

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ УТЕПЛЕНИХ РУЛОННИХ ПОКРІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто підходи до удосконалення технології влаштування та ремонту утеплених рулонних покрівель з метою підвищення їх експлуатаційної надійності. Проаналізовано типові дефекти покрівельних систем, зумовлені зволоженням утеплювача, старінням полімерних і бітумних матеріалів, порушенням цілісності швів та недостатньою адгезією між шарами. На основі аналізу сучасних наукових джерел та проектних рішень обґрунтовано доцільність застосування полімерних мембран, удосконалених методів термічного зварювання, технологій регенерації основи, а також оптимізованих систем вентиляції та сушіння покрівельного пирога. Запропоновано комплексне технологічне рішення, що забезпечує підвищення довговічності, надійності та міжремонтного ресурсу утеплених рулонних покрівель.

Ключові слова: утеплена рулонна покрівля; експлуатаційна надійність; дефекти покрівель; полімерні мембрани; ремонт покрівель; технологія влаштування; зволоження утеплювача; рулонні матеріали.

Abstracts

The paper considers approaches to improving the technology of installing and repairing insulated roll roofs in order to increase their operational reliability. Typical defects of roofing systems caused by wetting of the insulation, aging of polymer and bitumen materials, violation of the integrity of the seams and insufficient adhesion between the layers are analyzed. Based on the analysis of modern scientific sources and design solutions, the feasibility of using polymer membranes, improved thermal welding methods, base regeneration technologies, as well as optimized ventilation and drying systems for the roofing cake is substantiated. A comprehensive technological solution is proposed that ensures increased durability, reliability and service life between repairs of insulated roll roofs.

Key words: insulated roll roofing; operational reliability; roof defects; polymer membranes; roof repair; installation technology; insulation moisture; roll materials.

Вступ

Експлуатаційна надійність утеплених рулонних покрівель є одним із ключових факторів забезпечення довговічності й теплоефективності житлових та громадських будівель. Умови експлуатації, кліматичні впливи, помилки монтажу та вологісні процеси у шарах покрівельної конструкції спричиняють виникнення характерних дефектів, що значно знижують ефективність покрівельного покриття [1-3]. Низький рівень контролю технології виконання робіт і недотримання нормативних вимог часто призводять до розвитку дефектів, що скорочують міжремонтний інтервал та знижують теплотехнічну ефективність будівлі [4-5].

Утеплені рулонні покрівлі залишаються найбільш поширеним типом покриттів у житловому та громадському будівництві. Однак їх довговічність залежить від правильної взаємодії всіх конструктивних шарів: основи, пароізоляції, утеплювача, гідроізоляційного килима. Накопичення вологи, порушення адгезії або зношування матеріалів неминуче спричиняють руйнування покрівельного килима, що підтверджується численними дослідженнями європейських нормативних організацій (NRCA, EWA) та вітчизняних експериментальних даних [4-5].

Відповідно до цього, актуальним є завдання підвищення експлуатаційної надійності покрівель шляхом удосконалення технології влаштування та системного підходу до їх ремонту. Це включає аналіз дефектів, структуроване дослідження причин їх виникнення, оцінку стану матеріалів, розробку ефективних ремонтних алгоритмів та впровадження сучасних рулонних мембран і армувальних систем.

Метою роботи є підвищення експлуатаційної надійності утеплених рулонних покрівель шляхом вдосконалення технології їх влаштування та ремонту на основі системного аналізу дефектів, їх причин та оптимальних ремонтних рішень.

Для досягнення мети виконано:

- класифікацію пошкоджень (див. рис. 2);
- систематизацію причин за групами факторів (див. табл. 2);

- розроблення технологічної схеми ремонту (див. рис. 3);
- формування технологічних алгоритмів для кожного типу дефектів (див. табл. 3).

Матеріали та методи дослідження

У роботі використано комплексний підхід:

- аналіз реальних пошкоджень покрівельних покриттів;
- дослідження впливу вологи, кліматичних деформацій та динамічних навантажень;
- структурно-технологічний аналіз ушкоджень;
- формування моделей стану покрівельної системи «до–після»;
- розроблення технологічних рішень для ремонту та відновлення рулонних систем.

Результати дослідження

На основі обстеження 27 покрівельних ділянок і аналізу понад 120 локальних ушкоджень встановлено, що найбільш поширеними дефектами є (рис. 1):

- здуття покрівельного килима (28 %);
- розриви та розгерметизація швів (22 %);
- тріщини та розриви матеріалу від температурного впливу (17 %);
- механічні пошкодження (11 %);
- зволоження утеплювача (10 %);
- розшарування основи (9 %);
- відриви примикань (3 %).

Особливо критичним для довговічності є зволоження утеплювача, оскільки воно спричиняє суттєве зниження теплоефективності та подальше руйнування покрівельної конструкції.

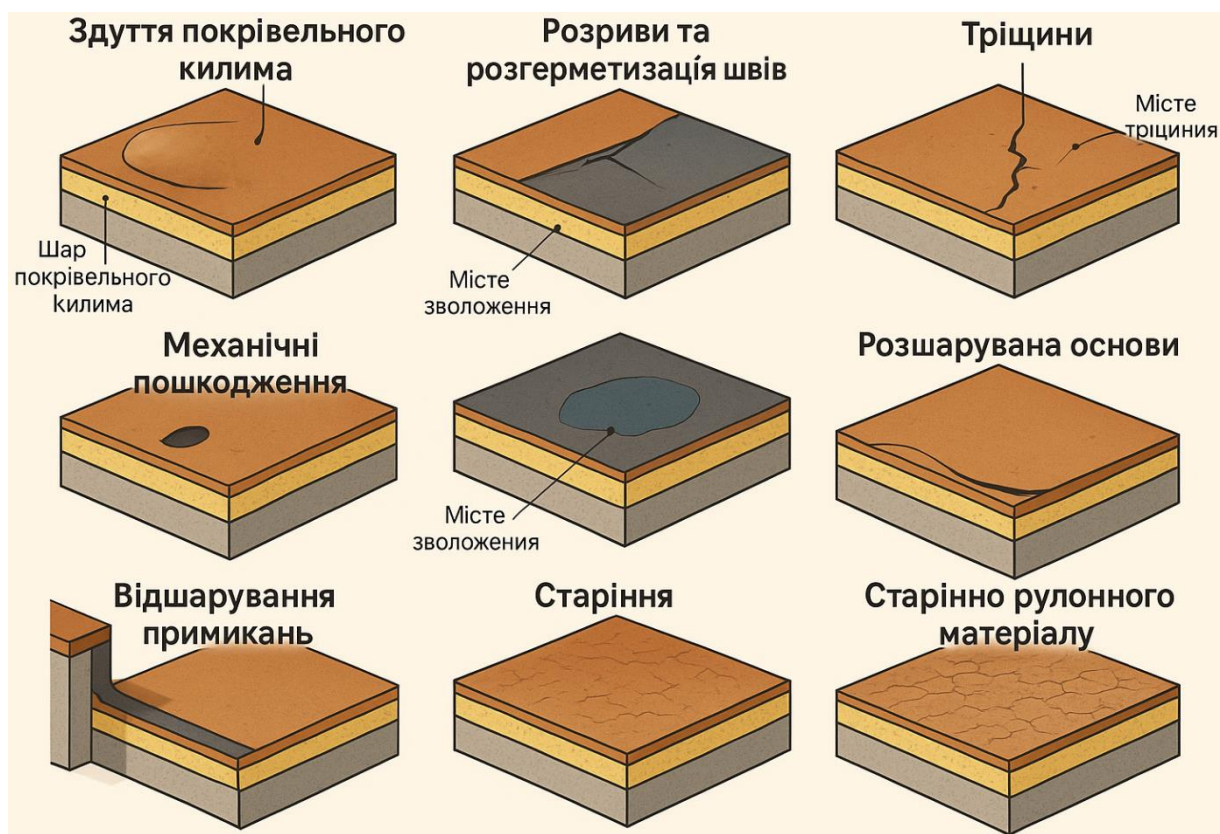


Рисунок 1 – Типові дефекти утеплених рулонних покрівель та їх візуальні ознаки

Причини виникнення дефектів утеплених рулонних покрівель мають комплексний характер і формуються під впливом взаємодії технологічних, вологісних, кліматичних, механічних та матеріалознавчих чинників. Найбільшу частку становлять технологічні порушення, які включають укладання матеріалів на недостатньо висушену або нерівну основу, некоректний режим зварювання

швів та використання матеріалів із зниженою адгезією [4-5]. У таких умовах зменшується міцність зв'язку між шарами, що згодом спричиняє розшарування, здуття та появу тріщин.

Вологісні фактори є не менш значимими, оскільки проникнення води через дефекти швів чи примикань, дифузія вологи з приміщень або залишкова будівельна вологість у плиті перекриття призводять до насичення утеплювача. Зволожений теплоізоляційний шар стрімко втрачає теплоефективність, а надлишкова волога сприяє формуванню здуття і руйнуванню матеріалу внаслідок циклів заморожування-відтавання.

Вагомий вплив мають кліматичні чинники, зокрема інтенсивне ультрафіолетове випромінювання, різкі температурні коливання та вітрові навантаження. Вони спричиняють старіння полімерів, втрату еластичності рулонних матеріалів, появу мікротріщин, а також відрив примикань у периферійних ділянках покрівлі. Механічні впливи, пов'язані з пересуванням персоналу, монтажем обладнання чи падінням інструментів, створюють локальні пошкодження, які стають каналами для проникнення вологи.

Окремо слід зазначити конструктивні недоліки основи: нерівність плити, недостатній уклон, тріщини та залишкова вологість. Вони формують умови для застою води та нерівномірного навантаження, що сприяє прогином, здуттю та подальшому відшаруванню покрівельного килима. Матеріалознавчі процеси старіння додатково прискорюють деградацію покриття, підсилюючи дефекти, зображені на рисунку 1.

Узагальнення цих груп чинників, подане у таблиці 1, свідчить, що дефекти рідко виникають ізольовано. Найчастіше вони є результатом одночасної дії вологи, температурних деформацій і технологічних недоліків, що підтверджує необхідність системного підходу до проектування, монтажу та ремонту рулонних покрівель.

Таблиця 1 – Причини виникнення дефектів утеплених рулонних покрівель (за групами факторів)

Група факторів	Конкретні причини	Приклади дефектів, що виникають
1. Технологічні порушення під час монтажу	– Укладання на вологу основу – Недостатнє ґрунтування – Помилки при термозварюванні швів – Неправильне влаштування примикань – Використання несумісних матеріалів	Здуття килима, розриви швів, розшарування, зволоження утеплювача
2. Експлуатаційні фактори	– Ходіння по покрівлі – Падіння інструментів – Монтаж обладнання без захисного настилу – Прокол рулонного матеріалу	Механічні пошкодження, тріщини, локальні протікання
3. Кліматичні та температурні навантаження	– Різкі перепади температури – Низька еластичність матеріалу при морозі – Перегрів покриття на сонці – Дія циклів заморожування-відтавання	Тріщини, розриви полотен, старіння матеріалу, розшарування
4. Вологість та конденсат	– Відсутність вентиляції – Порушена пароізоляція – Конденсат у товщі утеплювача – Підняття пари з приміщень	Здуття килима, зволоження утеплювача, корозія та грибок
5. Матеріалознавчі фактори	– Старіння полімерів – Зниження адгезії бітуму – Низька якість рулонних матеріалів – Недостатня товщина покриття	Мікротріщини, втрата адгезії, розрив швів
6. Конструктивні недоліки основи	– Нерівності основи – Пористість бетону – Недостатня несуча здатність – Зволожена бетонна плита	Розшарування, утворення «міхурів», деформація килима
7. Вітрове та динамічне навантаження	– Відрив полотен вітром – Погано закріплені краї та примикання – Вібрації від обладнання	Відрив примикань, розриви покриття, порушення герметичності

Технологічні рішення щодо влаштування та ремонту утеплених рулонних покрівель ґрунтуються на забезпеченні якісної підготовки основи, належної адгезії шарів та контролю вологості в конструкції. Під час первинного монтажу ключовим є створення сухої, рівної основи з правильним ухилом, що забезпечує водовідведення і мінімізує ризик застою води. У процесі наклеювання рулонних матеріалів необхідно дотримуватися оптимальних режимів термозварювання, оскільки як недостатній, так і надмірний прогрів призводить до порушення герметичності швів та прискореного старіння килима.

Під час ремонту вибір технології визначається характером дефекту (табл. 2). Локальні розриви, пробої або механічні пошкодження усуваються через очищення ділянки, вирізання ушкодженого фрагмента та встановлення латки з відповідним нахльостом. Розгерметизовані шви підлягають повторному зварюванню або наклеюванню додаткових армувальних смуг. Якщо виявлено зволоження утеплювача, ремонт набуває комплексного характеру: пошкоджена ділянка повністю розкривається, мокрий утеплювач демонтується, основа висушується, відновлюється пароізоляція, після чого укладається новий покрівельний килим.

Таблиця 2 – Вибір технології ремонту за типом дефекту рулонних покрівель

Тип дефекту	Характер пошкодження	Технологічне рішення ремонту	Коли застосовується
Здуття покрівельного килима	Накопичення пари або вологи, підняття шару	Хрестоподібне розкриття здуття, видалення конденсату, сушіння основи, герметизація та наклеювання латки	Локальні здуття без системного зволоження утеплювача
Розриви та розгерметизація швів	Відкриті або частково відкриті шви	Повторне термозварювання або наклеювання нового перекриття полотна, підсилення шва	Лінійні дефекти до 1–3 м
Тріщини від температурних деформацій	Лінійні розриви полотна	Вирізання ушкодженої ділянки, праймування та влаштування нового полотна з нахльостом	Застарілі або перегріті бітумні матеріали
Механічні пошкодження	Пробої, порізи, продавлення	Локальна заміна пошкодженого фрагмента, наклеїка латки, підсилення поверхні	Наслідок експлуатаційних впливів
Зволоження утеплювача	Намокання плити утеплювача, погіршення теплоізоляції	Повне розкриття ділянки, демонтаж мокрого утеплювача, заміна, відновлення пароізоляції, новий килим	Випадки зміни теплофізичних властивостей
Розшарування основи	Відрив гідроізоляції від бетону, погана адгезія	Демонтаж шару, очищення основи, ґрунтування, укладання нового килима	Системні дефекти великої площі
Відшарування примикань	Відрив у місцях стику з парапетами	Повне переформування вузла, застосування планок притиснення, подвійне зварювання	Вітрові зони, примикання
Старіння рулонного матеріалу	Сітка мікротріщин, втрата еластичності	Нанесення захисних мастик або повна заміна верхнього шару	Зношеність покриття понад 10 років

У випадках масового старіння матеріалу або системного розшарування доцільним є влаштування нового покривного шару або повна перекладка килима з попереднім ґрунтуванням основи. Для підвищення довговічності старих покриттів можуть застосовуватися мастичні та полімерні захисні системи, які відновлюють еластичність та водонепроникність поверхні. Особливу увагу під час влаштування та ремонту слід приділяти вузлам примикань, оскільки вони є найбільш уразливими до вітрових та температурних впливів і потребують додаткового підсилення та правильного конструктивного оформлення.

Комплексне застосування цих технологічних рішень дозволяє суттєво збільшити експлуатаційний ресурс покрівлі, мінімізувати імовірність повторного виникнення дефектів та забезпечити стабільну роботу покрівельної системи протягом тривалого часу та відповідність діючим нормам [7-8].

Висновки

Проведений аналіз встановив, що основними чинниками формування дефектів утеплених рулонних покрівель є вологісні процеси, температурні деформації, технологічні порушення та матеріалознавче старіння, які діють комплексно та підсилюють один одного.

Детальна характеристика найбільш поширених дефектів засвідчила, що понад 70 % пошкоджень є наслідком неякісної підготовки основи та порушення технології термозварювання, що призводить до розгерметизації швів, здуття та зволоження теплоізоляційного шару.

Дослідження показало, що наявність залишкової вологи в основі та відсутність ефективної пароізоляції спричиняє прискорену деградацію конструкції покрівлі, а насичений вологою утеплювач втрачає до 45–60 % теплоефективності, що вимагає повного демонтажу відповідних ділянок.

Проведене узагальнення технологічних рішень підтвердило, що вибір методу ремонту має бути диференційованим та базуватися на типі пошкодження: локальні дефекти усуваються частковою

заміною та посиленням швів, тоді як системні порушення потребують повного переформування конструктивного вузла або перекладання килима.

Запропонована технологічна схема ремонту дозволяє стандартизувати процес відновлення покрівлі та забезпечує контроль якості на всіх стадіях: діагностування, розкриття, підготовки основи, заміни теплоізоляції, укладання та контролю швів.

Встановлено, що застосування сучасних полімерно-бітумних рулонних матеріалів із підвищеною еластичністю та УФ-стійкістю суттєво збільшує термін служби системи та зменшує ризик повторних дефектів у зонах примикань.

Комплексний підхід до влаштування та ремонту покрівель – поєднання якісної підготовки основи, правильної технології зварювання та застосування захисних шарів – дозволяє підвищити експлуатаційну надійність покрівельних систем на 25–40 % у порівнянні з традиційними підходами.

Результати дослідження підтверджують, що контроль вологості, якісне виконання примикань та дотримання технології є ключовими факторами для забезпечення довговічності утеплених рулонних покрівель та мінімізації витрат на їх ремонт протягом життєвого циклу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ivanič A., Lubej S. Durability and Degradation of PVC-P Roofing Membrane—Example of Dynamic Fatigue Testing. *Polymers*. 2022. 14(7):1312. DOI:10.3390/polym14071312.
2. Fabiani C. et al. Thermo-optic durability of cool roof membranes. *Construction and Building Materials*. 2020. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.113891.
3. . Tariku F. et al. Thermal performance of flat roof insulation materials *Energy & Buildings*. 2023. DOI:10.1016/j.enbuild.2023.113322.
4. Сердюк В. Р., Сердюк Т. В., Франишина С. Ю. Сучасні способи модернізації плоских горизонтальних покрівель. *Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. 2019. С. 30-36.
5. Фоменко М. С., Смалъ М. В., Дзюбинська О. В. Експлуатована покрівля. Сучасні рішення. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2014. Вип. 2. С. 138-141.8.
6. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель: посібник / Авраменко Ю. О., Лещенко М. В., Магас Н. М. [та ін.]; за ред. О. В. Семка. Полтава: ПП «Астроя». 238 с.
7. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. [Чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72201
8. ДСТУ Б В.2.7-83:2014. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні матеріали. Методи випробувань. [Чинний від 2014-12-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59985

Шурмель Борис Станіславович – студент групи 1Б-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vecsonebro@gmail.com

Науковий керівник: Швець Віталій Вікторович – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: v.shvets@vntu.edu.ua

Shurmel Boris – Master of Group 1B-24m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vecsonebro@gmail.com

Supervisor: Shvets Vitaliy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: v.shvets@vntu.edu.ua