	Експлуатовані на опорах	Інверсійні	Зелені
Експлуатаційна надійність (1–5)	3	5	5	5	4
Довговічність (роки)	15–25	30–60	25–40	40–60	30–50
Ремонтпридатність (1–5)	3	3	5	4	3
Стійкість до навантажень (1–5)	2	4	5	5	4
Теплотехнічні властивості (1–5)	3	4	4	5	5

Згідно з інтегральною кривою на рис. 5, найбільш збалансованими системами для громадських будівель є:

- інверсійні покритті (мембрана + XPS) – найкраща довговічність та теплоефективність,
- терасні системи на опорах – найвища ремонтпридатність і стійкість до навантажень,
- мембранні покритті (ТПО/ПВХ) – найкраща герметичність і стабільність при експлуатації, що показує найвищу надійність і довговічність.
- зелені покритті лідирують у теплоефективності;
- мастичні покриття поступаються за стійкістю та ресурсом.

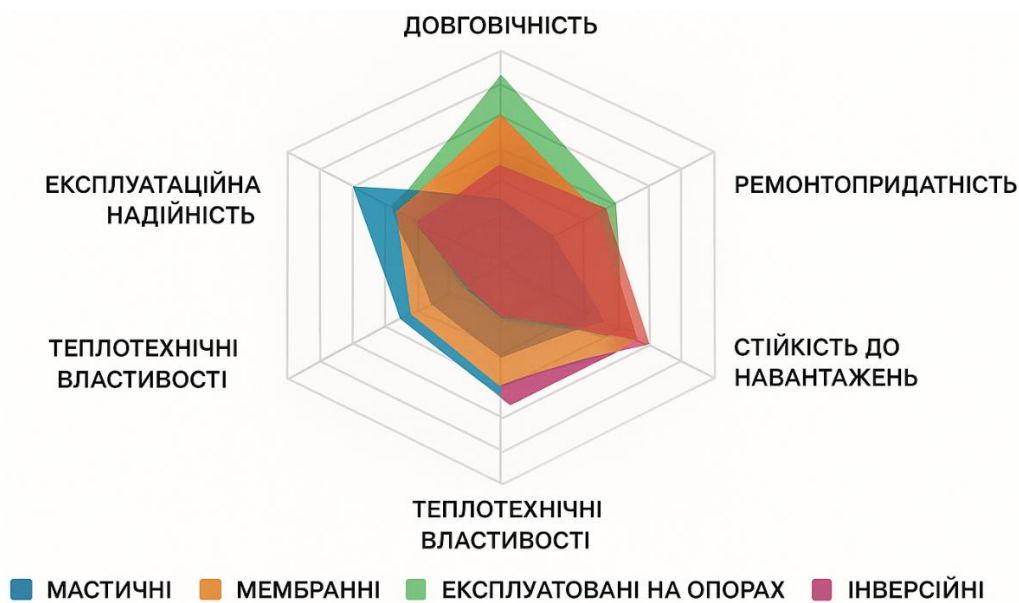


Рисунок 5 – Діаграма оцінки

Отже, найкращі інтегральні показники мають інверсійні та терасні системи на опорах, тоді як мембранні покритті – оптимальні для великих площ із високими вимогами до герметичності.

Таким чином, застосування сучасних покрівельних технологій дозволяє забезпечити відповідність вимогам ДБН В.2.6-31:2021 [6], підвищити енергоефективність будівлі, збільшити строк служби покрівельного «пирога» та оптимізувати витрати на технічне обслуговування конструкції. Результати дослідження є базою для вибору оптимальних рішень при проектуванні та реконструкції громадських будівель.

Висновки

1. Інверсійні покрівлі забезпечують найвищу довговічність гідроізоляції (до 60 років) завдяки розташуванню XPS над мембраною та високій стійкості до температурних деформацій.
2. Мембранні системи (ПВХ/ТПО/EPDM) мають максимальну експлуатаційну надійність і стабільність швів, демонструють високу міцність і стійкість до УФ-випромінювання.
3. Терасні покрівлі на регульованих опорах характеризуються найвищою ремонтпридатністю та можливістю швидкого доступу до гідроізоляції без демонтажу основних конструкцій.
4. Зелені покрівлі забезпечують найкращі теплотехнічні властивості та додаткові екологічні переваги, але потребують значно більшої несучої здатності перекриття.
5. Баластні покрівлі є технологічно простими та придатними для технічних зон, однак мають обмеження щодо ухилу та високу вагу конструкції.
6. За інтегральною оцінкою, найефективнішими рішеннями для громадських будівель є інверсійні системи та тераси на опорах, які забезпечують оптимальний баланс довговічності, ремонтпридатності та стійкості до експлуатаційних навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Flat roof design and maintenance guide. URL: <https://biblus.accasoftware.com/en/flat-roof/>
2. A Design & Materials Guide for Residential Flat Roofing Systems. URL: <https://www.iko.com/blog/guide-flat-roof-systems/>
3. Comprehensive Guide to Flat Roofs: Materials, Installation, Maintenance, and Repair. URL: <https://www.ckmaterialsllc.com/ck-materials-construction-articles/comprehensive-guide-to-flat-roofs-materials-installation-maintenance-and-repair>
4. Flat Roof Design Considerations Overview. URL: <https://www.bauder.co.uk/technical-centre/standards-and-knowledge/flat-roof-design-considerations>
5. ДБН В.2.6-220:2017. Покрівлі будівель і споруд. [Чинний з 2018-01-01]. Київ: Мінрегіон, 2017. 59 с.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергофактивність будівель. [Чинний з 2022-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2021. 108 с.

Тарасов Владислав Анатолійович – студент групи 1Б-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Бондар Альона Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua

Tarasov Vladislav – student of group 1B-24m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Bondar Alena – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua