

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21:625.85

А. М. ОНИЩЕНКО¹, М. В. ГАРКУША^{2*}, О. В. ФЕДОРЕНКО³, І. Ю. ГАРКУША⁴

¹ Кафедра мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, тел. +38 (044) 280 79 78, ел. пошта onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, ORCID 0000-0002-1040-4530

^{2*} Кафедра мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, тел. +38 (096) 628 79 05, ел. пошта mykola.harkusha@ntu.edu.ua, ORCID 0000-0002-5388-0561

³ Кафедра мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, тел. +38 (044) 280 79 78, ел. пошта kyivavtodor@kyivcity.gov.ua, ORCID 0000-0002-3464-597X

⁴ Кафедра іноземних мов, Національний транспортний університет, вулиця М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, ел. пошта inna.maschinina@gmail.com, ORCID 0009-0006-9765-3711

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТНОЇ СМОЛИ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ

Мета. Узагальнити існуючі підходи застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах та розроблення рекомендацій щодо улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли. **Методика.** Для досягнення поставленої мети, проведено роботу, яка складається з аналізу існуючого досвіду застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли, узагальнення експериментальних досліджень, що дало змогу розробити вимоги до фізико-механічних характеристик складових гідроізоляційної системи, надання рекомендацій, щодо підготовки поверхні під гідроізоляційну систему, розробка підходів з улаштування гідроізоляційної системи. **Результати.** На основі проведених досліджень узагальнено існуючі підходи застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах та розроблено рекомендацій щодо улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли. **Наукова новизна.** У результаті проведених досліджень вперше узагальнено вимоги до складових гідроізоляційної системи, а саме: ґрунтовки, гідроізоляційної мембрани, зчпного шару. В роботі удосконалено вимоги до цементобетонної та металевої основи з урахуванням сучасних європейських вимог. Розроблено основні підходи з улаштування гідроізоляційної системи. **Практична значимість.** Результати проведених досліджень є актуальними та необхідними, гідроізоляційні системи на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах мають широке застосування, однак немає узагальнених вимог до даних гідроізоляційних систем. В роботі запропоновано узагальнені вимоги до матеріалів, приготування та влаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах.

Ключові слова: асфальтобетонний покрив; гідроізоляційна система; гідроізоляційна мембрана; ґрунтовки; зчпний шар; метилметакрилатна смола; транспортна споруда

Вступ

Надійний гідроізоляційний захист є однією з умов забезпечення довговічності транспортних споруд. Проте серед домінуючих причин руйнування прогонових будов автодорожніх мостів є передчасне руйнування гідроізоляції, яка є одним із найменш довговічних елементів прогонової будови. Строк служби гідроізоляції становить від 5 років до 10 років, у окремих випадках він може сягати 25 років, а розрахун-

ковий термін служби гідроізоляції становить не більше 15 років. Імовірно, така розбіжність обумовлена якістю гідроізоляційних матеріалів, конструкцією одягу мостового полотна, погодно-кліматичними та експлуатаційними умовами (Онищенко, Різніченко, & Невінгловський, 2013).

У 1920-х роках в Європі та США, почали використовувати відносно примітивні гідроізоляції на бетонних мостах. З 1940-х років до 1950-х років, з розгортанням масштабного бу-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

дівництва автомобільних доріг розпочалося масове застосування різноманітних гідроізоляційних систем, однак виявилось, що застосування ефективних гідроізоляційних систем досить складна справа. У 1960-х роках внаслідок накопичення знань, а також роботи мостового покриття в агресивних середовищах, здебільшого від дії солей, з'явилася концепція водонепроникної системи, з'являються методики дослідження гідроізоляції. В 1976 році в США в Національній програмі спільних досліджень автомобільних доріг (NCHRP) запропоновано випробування ефективності гідроізоляційного матеріалу (Zhou, Zhang, Li, Gao, Chen, & Wang, 2022). А вже 1995 році було узагальнено і вдосконалено старі методи випробування матеріалів для гідроізоляції та висунуто методи випробування та показники оцінки, такі як самостійність, стійкість до статичного навантаження та просочування води (Manning, 1995).

Одним з поширених матеріалів, що забезпечує хорошу гідроізоляцію є гідроізоляційна система на основі метилметакрилатної смоли (ММА), що має понад 50 річну історію застосування. Непроникність води досягається за рахунок багатшарового полімерного покриття Frosch, Kregler, & Strandquist, 2013).

На сьогоднішній день, гідроізоляційні системи на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах в Україні та світі мають широке застосування (рис. 1-3). В Україні є потреба в узагальненні технологічних вимог приготування та застосування.

Актуальність розглянутого питання підвищується тим, що ремонт гідроізоляції пов'язаний з обмеженням руху транспортних засобів на період ремонту, крім того, внаслідок поганого стану гідроізоляції на мостах уже через 15...20 років необхідно проводити капітальний ремонт із заміною або посиленням несучих конструкцій. Застосування надійних та довговічних гідроізоляційних систем, проведення належного та своєчасного ремонту їх, являється ефективніше чим виконання ремонту конструктивних елементів транспортної споруди.

Гідроізоляція повинна бути безперервною та водонепроникною по всій ізолюваній поверхні, у сполученнях з конструктивними елементами, конструкціях деформаційних швів, еластичною за мінусових температур; теплостійкою в умовах літніх температур, стійкою під час влашту-

вання асфальтобетону або литого асфальтобетону із застосуванням полімерно-бітумних в'язучих, здатною сприймати будь-які типи механічних впливів та навантаж, що виникають під час будівництва та експлуатації споруди (Р В.2.3-37641918-934:2023).



Рис. 1. Аварійно-відновлювальні роботи на мості на автомобільній дорозі М-06 Київ-Чоп км 831+711 через р. Тису, Закарпатська область



Рис. 2. Аварійно-відновлювальні роботи на мості на автомобільній дорозі М-06 Київ-Чоп км 831+711 через р. Тису, Закарпатська область



Рис. 3. Влаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на мості через р. Десенка, м. Київ

Мета

Узагальнити існуючі підходи застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах та розроблення рекомендацій щодо улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли.

Методика

Для досягнення поставленої мети, проведено роботу, яка складається з аналізу існуючого досвіду застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли, узагальнення експериментальних досліджень, що дало змогу розробити вимоги до фізико-механічних характеристик складових гідроізоляційної системи, надання рекомендацій, щодо підготовки поверхні під гідроізоляційну систему, розробка підходів з улаштування гідроізоляційної системи.

Результати

Вимоги до матеріалів. Гідроізоляційна система складається, як правило, з трьох шарів – ґрунтовки, гідроізоляційної мембрани, зчпного шару.

Ґрунтовка – це нижній шар гідроізоляційної системи, який утворюється у результаті полімеризації двокомпонентного полімеру на основі ММА. Це є низьков'язка безбарвна рідина (за необхідності її забарвлюють), що складається з основи, каталізатора та спеціальних добавок.

Безпосередньо перед застосуванням додається порошковий каталізатор і ретельно розмішується. Показники фізико-технічних властивостей ґрунтовки наведено в таблиці 1. Показники фізико-технічних властивостей гідроізоляційної мембрани наведено в таблиці 2. Показники фізико-технічних властивостей зчпного шару наведено в табл. 3.

Гідроізоляційна мембрана – це проміжний шар, що утворюється в результаті полімеризації двокомпонентного полімеру на основі акрилових мономерів, модифікованих уретаном. Під час додавання каталізатора відбувається повна полімеризація мономерів. Заполімеризований матеріал являє собою високоеластичний водонепроникний безшовний покрив з високими характеристиками тріщиностійкості.

Гідроізоляційна мембрана не повинна містити компонентів, що викликають корозійне руйнування металу чи цементобетону.

Таблиця 1

Показники фізико-технічних властивостей ґрунтовок

| Назва показників | Нормативні значення показників |
|--|--------------------------------|
| 1. Діапазон температур нанесення, °С | 5...30 |
| 2. Життєздатність за 20 °С, хв не менше ніж | 15 |
| 3. Час полімеризації за 20 °С, хв, не менше ніж | 30 |
| 4. Мінімальний час висихання ґрунтовки до нанесення першого шару гідроізоляційної мембрани, хв: 30 °С, не менше ніж 20 °С, не менше ніж 10 °С, не менше ніж 5 °С, не менше ніж | 30 60 90 180 |
| 5. В'язкість за 25 °С, МПа·сек | 100...130 |
| 6. Щільність, в рідкому стані, г/см ³ , не менше ніж | 0,99 |
| 7. Міцність на розрив, МПа, не менше ніж | 10,0 |
| 8. Відносне подовження на розтягання (еластичність), %, не менше ніж | 62 |
| 9. Теплостійкість, не менше ніж, °С | 230 |
| 10. Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж - цементобетонна - сталева | 0,3 0,3 |
| 11. Хімічна стійкість – стійкість до дії кислот, лужних, сольових розчинів і нафтопродуктів | Стійкі |

Підготовка поверхні транспортних споруд для улаштування гідроізоляційної системи. Поверхня повинна бути сухою, не містити мастильних матеріалів, жиру, частинок, які відшаровуються, цементного молока, пухких матеріалів, бруду, не мати ознак вторинної корозії (ДБН В.2.3-22:2009, 2010; ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013, 2014; ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013, 2014; ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016, 2017; ДСТУ 8904:2019, 2020).

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Таблиця 2

| Показники фізико-технічних властивостей гідроізоляційної мембрани | |
|--|---|
| Назва показників | Нормативні значення показників |
| 1. Колір та вид | Після висихання утворює рівне, однорідне покриття білого, сірого чи жовтого кольору |
| 2. Діапазон температур нанесення, °С | 5...30 |
| 3. Життєздатність за 20 °С, хв не менше ніж | 15 |
| 4. Час полімеризації за 20 °С, хв, не менше ніж | 60 |
| 5. Час висихання до ступеня 3, хв: | |
| 30 °С, не менше ніж | 30 |
| 20 °С, не менше ніж | 60 |
| 10 °С, не менше ніж | 90 |
| 5 °С, не менше ніж | 180 |
| 6. Щільність, в рідкому стані, г/см ³ , не менше ніж | 1,1 |
| 7. Водопоглинання, % за масою, не більше ніж | 1,0 |
| 8. Міцність на розрив, МПа, не менше ніж | 10,0 |
| 9. Відносне подовження на розтягування (еластичність), %, не менше ніж | 100 |
| 10. Теплостійкість, не менше ніж, °С | 230 |
| 11. Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж: | |
| - цементобетонна | 0,3 |
| - сталева | 0,3 |
| 12. Міцність на удар, не менше ніж, см | 30 |
| 13. Хімічна стійкість – стійкість до дії кислих, лужних, сольових розчинів і нафтопродуктів | Стійкі |
| 14. Морозостійкість (за температури 25 °С) | Витримує навантаження |
| 15. Рекомендована товщина сухої плівки кожного шару в двошаровому покритті, E ₅ , мкм, не менше ніж | 1000 |
| 16. Рекомендована товщина сухої плівки в одношаровому покритті, E ₅ , мкм, не менше ніж | 2000 |

Таблиця 3

| Показники фізико-технічних властивостей зчпного шару | |
|---|--------------------------------|
| Назва показників | Нормативні значення показників |
| 1. Діапазон температур нанесення, °С | 5...30 |
| 2. Життєздатність за 20 °С, хв не менше ніж | 15 |
| 3. Час полімеризації за 20 °С, хв, не менше ніж | 30 |
| 4. Мінімальний час висихання зчпного шару, хв: | |
| 30 °С, не менше ніж | 30 |
| 20 °С, не менше ніж | 60 |
| 10 °С, не менше ніж | 90 |
| 5 °С, не менше ніж | 180 |
| 5. В'язкість за 25 °С, МПа*сек | 100...130 |
| 6. Щільність, в рідкому стані, г/см ³ , не менше ніж | 0,99 |
| 7. Міцність на розрив, МПа, не менше ніж | 10,0 |
| 8. Відносне подовження на розтягування (еластичність), %, не менше ніж | 62 |
| 9. Теплостійкість, не менше ніж, °С | 230 |
| 10. Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж: | |
| - цементобетонна | 0,3 |
| - сталева | 0,3 |
| 11. Міцність на удар, не менше ніж, см | 30 |
| 12. Хімічна стійкість – стійкість до дії кислих, лужних, сольових розчинів і нафтопродуктів | Стійкі |

Усі напливи цементобетону, неправильні опалубні стики, гострі опуклі та увігнуті кути повинні бути зашлифовані, вирівняні або зашпакльовані. Усі порожнисті раковини та порожнечі мають бути заповнені.

Репрофілювання улаштуванням цементобетону або цементного розчину, як правило, рекомендується у випадках, коли не дотримані потрібні показники рівності поверхні цементобетонної основи. Ремонтвання також є необхідним тоді, коли на великій площі поверхні перевищені граничні відхилення висоти нерівностей.

З моменту влаштування нової цементобетонної основи має пройти не менше ніж 14 діб. Вона повинна мати 100 % проєктної міцності,

для нанесення гідроізоляції.

У разі застосування будь-яких добавок до цементу або прискорювачів схоплювання цементобетону, потрібно уточнити можливість їх застосування з точки зору сумісності з гідроізоляцією.

Пошкоджені ділянки цементобетону можна відремонтувати, використовуючи розчин для швидкого ремонтування. Якщо для ремонтування цементобетону будуть використовуватися інші матеріали, їх сумісність треба попередньо перевірити, ремонтна суміш повинна бути не нижче ніж R4 (ДСТУ EN 1504-3:2022 (EN 1504-3:2005, IDT), 2023).

Під час очищення поверхні треба контролювати температуру, вологість та точку роси перед початком кожної зміни та двічі на зміну. Температура навколишнього середовища контролюється на відстані не більше ніж 2 м від поверхні, що очищається. Температура сталеві поверхні, за якою можуть виконуватися абразивоструминні роботи, повинна бути на 3 °C вище за точку роси.

Пил, що утворився під час абразивоструминного очищення, повинен бути видалений з поверхні відразу після абразивоструминного очищення за допомогою стисненого повітря за допомогою компресора.

Після відповідної підготовки поверхні з неї повинні бути видалені продукти очищення.

Після того як основа буде очищена треба звести до мінімуму переміщення по ній працівників та техніки, щоб уникнути забруднення. У тих випадках, коли на очищених ділянках використовуються транспортні механізми, треба робити перевірки на наявність витоків палива або мастил. Компресори з витоками потрібно замінити. Якщо це не представляється можливим, витoki на полотні треба локалізувати. Якщо компресори будуть використовуватися для живлення повітряної трубки для обдування поверхні на будь-якій стадії виконання робіт, вони компресори повинні бути оснащені масило-водяним фільтром.

Шорсткість поверхні повинна задовольняти вимоги таблиці 4. Сумарна площа окремих заглиблень і раковин на 1,0 м² на відстані між виступами та западинами від 1,2 мм до 2,5 мм та глибиною до 3,0 мм – не більше ніж 0,2 % площі. Оцінювання шорсткості провадиться візуально.

Роботи з влаштування гідроізоляції розпочинають після одержання висновку генпідрядника на відповідність поверхні транспортної споруди вимогам відповідних стандартів.

До початку виконання робіт рекомендується виконати підтвердження сумісності обраних технологічних процесів на тестових поверхнях в репрезентативних ділянках.

Таблиця 4

Вимоги стосовно шорсткості цементобетонної основи і необхідні заходи

| Система | Висота нерівності R_t , мм | Необхідні заходи |
|---------------|------------------------------|---|
| Гідроізоляція | < 0,5 | Підвищити шорсткість |
| | від 0,5 до 1,2 | Жодних заходів |
| | > 1,2 | Вирівнювання нерівності, надання шорсткості |

Перед тим, як почати нанесення гідроізоляції, підрядник повинен перевірити адгезію гідроізоляції з основою вибірково нанесенням невеликих ділянок даної гідроізоляції, включаючи нанесення ґрунтовки, що дозволяє встановити адгезійну міцність на відрив. Треба виконати щонайменше п'ять випробувань на кожні 500 м². На менших за площею мостах треба отримати не менше шести результатів випробувань.

Вибірковий контроль повинен включати усі варіанти якості підготовки поверхні.

Необхідно визначати час висихання рідких гідроізоляцій (ДСТУ ISO 9117-1:2015, 2015) та їх міцність зчеплення під час розтягу на відрив на поверхні основи визначають (ДСТУ EN 1504-2:2022, 2023).

На цементобетонних та металевих основах на яких буде здійснюватися автомобільний рух, рекомендовано, щоб мінімальна міцність на відрив складала не менше ніж 2,1 МПа.

На цементобетонних та металевих основах на яких буде здійснюватися пішохідний рух, рекомендовано, щоб міцність на відрив складала не менше ніж 1,5 МПа.

Усі результати треба відображати в журналі обліку матеріалів і контролю якості. Також треба зареєструвати характер пошкодження.

Безпосередньо перед влаштуванням гідроізоляції треба убезпечитись візуально, потім інструментально, що цементобетон сухий. Для того щоб уникнути утворення пухирів під час

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

влаштування гідроізоляції цементобетонна основа повинна бути якомога щільнішою.

Контроль цементобетонної основи, як правило, повинен проводитись після завершення підготовки поверхні і перед самим початком гідроізоляційних робіт. Усі випробування повинні бути задокументовані у звіті.

Характеристики поверхні цементобетонної основи повинні відповідати наступним вимогам:

- шліфовані, без випуклостей, гострих граней і шорсткості/нерівності;
- відсутність слідів жирів і плівок від обробки, поверхневих домішок і цементного молочка;
- відсутність нерівної і пористої поверхні, лунок;
- відсутність щебеню, пор і бульбашок повітря;
- відсутність слідів оливи, олій, жирів, тощо;
- відсутність води, пилу і вільних часточок;
- відсутність металевих, дерев'яних і пластикових елементів.

Для несприятливих умов експлуатування, коли покрив сприймає значні осьові навантаги, хімічні впливи і/або різкі коливання температури, цементобетонний покрив після підготовки (NACE No. 6/SSPC-SP 13-2018, 2018; SIA 162/1:1989, 1989; SN 640 450a:2009, 2009) повинні відповідати наступним вимогам:

- поверхнева міцність на відрив – не менше ніж 2,1 МПа;
- профіль поверхні, визначений порівнянням з профілем наждачного паперу заданої зернистості (ISO 6344-3:2013, 2013) – грубий наждачний папір (не менше ніж P-40);
- оцінювання абсорбції цементобетону краплями води (оцінювання вмісту залишкових гідрофобних забруднень) – кут змочування (крайовий кут) краплі води повинен бути рівним 0° (вода розтікається по поверхні).

Додаткові вимоги до металеві основи включають заборону проводити роботи на вологих поверхнях та під час випадання опадів (дощ, сніг) або ймовірності їх випадання до стадії затвердіння покриття на відлип.

Перед виконанням робіт треба провести огляд поверхні ортотропної плити мосту, його стан і наявність пошкоджень. Про результати огляду і можливі заходи, яких треба вжити, по-

трібно повідомити замовника. Замовник приймає рішення щодо необхідності застосування відповідних заходів і надає дозвіл на обробку поверхні.

Абразивне оброблення виконується для очищення металевих поверхонь від оксидів і надання їй оптимальної шорсткості для максимальної адгезії гідроізоляційної системи.

Особливу увагу варто звернути на очищення зварних швів, раковин, країв. Гострі крайки перед очищенням усуваються механічним способом.

Наявні зварні шви треба перевірити на наявність пор і інших дефектів. Розшарування і гострі крайки перед очищенням усуваються механічним способом (шліфувальною машиною).

Гострі крайки повинні бути закруглені до радіусу не менше ніж 3 мм.

Після проведення зварювальних робіт із сталеві поверхні треба ретельно видалити шлак і інші забруднення.

Усі поверхні повинні бути очищені від іржі, бруду, прокатної окалини та інших забруднень.

Компресори повинні забезпечувати подачу стисненого повітря для абразивного очищення в кількості не менше ніж $9 \text{ м}^3/\text{хв}$ з тиском у соплі не менше ніж 7 атм.

Перед очищенням треба:

- у кожен змін перевіряти наявність вологи та оливи в поданні повітря. Якість очищення повітря перевіряють, спрямовуючи струмінь стисненого повітря з сопла на аркуші чистого білого паперу. Чистоту повітря вважають достатньою, якщо під час обдування протягом однієї хвилини на папері не з'являється слідів оливи та вологи. Під час незадовільного очищення повітрям треба замінити фільтр;

- перевірити наявність вологи та оливи на оброблюваній поверхні, яка видаляється, а місця масляних плям – знежирюються.

Механічне очищення проводиться у випадках, коли абразивне очищення неможливе. Видима олива, мастило та інші забруднення також видаляються. За малих зон очищення та у важкодоступних місцях дозволено застосування металевих щіток (ручних та механічних).

Після закінчення абразивного або механічного очищення забруднення, пил та абразив видаляються обдуванням стисненим повітрям або промисловими пирососами.

Контроль очищення від оксидів здійснюється за допомогою профілометра або візуально порівнянням, шляхом порівняння з еталонами, відповідними потрібного ступеня очищення.

Не дозволено забруднення поверхні, що готується, такими речовинами, які впливають на здатність зчеплення ґрунтового шару, наприклад, жиром, оливою, вологою, пилом тощо.

Оливні та жирові забруднення повинні бути видалені очищенням розчинником.

Основний метод визначення наявності оливи – візуальний.

Для підготовки поверхні ортотропної плити рекомендуються дві наступні процедури:

– механічна підготовка поверхні за допомогою абразивоструминного очищення, відповідно рівень підготовки поверхні становить Sa 2½.

Шорсткість профілю поверхні повинна бути в межах 35...90 мкм та перевіряється за еталонним порівнянням – компаратором типу G – під час абразивоструминного очищення. Шорсткість профілю поверхні може встановлюватися за рекомендаціями виробника матеріалів.

Вимірювання треба виконувати на кожному елементі конструкцій або один вимір на кожні 100 м², а також сумнівних чи важкодоступних для абразивної очистки місцях.

Якщо під час візуального огляду окалина та іржа не виявляються, поверхня має однорідний колір.

Додатково треба звернути увагу на такі особливості сталі, які пов'язані із її високою теплопровідністю:

- швидке охолодження і нагрівання основи;
- утворення конденсату на основі.

В межах трьох годин за відносної вологості повітря не вище ніж 80 % після абразивоструминного очищення і до того, як ортотропна плита забрудниться чи знову окислиться, потрібно з поверхні повністю видалити весь використаний абразив і всі продукти очищення і заґрунтувати сталеві поверхні, в тому числі і оцинковані.

Загальні підходи з улаштування гідроізоляційної системи. Гідроізоляційна мембрана на основі ММА виробляється і улаштовується за технологічною документацією.

До початку робіт з улаштування гідроізоляції прогонової будови мосту треба розмістити на будівельному майданчику необхідні матеріали, допоміжні засоби та механізми у відповід-

ності до технології та строків виконання робіт.

Матеріали, необхідні для виконання робіт з гідроізоляційного захисту, повинні бути завезені на об'єкт в кількості, необхідній для виконання всього об'єму робіт, бажано без перерв. Таким чином забезпечується поточний метод технологічного процесу влаштування та суцільність гідроізоляції.

Гідроізоляцію влаштовують за технологією у вигляді системи (NACE No. 6/SSPC-SP 13-2018, 2018; SIA 162/1:1989, 1989; SN 640 450a:2009, 2009), що складається з трьох міцно пов'язаних між собою хімічно однорідних шарів (Р В.2.3-37641918-934:2023):

– нижній шар – ґрунтовка (праймер), товщина сухої плівки 0,30...0,75 мм – антикорозійне полімерне покриття з високою адгезією до поверхні цементобетону чи металу та до проміжного шару, забезпечує для цементобетонних поверхонь закриття пор, зміцнення поверхневого шару цементобетону, адгезію матеріалу до основи, знепилювання, а для металевих поверхонь – антикорозійний захист металеві поверхні від окислення після абразивоструминного очищення та адгезію гідроізоляційного матеріалу до основи. Ґрунтовка може містити зчипний шар з мінерального матеріалу;

– проміжний шар – гідроізоляційна мембрана – одно або багато шарове, високоеластичне водонепроникне безшовне покриття, товщина сухої плівки 2,0...3,0 мм, яка забезпечує водонепроникність по всій поверхні, що гідроізолюється;

– поверхневий зчипний шар – зносостійкий, тріщиностійкий, хімічно та атмосферостійкий, у тому числі до дії ультрафіолетових променів, покрив, що забезпечує адгезію матеріалу гідроізоляційної мембрани з ущільненим або литим асфальтобетоном проїзної частини транспортної споруди.

До початку нанесення гідроізоляційної системи виконують такі заходи:

- на ділянці виконання робіт завершують загальнобудівельні роботи;
- забезпечують об'єкт усіма необхідними гідроізоляційними матеріалами;
- перевіряють відповідність похилів поверхні, на яку гідроізоляція наноситься, проектним величинам;
- перевіряють надійність системи водовід-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

ведення;

- забезпечують сухість поверхні, на яку гідроізоляція наноситься;
- готують до роботи установку безповітряного розпилення;
- проводять інструктаж на робочому місці;
- запобігають пересуванню працівників та механізмів по нанесених шарах гідроізоляції.

Під час нанесення гідроізоляційної системи температура робочих поверхонь, навколишнього середовища та матеріалів, що наносяться, повинна відповідати вимогам технічної документації на конкретний матеріал.

Після закінчення робіт обладнання очищується розчинником, зазначеним у документації на матеріал, що застосовується.

Роботи з гідроізоляції виконуються у такій послідовності:

- підготовка поверхні під гідроізоляційну систему;
- нанесення захисної ґрунтовки (з можливим розсипом кварцового піску);
- нанесення гідроізоляційної мембрани;
- нанесення поверхневого захисного зчипного шару (з можливим розсипом кварцового піску або нанесення бітумів дорожніх, модифікованих полімерами, бітумів дорожніх, модифікованих комплексами добавок, модифікованих емульсій бітумних дорожніх).

Під час влаштування гідроізоляційної системи використовується обладнання:

- компресор продуктивністю 5...7 м³/хв для подачі повітря на насос для забезпечення безповітряного розпилення;
- обладнання для сушіння основи гарячим повітрям (газові пальники чи теплова гармата);
- міксер – електродриль з спіралеподібною насадкою;
- валики з ворсом середньої довжини з розчинно-стійкого матеріалу;
- набір реверсивних сопел з обмежувачами розпилення;
- багатокомпонентна насосна система, встановлена на мобільний візок;
- шланги високого тиску;
- розпилювальні пістолети з шарнірним роз'ємом для розпилювальних шлангів;
- набір змінних ніпелів для пістолетів;
- поліетиленові листи для захисту основи від бризок під час розмішування та захисту від розбризкування під час розпилення;

– ручні візки для транспортування бочок із матеріалом.

Виконана за проектом гідроізоляція повинна бути:

- водонепроникною по всій поверхні, яку ізолюють, у місцях сполучення з водовідвідними трубками та конструкціями деформаційних швів;
- герметичною у місцях примикань до тротуарів та інших виступаючих елементів;
- міцно зчепленою із ізолюваною поверхнею і зберігати міцність зчеплення за зсуву;
- міцною і зберігати еластичність у часі та інтервали розрахункових температур;
- монолітною та безперервною, без здуття, бульбашок та хвилястості;
- цілісною та зберігати гідроізоляційні властивості, не ушкоджуватись у разі тривалих впливів постійної та тимчасової навантаги і можливих деформацій цементобетону у разі виникнення на ізолюваній поверхні тріщин з розкриттям, допустимих нормами проектування (розкриттям до 0,3 мм) відповідно до вимог (ДБН В.2.3-22:2009, 2010);
- здатною перекривати тріщини;
- хімічно та біологічно стійка та стійка до проникнення хлорид-іонів;
- тепло та морозостійка, вплив теплової навантаги не повинен істотно впливати на показники матеріалу;
- без компонентів, які спричиняють корозію цементобетону та металу.

Основні підходи з влаштування ґрунтовок. Застосовуються ґрунтовки, які сохнуть природнім (безвологісним) шляхом або за рахунок вологості повітря.

Для металевих основ може застосовуватися:

- однокомпонентна ґрунтовка на основі ММА, що висихає за рахунок випаровування розчинника;
- двокомпонентна, неорганічна цинкнаповнена етил-силікатна ґрунтовка, що швидко висихає та затверджується вологою повітря, містить розчинник і 85 % цинку масою в сухій плівці.

На цементобетонних основах:

- швидкотверднуча, активна, двокомпонентна ґрунтовка, що не містить розчинник, виготовлена на основі ММА.

Під час нанесення шару ґрунтовки на робочі поверхні використовуються апарати безпові-

ряного розпилення. Дозволено ручне нанесення ґрунту – пензлем, валиком.

Під час нанесення шару ґрунтовки до її затвердіння можливе нанесення на поверхню дрібного заповнювача фракції 0,14...1,25 мм. Нанесення дрібного заповнювача створить шар для підвищення зчпних властивостей. Розмір фракцій дрібного заповнювача для підвищення зчпних властивостей може бути прийнятний інший за відповідного обґрунтування.

Нанесення дрібного заповнювача на поверхню здійснюється механічним або ручним способом з орієнтовною витратою до 1 кг/м², та потрібно наносити таким чином, щоб окремі частки падали на поверхню вертикально.

Після затвердіння ґрунтовки весь надлишок дрібного заповнювача повинен бути видалений з поверхні.

Улаштування гідроізоляційної мембрани.

Під час улаштування гідроізоляційної мембрани методом безповітряного розпилення рекомендовано влаштовувати два шари з метою досягнення товщини сухої плівки покриття кожного шару не менше ніж 1,0 мм або один шар з товщиною сухої плівки не менше ніж 2,0 мм.

Витрата матеріалу може змінюватись в залежності від текстури основи, але зазвичай складає 1,8...1,9 кг/м² для кожного шару під час нанесення у два шари та 3,6...3,8 кг/м² за нанесення в один шар, що відповідає товщині мокрого шару покриття 1,2...1,3 мм та 2,4...2,6 мм відповідно.

Гідроізоляційна мембрана складається з двох компонентів: компонента А, компонента В та порошкового каталізатора, що поставляється в строго дозованій кількості, готовий для приготування суміші за місцем. Безпосередньо перед використанням обидва компоненти А і В треба ретельно перемішати за допомогою електричного міксера 150...300 об/хв з спіралеподібною насадкою.

У компоненти треба додати порошкового каталізатора в співвідношенні рекомендованим виробником і ретельно вимішати суміш механічним міксером не менше ніж 5 хв. до повного розчинення в компоненті В.

З моменту додавання каталізатора компонент переходить у нестійкий стан. Щоб уникнути його передчасного застигання, отриманий розчин треба використовувати у межах його життєздатності.

Час життєздатності компонента В з доданим до нього порошковим каталізатором для кожної конкретної температури треба вважати максимальним часом між внесенням каталізатору у компонент В і часом закінчення нанесення гідроізоляційної мембрани.

Рекомендовано наносити гідроізоляційну мембрану ручним способом (валиком, щіткою) під час ремонтування окремих ділянок.

У такому разі рівна кількість компонентів А і В змішується в окремій ємності та ретельно перемішується. Отримана суміш наноситься з допомогою шпателя.

Забороняється додавати порошковий каталізатор у компонент А, оскільки його додавання викликає реакцію, що тягне за собою негайну полімеризацію компонента А та перехід його в гелеподібний стан.

Не дозволяється використовувати розчинник для розведення матеріалів.

Витрату матеріалу потрібно постійно контролювати. Загальну вагу використаного матеріалу в порівнянні з покритою сумарною площею реєструють у журналі виконання робіт.

Треба використовувати маскувальну стрічку, захисні листи або інші доступні засоби для обмеження зон розпилення.

Гідроізоляційну мембрану наносять в один або два шари. Перший шар мембрани фарбують жовтим або сірим пігментом, а другий шар – білим чи сірим.

Перший шар мембрани наносять не раніше, ніж після закінчення мінімального часу висихання ґрунтовки.

Ґрунтовка має обмеження за максимальним часом до нанесення першого шару гідроізоляційної мембрани, що становить 96 год.

Якщо поверхня ґрунтовки волога через опади, то перед нанесенням мембрани поверхню потрібно висушити. Сушіння виконують струменем стиснутого повітря від компресора. Показником відсутності вологи на поверхні є відсутність вологих плям під час протирання за допомогою промокального паперу. Для сушіння поверхні, покритої ґрунтовкою, треба уникати відкритого вогню чи гарячого повітря.

Компонент А та компонент В у пропорції повинні розпилюватися з використанням обладнання з безповітряним розпиленням, яке дозує компонент А та компонент В пропорції 1:1, і змішує їх спільно в системі подачі компонентів.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Не дозволено змішувати компонент А та компонент В у ємностях до проходження через розпилювальний апарат, крім випадків ремонтування дефектів ручним способом за допомогою шпателя, коли компоненти змішуються в невеликій кількості в окремій тарі.

Тиск на виході з насосу має бути таким, щоб забезпечувати задовільний смолоскип розпилення, але не надто високий, щоб не допустити сповзання або хвилястість матеріалу.

Максимальний тиск на виході має бути від 7,0 МПа до 11,5 МПа. Розпилення має бути безперервним. У разі затримок під час розпилення потрібно промити систему розчинником (ацетон), щоб уникнути гелеутворення у шлангах або насосі, що може призвести до його поломки.

Товщину гідроізоляційної мембрани, за необхідності, збільшують за згодою інженера-інспектора щодо фарбування. Установлену товщину потрібно постійно перевіряти під час нанесення і зберігати до краю гідроізоляційної мембрани.

Не дозволяється витончувати до нульової товщини край гідроізоляційної мембрани.

Треба наносити її до краю, зберігаючи задану товщину.

Після висихання першого шару гідроізоляційної мембрани треба візуально перевірити щодо виявлення можливих дефектів. Виявлені дефекти ремонтують згідно з додатком Б та наносять другий шар після до їх повного затвердіння.

Другий шар гідроізоляційної мембрани виконують до закінчення часу життєздатності.

Час повного висихання мембрани, до закінчення якого не дозволено переміщення по її поверхні людей та пересувних засобів, складає час, вказаний у таблиці 6.2 плюс 30 хв.

За нанесення мембрани у два шари рекомендується наносити другий шар не пізніше 48 год після нанесення першого шару мембрани, але у випадках непередбачених обставин, дозволено збільшення цього часу до 120 год з попередньою перевіркою поверхні на предмет забруднення.

У випадках, якщо поверхня першого шару волога через опади, перед нанесенням другого шару гідроізоляційної мембрани поверхню потрібно висушити струменем стисненого повітря від компресора.

Показником відсутності вологи на поверхні є відсутність вологих плям під час протирання за допомогою промокального паперу. Для сушіння поверхні мембрани треба уникати відкритого вогню.

Другий шар гідроізоляційної мембрани повинен бути нанесений на затверділий перший шар без будь-якої підготовки, крім видалення вологи та сміття, наприклад, пилу, піску тощо. Видалення сміття треба проводити струменем стиснутого повітря від компресора.

Після нанесення та затвердіння другого шару гідроізоляційної мембрани його треба перевірити візуально та у разі виявлення будь-яких дефектів їх ремонтують згідно з додатком Б. Усунення дефектів у другому шарі потрібно виконувати так, як і в першому шарі.

Після нанесення другого шару мембрани, щоб уникнути його псування, не дозволено переміщення по його поверхні людей та пересувних засобів раніше мінімального часу висихання мембрани, зазначеного у таблиці 2 плюс 30 хв.

У разі нанесення гідроізоляційної мембрани в один шар завтовшки 2,0 мм і більше контроль суцільності поверхні здійснюється за допомогою електроіскрового дефектоскопа. Під час проходження металеві щітки дефектоскопа над місцем проколу мембрани відбувається пробій струму основи моста і лунає звуковий сигнал. Це місце локалізують і виконують ремонтування. Так ремонтують усі пошкодження суцільності гідроізоляційної мембрани, у тім числі і ті, що не визначені візуально.

Якщо раніше нанесена гідроізоляційна мембрана не забруднена на ділянці стику, що перекривається, немає необхідності в додатковій підготовці поверхні. У разі забруднення, на цій ділянці роблять зачистку місця перекриття на 100 мм просоченим розчинником (ацетоном) наждачним папером.

У місцях стику нової гідроізоляційної мембрани з раніше нанесеною, добового віку та більше, новий шар повинен перекривати існуючий не менше ніж на 50 мм, внаслідок чого утворюється сходинка, що не впливає на характеристики мембрани та її властивості.

Основні підходи з улаштування зчпного шару. Залежно від матеріалу дорожнього одягу на гідроізоляційну мембрану наносяться різні зчпні шари:

– зчипний шар холодного нанесення, який активізується за високої температури для отримання зчеплення між мембраною та дорожнім покритвом;

– зчипний шар гарячого нанесення на основі бітумів дорожніх, модифікованих полімерами та бітумів дорожніх, модифікованих комплексами добавок.

Зчипний шар холодного нанесення є двокомпонентним, без вмісту розчинника матеріал на основі MMA, що може виконувати додаткову захисну функцію для гідроізоляційної мембрани. Вимоги до фізико-технічних властивостей зчипного шару наведено в таблиці 3.

Зчипний шар холодного нанесення наноситься рівномірно на мембрану за допомогою пензля, валика або безповітряного розпилювача з витратою 0,17...0,20 кг/м².

Треба уникати розливів та появи калюж матеріалу. Надлишок зчипного шару треба видалити або рівномірно розмазати пензликом або сухим валиком.

Під час влаштування зчипного шару до його затвердіння можливе нанесення на поверхню дрібного заповнювача фракції 1,25...3,00 мм. Нанесення дрібного заповнювача створить шар для підвищення зчипних властивостей. Розмір фракцій дрібного заповнювача для підвищення зчипних властивостей може бути прийнятний інший за відповідного обґрунтування.

Нанесення дрібного заповнювача на поверхню здійснюється механічним або ручним способом з орієнтовною витратою до 3 кг/м², та потрібно наносити таким чином, щоб окремі частки падали на поверхню вертикально.

Після затвердіння зчипного шару весь надлишок дрібного заповнювача повинен бути видалений з поверхні.

Час висихання залежить від температури навколишнього середовища, але в середньому становить 60 хв за 20 °С. Під час огляду нанесеного зчипного шару на ньому не має бути липких ділянок та місць, де він м'який на дотик. За наявності таких ділянок, перед нанесення наступного шару потрібно надати додатковий час для повного висихання.

Бітуми дорожні, модифіковані полімерами та бітуми дорожні, модифіковані комплексами добавок, для зчипного шару, повинні мати властивості не нижчі ніж бітуми дорожні, що застосовуються для виготовлення асфальтобетонної

суміші для даного об'єкту. Можливе застосування модифікованих емульсій бітумних дорожніх.

Ефективність застосування зчипного шару визначається на основі проведення експериментальних досліджень зчеплення асфальтобетону до основи.

Наукова новизна та практична значимість

У результаті проведених досліджень вперше узагальнено вимоги до складових гідроізоляційної системи, а саме: ґрунтовки, гідроізоляційної мембрани, зчипного шару. В роботі удосконалено вимоги до цементобетонної та металевої основи з урахуванням сучасних європейських вимог. Розроблено основні підходи з улаштування гідроізоляційної системи.

Висновки

На основі проведених досліджень застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах узагальнено вимоги до ґрунтовки, гідроізоляційної мембрани, зчипного шару.

В роботі наведено рекомендації з підготовки поверхні транспортних споруд для улаштування гідроізоляційної системи, які доповнюють діючі нормативні документи України.

В роботі наведено основні технологічні операції та особливості улаштування гідроізоляційної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Frosch, R. J., Kreger M. E. & Strandquist, B. V. (2013). *Implementation of Performance-Based Bridge Deck Protective Systems*. Publication FHWA/IN/JTRP-2013/12. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- ISO 6344-3:2013 (2013). *Coated abrasives – Grain size analysis – Part 3: Determination of grain size distribution of microgrits P240 to P2500*.
- Manning D. G. (1995). *Waterproofing membranes for concrete bridge decks, NCHRP Synthesis of Highway Practice 220*. Washington DC: National academy press.
- NACE No. 6/SSPC-SP 13-2018 (2018). *Surface Preparation of Concrete*.
- SIA 162/1:1989 (1989). *Betonbauten Materialprüfung*.
- SN 640 450a:2009 (2009). *Die Norm gilt für Abdicatungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf*.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- Brücken mit Fahrbahnplatten aus Beton.*
Zhou Lu, Zhang Dan, Li Xiaogang, Gao Zhiwei, Chen Qian & Wang Chaohui (2022). Overview: Application of Resin Waterproof Adhesive Materials in Bridge Deck Pavement in China. *Advances in Civil Engineering*, 2022, 2320374. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/2320374>
- ДБН В.2.3-22:2009 (2010). *Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Споруди транспорту.* Київ: Мінрегіонбуд.
- ДСТУ EN 1504-2:2022 (2023). *Вироби і системи для захисту й ремонту бетонних конструкцій. Визначення, вимоги, контроль якості та оцінювання відповідності. Частина 2. Системи захисту поверхні бетону (EN 1504-2:2004, IDT).* Київ: ДП «УкрНДНЦ».
- ДСТУ EN 1504-3:2022 (EN 1504-3:2005, IDT) (2023). *Вироби і системи для захисту й ремонту бетонних конструкцій. Визначення, вимоги, контроль якості та оцінювання відповідності. Частина 3. Ремонт несівних та ненесівних конструкцій.* Київ: ДП «УкрНДНЦ».
- ДСТУ ISO 9117-1:2015 (2015). *Фарби та лаки. Контроль висихання. Частина 1. Визначення стану та часу повного висихання (ISO 9117-1:2009, IDT).* Київ: ДП «УкрНДНЦ».
- ДСТУ 8904:2019 (2020). *Настанова з улаштування гідроізоляції проїзної частини автодорожніх мостів.* Київ: ДП «УкрНДНЦ».
- ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016 (2017). *Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб.* Київ: ДП «УкрНДНЦ».
- ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 (2014). *Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії.* Київ: ДП «УкрНДНЦ».
- Онищенко, А. М., Різніченко, О. С., & Невінгловський, В. Ф. (2013). Методика визначення втрати міцності зчеплення гідроізоляційного матеріалу між асфальтобетоном і цементобетонною основою при зсуві після впливу водоморозних факторів. *Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка*, 50, 103-106.
- Р В.2.3-37641918-934:2023 (2023). *Рекомендації з улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах.* Київ: ДП «УкрНДНЦ».

A. M. ONYSHCHENKO¹, M. V. HARKUSHA^{2*}, O. V. FEDORENKO³, I. YU. HARKUSHA⁴

¹ Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, National Transport University, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, Kyiv, Ukraine, 01010, tel. +38 (044) 280 79 78, e-mail onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, ORCID 0000-0002-1040-4530

^{2*} Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, National Transport University, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, Kyiv, Ukraine, 01010, tel. +38 (096) 628 79 05, e-mail mykola.harkusha@ntu.edu.ua, ORCID 0000-0002-5388-0561

³ Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, National Transport University, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, Kyiv, Ukraine, 01010, tel. +38 (044) 280 79 78, e-mail kyivavtodor@kyivcity.gov.ua ORCID 0000-0002-3464-597X

⁴ Department of Foreign Languages, National Transport University, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, Kyiv, Ukraine, 01010, e-mail inna.maschinina@gmail.com, ORCID 0009-0006-9765-3711

APPLICATION OF WATERPROOFING SYSTEMS BASED ON METHYL METHACRYLATE RESIN ON TRANSPORT STRUCTURES

Purpose. Summarize existing approaches to the use of waterproofing systems based on methyl methacrylate resin on transport structures and develop recommendations for the installation of waterproofing systems based on methyl methacrylate resin. **Methodology.** To achieve the goal, the work was carried out, which consists of the analysis of the existing experience in the use of waterproofing systems based on methyl methacrylate resin, the generalization of experimental studies, which made it possible to develop requirements for the physical and mechanical characteristics of the components of the waterproofing system, the provision of recommendations for the preparation the surface for the waterproofing system, development of approaches to the arrangement of the waterproofing system. **Findings.** Based on the conducted studies, the existing approaches to the application of waterproofing systems based on methyl methacrylate resin on transport structures were summarized and recommendations were developed for the installation of waterproofing systems based on methyl methacrylate resin. **Originality.** As a result of the conducted research, the requirements for the components of the waterproofing system were summarized for the first time, namely: primer, waterproofing membrane, adhesive layer. The work improved the requirements for cement-

concrete and metal foundations, considering modern European requirements. The main approaches to the arrangement of the waterproofing system have been developed. **Practical value.** The results of the research are relevant and necessary, waterproofing systems based on methyl methacrylate resin are widely used in transport structures, but there are no general requirements for these waterproofing systems. The paper proposes generalized requirements for materials, preparation and installation of waterproofing systems based on methyl methacrylate resin on transport structures.

Keywords: asphalt concrete cover; waterproofing system; waterproofing membrane; primers; adhesion layer; methyl methacrylate resin; transport structure

REFERENCES

- Frosch, R. J., Kreger M. E. & Strandquist, B. V. (2013). *Implementation of Performance-Based Bridge Deck Protective Systems*. Publication FHWA/IN/JTRP-2013/12. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana. (in English)
- ISO 6344-3:2013 (2013). *Coated abrasives – Grain size analysis – Part 3: Determination of grain size distribution of microgrits P240 to P2500*. (in English)
- Manning D. G. (1995). *Waterproofing membranes for concrete bridge decks, NCHRP Synthesis of Highway Practice 220*. Washington DC: National academy press. (in English)
- NACE No. 6/SSPC-SP 13-2018 (2018). *Surface Preparation of Concrete*. (in English)
- SIA 162/1:1989 (1989). *Betonbauten Materialprüfung*. (In German)
- SN 640 450a:2009 (2009). *Die Norm gilt für Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Brücken mit Fahrbahnplatten aus Beton*. (In German) (in English)
- Zhou Lu, Zhang Dan, Li Xiaogang, Gao Zhiwei, Chen Qian & Wang Chaohui (2022). Overview: Application of Resin Waterproof Adhesive Materials in Bridge Deck Pavement in China. *Advances in Civil Engineering*, 2022, 2320374. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/2320374> (in English)
- BN V.2.3-22:2009 (2010). *Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia. Sporudy transportu*. Kyiv: Minrehionbud. (in Ukrainian)
- DSTU EN 1504-2:2022 (2023). *Vyroby i systemy dlia zakhystu y remontu betonnykh konstruksii. Vyznachennia, vymohy, kontrol yakosti ta otsiniuvannia vidpovidnosti. Chastyna 2. Systemy zakhystu poverkhni betonu (EN 1504-2:2004, IDT)*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- DSTU EN 1504-3:2022 (EN 1504-3:2005, IDT) (2023). *Vyroby i systemy dlia zakhystu y remontu betonnykh konstruksii. Vyznachennia, vymohy, kontrol yakosti ta otsiniuvannia vidpovidnosti. Chastyna 3. Remont nesivnykh ta nenesivnykh konstruksii*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- DSTU ISO 9117-1:2015 (2015). *Farby ta laky. Kontrol vysykhannia. Chastyna 1. Vyznachennia stanu ta chasu povnogo vysykhannia (ISO 9117-1:2009, IDT)*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- DSTU 8904:2019 (2020). *Nastanova z ulashtuvannia hidroizoliatsii proiznoi chastyny avtodorozhnikh mostiv*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- DSTU-N B V.2.3-34:2016 (2017). *Nastanova z vykonannia robit pry budivnytstvi mostiv ta trub*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- DSTU-N B V.2.6-186:2013 (2014). *Nastanova shehodo zakhystu budivelnykh konstruksii budivel ta sporud vid korozii*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- Onyshchenko, A. M., Riznichenko, O. S., & Nevinhlovskiy, V. F. (2013). Metodyka vyznachennia vtraty mitsnosti zcheplennia hidroizoliatsiinoho materialu mizh asfaltobetonom i tsementobetonnoiu osnovoiu pry zsuvi pislia vplyvu vodomoroznykh faktoriv. *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika*, 50, 103-106. (in Ukrainian)
- R V.2.3-37641918-934:2023 (2023). *Rekomendatsii z ulashtuvannia hidroizoliatsiinykh system na osnovi metylmetakrylatnoi smoly na transportnykh sporudakh*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 29.03.2024.

Прийнята до друку 20.04.2024.