

Олександр МОЛОДІД,

д-р техн. наук, професор

ORCID: 0000-0001-8781-6579

Іван МАКСИМ'ЮК,

аспірант

ORCID: 0000-0002-9775-9296

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬ НА ПЛОСКИХ ПОКРИТТЯХ МЕТОДОМ ПІДПЛАВЛЕННЯ

У статті проаналізовано сучасний стан технологій влаштування, вдосконалення та відновлення покрівель на плоских покриттях методом підплавлення рулонних бітумно-полімерних матеріалів, який залишається одним із найпоширеніших способів виконання робіт. Наведено ряд технологічних чинників, що впливають на якість влаштованої покрівлі, таких як: температурний режим, якість та стан основи, тип покрівельного матеріалу, швидкість переміщення пальника та його просторове положення, погодні умови та кваліфікація виконавців. Також розглянуто технологічні процеси, недотримання яких призводить до виникнення дефектів та пошкоджень, або передчасного зношення конструкції. Проаналізовано чинні нормативні вимоги, що регламентують конструктивні рішення та умови виконання робіт. Наведено огляд досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, серед яких розглянуто праці В.В. Жван, С.О. Совача, а також сучасні експериментальні розробки Е. Díez-Jiménez, М. Fernández-Muñoz, А. Barragán-García та ін. Розглянуто технологічні рішення за рівнем механізації, типом використовуваних матеріалів та організацією технологічного процесу. Особливу увагу приділено різним методам нагрівання – газовими пальниками, інфрачервоним випромінюванням та їх природнім обмеженням. Виявлено основні недоліки наявних способів, зокрема: трудомісткість, низький рівень механізації, ризики пожежонебезпеки та порушення герметичності. Показано, що наявні дослідження хоч і сприяють оптимізації процесу, однак залишаються неповними, фрагментарними та не формують цілісної системи технологічних рекомендацій. Встановлено, що для підвищення якості та довговічності покрівель необхідним є подальше вивчення взаємозв'язку між температурними режимами, глибиною розм'якшення бітумного шару, рівномірністю прогріву та адгезією до основи. Обґрунтовано перспективні напрями удосконалення технології підплавлення із урахуванням підвищення якості влаштованої покрівлі, безпеки та ефективності виконання робіт.

Ключові слова: *плоска покрівля, метод підплавлення, рулонні матеріали, відновлення, підсилення, ремонт, технологія, аналіз*

Вступ. У сучасному будівництві покрівлі на плоских покриттях широко застосовуються як у житловому, так і в громадському та промисловому будівництві завдяки їхній функціональності, відповідності актуальним тенденціям в архітектурі та економічній вигоді (менша площа поверхні зумовлює менші потреби у

матеріалах, порівняно з кроквяними системами). Такі покрівлі стійкі до повітряних навантажень. Окрім цього, на них можна створювати додаткові зони відпочинку, або розміщувати обладнання. Поява нових будівельних матеріалів, розвиток механізації будівельних процесів, зростання вимог до довговічності та енергоефективності, а також прагнення до зниження трудомісткості та матеріаломісткості зумовлюють потребу у вдосконаленні існуючих технологій влаштування покрівель.

Серед технологій улаштування гідроізоляційного шару особливе місце посідає метод підплавлення рулонних матеріалів. Його популярність пояснюється відносною простотою виконання робіт, високою швидкістю робіт, надійністю зчеплення матеріалу з основою за рахунок термічного впливу, що створює суцільний герметичний шар, відсутність потреби у використанні додаткових клеїв. Однак, технологічний процес пов'язаний з відкритим полум'ям та виконанням робіт у відкритих умовах оточуючого середовища не завжди дає змогу отримати якісну продукцію. На якість влаштованої покрівлі впливає ряд чинників, зокрема: температурний режим – недостатній прогрів призводить до неналежного зчеплення покрівельного матеріалу з основою, в той час як надмірне нагрівання руйнує структуру бітуму, викликає спінення або протікання; якість основи – наявність пилу, вологи чи бруду погіршує адгезію, нерівності поверхні сприяють накопиченню води та поступовому руйнуванню конструкції; тип та якість покрівельного матеріалу, який може мати різні вимоги до підплавлення, а також відрізнятися характеристиками (товщина, наявність армування, стійкість до УФ-випромінювання, еластичність); швидкість переміщення пальника – занадто повільне підплавлення перегріває матеріал, занадто швидке – не забезпечує повного прилягання; розташування і нахил пальника – неправильне положення призводить до нерівномірного нагріву; погодні умови (вологість, температура повітря, вітер); кваліфікація виконавців (рис. 1). Окрім цього, технологія влаштування покрівлі на плоских покриттях методом підплавлення характеризується обмеженою механізацією процесів і, як наслідок, високою трудомісткістю, а також підвищеними вимогами до охорони праці при використанні відкритого полум'я.

Постановка задачі. Сучасні нормативи [1], які регламентують улаштування рулонних та бітумно-полімерних покрівель, встановлюють вимоги до характеристик та матеріалів конструкцій, допустимого ухилу, а також до кількості шарів покрівельного килима. Передбачені норми щодо температурних умов виконання робіт та підготовки поверхонь, однак відсутні дані про конкретні технологічні режими, такі як температура полум'я, швидкість руху пальника, відстань від нагрівального елемента до матеріалу. Відсутні вимоги до кількісних характеристик стану основи та контролю якості адгезії. Окрім цього, не регламентовано параметри механізованого укладання.

Незважаючи на широке застосування методу підплавлення, систематизовані дослідження, присвячені удосконаленню такої технології залишаються фрагментарними. Більшість доступних джерел переважно зосереджені на вивченні базово-середньовластивостей покрівельних матеріалів та їх довговічності, а також загальних рекомендацій щодо технології виконання робіт, тоді як науково обґрунтовані підходи до підвищення якості робіт, що призведе до довговічності покриття, потребують подальшого розвитку.

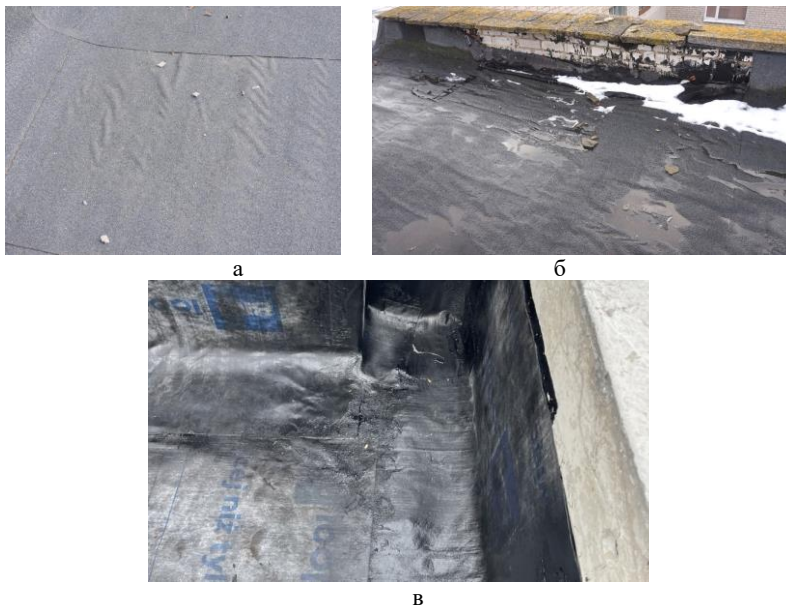


Рис. 1. Приклади неякісно влаштованої покрівлі:

- а – хвилеподібні деформації покрівельного килима спричинені недостатнім прогрівом при підплавленні та/або неякісною підготовкою основи (наявності залишкового пилу чи вологи); б – відшарування та здуття покрівлі біля примикання до парапету через неякісне влаштування вузла, відсутність або низьку якість ґрунтовки, надмірний вплив вологи та від’ємних температур;
- в – переплавлення рулонного бітумно-полімерного матеріалу внаслідок надмірного нагріву під час підплавлення

Нехтування такими технологічними процесами, як дотримання необхідної температури прогріву, рівномірне (суцільне) приклеювання матеріалу, якісна підготовка основи, використання ґрунтовки та температурно-вологісний режим навколишнього середовища загрожує появі дефектів та пошкоджень і, як наслідок, передчасній втраті експлуатаційних властивостей покрівлі.

Усі перелічені проблеми, а також популярність даного типу покрівлі, зумовлюють актуальність у необхідності вдосконалення технології влаштування покрівель на плоских покриттях методом підплавлення.

Основна частина. Метою даного дослідження є аналіз відомих технологій влаштування покрівель на плоских покриттях методом підплавлення з встановленням їх переваг та недоліків.

Дослідженнями методів влаштування покрівель на плоских покриттях методом підплавлення займалися як вітчизняні, так і закордонні вчені, зокрема: Баглай А.П., Гармаш О.І., Жван В.В., Лівінський О.М., Корабліков О.М., Сліпченко І.П., Совач С.О., Терновий В.І., Хрущов О.І., Ярмоленко М.Г., Díez-Jiménez E.,

Fernández-Muñoz M., Barragán-García A., Vidal-Sánchez A., Mallol-Poyato R., Matzek L., Peer, L., Teetaert, J., Kugler W.E., Warren A. та ін.

У своїй публікації автор Жван В. В. [6] розглянула основні технологічні аспекти влаштування та ремонту покрівель на плоских покриттях, а також запропонувала шляхи зниження трудомісткості та підвищення довговічності покрівельного шару. Особливу увагу було приділено контролю якості та особливостям застосування бітумно-полімерних матеріалів.

Зокрема, досліджуючи спільну роботу покрівельного матеріалу і твердої основи, Жван В. В. одержала максимальні значення дотичного напруження крайки рулону. На основі отриманих результатів досліджень автор рекомендує не приклеювати рулонний матеріал уздовж його поперечного краю на відстань 100 – 150 мм (від краю). Це дозволить зменшити негативний вплив напруги вздовж шва.

Також було проведено лабораторні експерименти (рис. 2) з метою дослідження термостійкості бітумно-полімерних рулонних матеріалів.

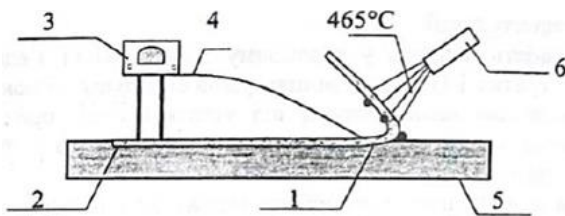


Рис. 2. Схема визначення температури розігріву поверхні рулонного бітумно-полімерного матеріалу: 1 – основа; 2 – рулонний матеріал; 3 – вимірювальний прилад; 4 – провід; 5 – термопара; 6 – пальник

В цілому, автором було ретельно досліджено покрівельні матеріали, вдосконалено режими наплавлення рулонних матеріалів, а також технологію їх укладання. Крім цього, були розроблені методи підбору оптимальних комплектів машин і устаткування для виконання покрівельних робіт, сформована методика розрахунку ефективності обладнання та ремонту покрівель із різних по якості матеріалів із урахуванням часу експлуатації покрівлі від влаштування до ремонту. Грунтовні, комплексні дослідження Жван В.В. дозволили сформувавши рекомендації щодо використання оптимального складу гідроізоляційних матеріалів для різних регіонів України з урахуванням кліматичних умов експлуатації, періоду та способу укладання та конструктивних рішень матеріалу. Проте, дослідження автора спрямовані на ручні методи влаштування покрівель, а також не відображають впливу системного впливу технологічних чинників, таких як температура полум'я, відстань від пальника до поверхні покрівельного матеріалу, швидкість руху нагрівального елемента. Основна увага зосереджена на організації процесу та матеріалознавстві, а не на експериментальній перевірці ключових параметрів, що впливають на якість влаштованої конструкції.

У своїй дисертації [7] автор Совач С. О. дослідив покрівлі на плоских покриттях, улаштовані шляхом розігріву бітуму, що входить до їх складу, з наступною обробкою та ущільненням. Було розглянуто та проаналізовано можливі методи нагрівання багатшарового руберойдного покрівельного килима. В результаті, найбільш конкурентоспроможними методами прогріву покрівельного килиму

автор називає інфрачервоне випромінювання та кондуктивний перенос тепла. Порівнявши їх за основними чинниками, Сочач С.О. віддає перевагу методу нагрівання покрівельного килима інфрачервоним випромінюванням.

Суттєвими недоліками методу інфрачервоного випромінювання є порівняно високий рівень втрат тепла та низька надійність нагрівників. Проаналізувавши теоретичні основи роботи АІВ, автор пропонує підвищити ефективність його роботи, модернізувавши конструкцію за рахунок підвищення потужності установки, зменшення підковпакового простору та утеплення ковпака, а також заміни нагрівника з ніхромової спіралі в кварцевій трубці на більш надійні трубчасті нагрівники. Загальний вигляд модернізованої установки наведено на рис. 3.

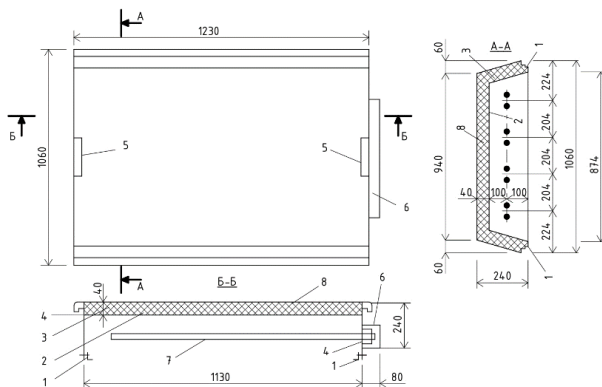


Рис. 3. Загальний вигляд апарата інфрачервоного випромінювання (АІВ):
 1 – рама; 2 – нижня стінка ковпака; 3 – верхня стінка ковпака; 4 – торець;
 5 – ручка; 6 – кришка; 7 – ТЕН; 8 – мінеральна вата

Робота Сочач С.О. вирізняється беззаперечною науковою цінністю та практичною новизною, однак містить низку обмежень, ключовим з яких є застосування технології для ремонту існуючих покрівель, а не для влаштування нових. Також ІЧ-нагрівачі є дорожчими та вимогливішими до обслуговування, ніж звичайні газові пальники. Окрім цього, даний метод є технологічно складним з точки зору забезпечення рівномірності нагріву, оскільки ІЧ нагрів не завжди забезпечує однакову глибину розм'якшення бітумного шару.

Механізованим укладанням рулонних бітумних матеріалів методом підпалення за допомогою інфрачервоного випромінювання також займалися Efrén Díez-Jiménez, Alberto Vidal-Sánchez та ін. [8]. Ними було розроблено легке обладнання, в якому замість газових пальників використовувались інфрачервоні нагрівачі, що мали забезпечити більш рівномірний прогрів матеріалу та безпечніші умови виконання робіт. Досліджувалась швидкість укладання, температурні режими в матеріалі та якість приклеювання при різних умовах. Готовий прототип в реальних умовах зображено на рис. 4, вигляд обладнання спереду та зверху, а також розподіл нагрівачів показано на рис. 5.

Для поступового, безперервного та рівномірного розподілу тепла було спроектовано систему із 8 інфрачервоних нагрівачів (9), що підтримуються конструкцією, з'єднаною основною рамою візка.



Рис. 4. Підключений та готовий до тестування прототип установки для укладання рулонної покрівлі

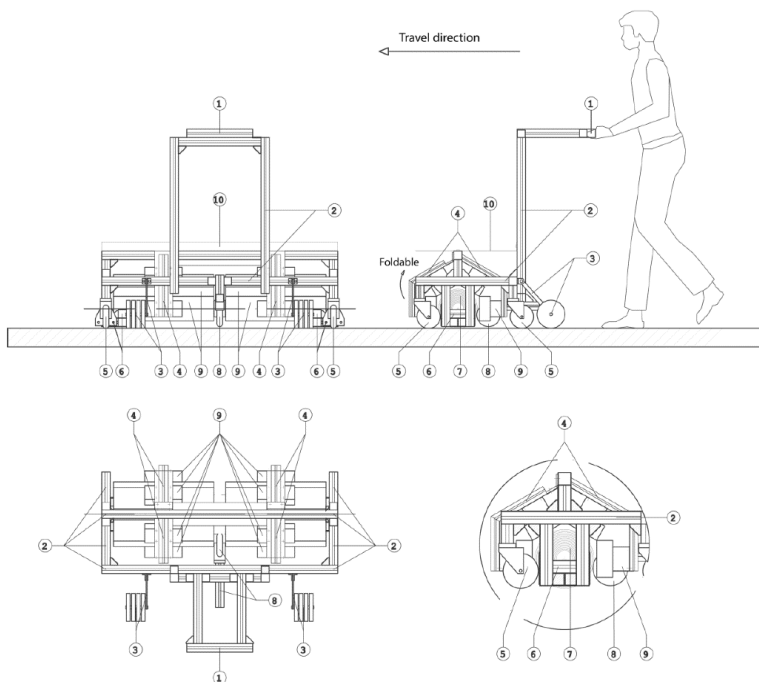


Рис. 5. Ортогональні види конструкції: 1 – ручки, 2 – конструкція візка, 3 – барабанні ролики, 4 – конструкція нагрівачів, 5 – колеса, 6 – боковини обмежувача валку, 7 – асфальтовий валок, 8 – допоміжне колесо, 9 – нагрівачі та 10 – кришка корпусу

Для перевірки ефективності запроєктованої установки було проведено ряд випробувань. Зокрема, для визначення температури нагрівання, яка забезпечить рівномірне приклеювання рулонного матеріалу, було проведено попереднє температурне випробування. Іншим випробуванням було визначення міжшарової адгезії, яка виникає в покрівельному рулоні, використовуючи циліндричний зразок бітумного матеріалу, розміщений на металевому листі. Кінцевим етапом були випробування укладання рулонів спочатку в лабораторних умовах, а потім на відкритому повітрі. У висновку, розробники зіткнулись із нерівномірним розгортанням та недостатнім прогрівом окремих ділянок рулону. Окрім цього, після завершення робіт частинки бітумного матеріалу залишалися на установці, що може скоротити термін її служби. Серед переваг цієї технології слід виділити її безпечність, рівномірність нагріву, мінімальні тепловтрати, стабільну якість зчеплення та потенційну можливість автоматизації. До недоліків належить високе енергоспоживання та вартість обладнання, менша глибина прогріву, залежність від погодних умов, необхідність попередньої підготовки основи та обмежені дослідження технологічних параметрів.

Вдосконалення нагріву покрівельних рулонів за допомогою газових пальників було також досліджено іспанськими вченими Baragán García A., Fernández Muñoz M., Díez Jiménez E. [9]. Метою виконавців було підвищення швидкості влаштування покрівлі, регулювання витрат газу та забезпечення безпеки під час виконання робіт.

Була запропонована установка у вигляді візка, на якому знаходяться п'ять газових пальників, розміщених паралельно рулону, верхня теплоізоляційна кришка для запобігання втратам тепла, а також невеликі барабанні катки для ущільнення покрівельного матеріалу та регулятори потоку газу. Обладнання спеціально розраховане на покрівельні рулони щільністю 3 кг / м², шириною 1 м та довжиною 10 м. Під час встановлення не потрібно піднімати рулон із землі, оскільки візок безпосередньо піднімає та розгортає його. Загальна схема установки зображена на рис. 6.

В ході виконання експериментальних досліджень було проведено попереднє лабораторне випробування для оцінки температури та швидкості потоку гарячого повітря, а також вимірювання споживання пропану. Наступним етапом було вимірювання температури та адгезії на відкритому повітрі.

В подальшому досліджували швидкості влаштування покрівлі на відкритому повітрі та перевіряли якість конструкції. У результаті, було досягнуто хорошу адгезію більшої частини покрівлі, із забезпеченням її водонепроникних властивостей. Результати виконаних робіт показано на рис. 7.

Дане дослідження дозволяє підвищити продуктивність та стабільність нагріву. Перевагою застосування кількох пальників є рівномірність нагріву та надійне зчеплення з основою завдяки рівномірному плавленню нижнього шару бітуму. Також досягається підвищення швидкості укладання матеріалу, зниження витрат газу та покращуються умови праці. Недоліками даної технології є: дослідна установка не доведена до промислового зразка; відсутня тягівий елементу; обмеженість у застосуванні при роботі на складних ділянках та при наявності вертикальних конструкцій на шляху; залежність від впливу погодних умов; відсутність системного аналізу технологічних параметрів. Окрім цього, не враховано тип та стан основи. Даний спосіб влаштування покрівель вирізняється підвищеною пожежонебезпекою через наявність відкритого полум'я.

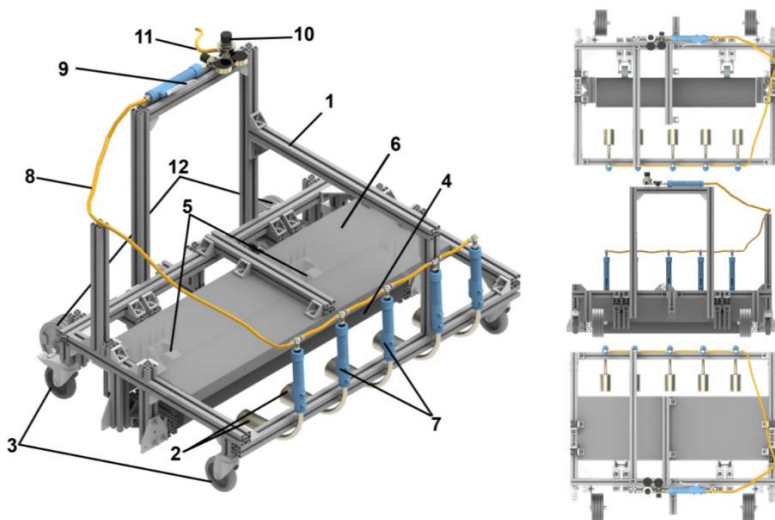


Рис. 6. Загальний вигляд запропонованої установки: 1 – візок, 2 – пальники, 3 – колеса, 4 – покрівельний рулон, 5 – допоміжні колеса, 6 – теплоізоляційна кришка, 7 – індивідуальний регулятор потоку, 8 – газопровід, 9 – вимикальний клапан, 10 – головний регулятор потоку, 11 – головний трубопровід від пропанового балона, 12 – барабанні катки



Рис. 7. Влаштування рулонної покрівлі за допомогою установки з п'ятьма пальниками

Висновки.

Таким чином, улаштування покрівель на плоских покриттях методом підпалення залишається однією з найбільш поширених та актуальних технологій. Її популярність зумовлена поєднанням технологічної простоти, високої продуктивності та довговічності покриттів. Сучасний рівень розвитку технології підпалення забезпечив досягнення стабільної якості матеріалів, а також механізацію окремих операцій. Проте, попри значну кількість практичних розробок, комплексні наукові дослідження цього процесу залишаються обмеженими. Сучасні дослідження свідчать про поступовий перехід від емпіричного до науково-обґрунтованого підходу у проектуванні технології підпалення. Водночас відсутність системних досліджень взаємозв'язку між технологічними параметрами процесу і якістю покрівлі зумовлює актуальність проведення подальших експериментальних досліджень, спрямованих на підвищення технологічної ефективності цього методу.

Список літератури:

1. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. [Чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72201
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-214:2016. Настанова з улаштування та експлуатації дахів будинків, будівель і споруд. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65425
3. ДСТУ Б В.2.7-101-2000. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2000-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2000. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4755
4. ДСТУ Б В.2.7-83:2014. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Методи випробувань. [Чинний від 2014-12-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59985
5. ПІ 9.0.20-224-2003. Примірня інструкція з охорони праці для покрівельника рулонних покрівель та покрівель із штучних матеріалів. [Чинний від 2002-12-25]. Вид. офіц. Київ, 2003. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=46749
6. Жван В.В. Удосконалення технології улаштування та ремонту плоских покрівель із рулонних бітумно-полімерних матеріалів: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.08. Д., 2003. 19 с.
7. Совач С.О. Технологія ремонту багатошарових рубероїдних покрівель з використанням інфрачервоного випромінювання: дис... канд. техн. наук: 05.23.08. К., 2003. 185 с.
8. Díez-Jiménez, E., Vidal-Sánchez, A., Barragán-García, A., Fernández-Muñoz, M., & Mallol-Poyato, R. Lightweight equipment for the fast installation of asphalt roofing based on infrared heaters. *Energies*, 2020, 13(9), 2217. <https://doi.org/10.3390/en13092217>
9. Barragán-García A., Fernández-Muñoz M., Díez-Jiménez E. Lightweight equipment using multiple torches for fast speed asphalt roofing. *Energies*, 2020, Vol. 13, No. 9, 2216. <https://doi.org/10.3390/en13092216>

Oleksandr MOLODID, Ivan MAKSYMUK

Analysis of technologies for installing roofs on flat coatings using the floating method

The article analyzes the current state of technologies for the installation, improvement, and restoration of flat roofs using the partial-melt method for bitumen–polymer roll materials, which remains one of the most widely applied techniques in construction practice. A range of technological factors affecting the quality of the completed roofing system is identified, including temperature regime, condition and preparation of the substrate, type and properties of roofing materials, burner movement speed and spatial position, weather conditions, and worker qualification. The study examines key process deviations that lead to defects, damage, or premature deterioration of the roofing structure. Current regulatory requirements governing structural solutions and working conditions are reviewed.

A literature analysis is presented, covering research by Ukrainian and international scholars, including V. Zhvan, S. Sovach, as well as recent experimental developments by E. Díez Jiménez, M. Fernández Muñoz, A. Barragán García, and others. Technological solutions are classified according to the level of mechanization, types of materials used, and organization of the technological process. Special attention is given to various heating methods – gas burners, infrared radiation, and their inherent limitations.

The study identifies major shortcomings of existing approaches, such as high labor intensity, low mechanization, fire hazards, and risks of compromised waterproofing. Although available studies contribute to improving the method, they remain incomplete, fragmented, and do not form a comprehensive system of technological guidelines. The research highlights the need for further investigation of the relationships between heating temperature, depth of bitumen softening, uniformity of heat distribution, and adhesion to the substrate.

The paper substantiates promising directions for enhancing the partial-melt roofing technology with regard to improving installation quality, operational durability, safety, and overall efficiency.

Keywords: flat roof, partial-melt method, roll roofing materials, restoration, strengthening, repair, technology, analysis.