УДК 625.7/8 **https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12(22)-25**

Сучасні матеріали для герметизації швів в дорожніх покриттях і конструктивних елементах автомобільних доріг

Modern materials for sealing seams in road surfaces and structural elements of automobile roads

Фоменко О.О., асис. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків), Сєдов А.В., к.т.н., доц. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків)

Fomenko O.O., assistant (Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv), Siedov A.V., Ph.D., assoc. (Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv)

Стаття присвячена проблемі забезпечення гідроізоляційного та пароізоляційного захисту від впливу просочування води або протиожеледного розчину солі. Порушується питання про те, що в поточних умовах сучасного будівництва не завжди належно приділяють увагу питанню якісного гідроізоляційного покриття, яке в свою чергу є одним з найважливіших компонентів для збереження довговічності, для забезпечення міцності та надійності основних конструктивів транспортних споруд. Крім цього в даній статті авторами докладно розглядаються різні види гідроізоляційних матеріалів та дорожньої техніки для влаштування гідроізоляції. Виконано аналіз факторів, які визначають якість влаштування гідроізоляції деформаційних швів дорожніх покриттів.

Motorway structures are constantly in direct contact with natural and climatic factors. The article is devoted to the problem of providing waterproofing and vapor barrier protection against the effects of water seepage or anti-icing salt solution. The question is raised that in the current conditions of modern construction, not always proper attention is paid to the issue of high-quality waterproofing coating, which, in turn, is one of the most important components for preserving durability, for ensuring the strength and reliability of the main constructions of transport structures. In addition, in this article, the authors consider various types of waterproofing materials and road equipment for installing waterproofing. Rolled materials, liquids, mastics, pastes, and powders can be waterproofed. Waterproofing mastics and pastes differ from sealants in that they contain a significant amount of filler and their main purpose is to protect the material from moisture. An effective option for modern waterproofing of cracks and deformation joints of concrete coatings is the use of cold-applied thermosetting sealants, especially silicones. They have good adhesion, and a small modulus of elasticity, so it is advisable to recommend them for filling narrow cracks. Such sealants are acceptable for cracks that have a wetted surface. Cold sealants are used at air temperatures above 5 °C. It is advisable to use the two-component, bitumen-latex, highly elastic waterproofing material FLEXIGUM-HP on fairly responsible structures, which is distributed on the treated

surface by cold spraying with special equipment. In foreign countries, the use of sealing deformation joints with rubber templates of various profiles, in particular with polychloroprene silicone gaskets, has expanded. An analysis of the factors that determine the quality of the installation of waterproofing of deformation joints of road surfaces was performed.

Ключові слова: конструкція гідроізоляції, використання сучасного обладнання, герметик, мастика, гумові шаблони.

Keywords: construction of waterproofing, use of modern equipment, sealant, mastic, rubber templates.

Конструкції автомобільних доріг постійно контактують безпосередньо з природньо-кліматичними чинниками. Одним з найбільш впливових серед них є волога. Часто вона викликає початкові руйнування споруд та прискорює їх розвиток в процесі експлуатації автомобільної дороги. Захист елементів дороги від руйнівної дії вологи поділяють на зовнішній (поверхневий) та внутрішній. Способи боротьби з дією вологи поєднують наступні: вдосконалення самих конструкцій (збільшення їх щільності, створення перепон руху вологи матеріалом конструкції, дренажів), встановлення додаткових захисних виробів, а також застосування зовнішньої та внутрішньої гідроізоляції та герметизації споруд. Якість гідроізоляції залежить від богатьох чинників (рис. 1) [1].

Рис. 1. Класифікація чинників, які визначають якість влаштування гідроізоляції деформаційних швів дорожніх покриттів

Для гідроізоляції можуть використовуватись рулонні матеріали, рідини, мастики, пасти, порошки. Гідроізоляційні мастики, пасти різняться від герметиків наявністю в них значної кількості наповнювача та основним призначенням – захистом матеріалу від дії вологи. Герметики повинні забезпечити повну ізоляцію об'єкта від зовнішнього середовища.

За температурою використання дорожні мастики поділяють на гарячі та холодні. За рухомістю серед мастик маємо: в'язкі, пластичні, клеєві. До розповсюджених різновидів мастик відносять: бітумні, бітумногумові, бітумнополімерні, тіоколові мастики.

Мастики часто наносять на грунтовочні прошарки, бітумні праймери. Праймер – в'яжучий матеріал для первинної обробки основи, ґрунтовка, грунтовочний прошарок.

Бітумний праймер переважає мастики за наступними характеристиками:

– кращі антикорозійні властивості;
– швидке висихання;
– допускається наносити на вологу поверхню, натомість мастику наносять лише на суху поверхню;
– краща адгезія та прилипання до основи.

Порошкоподібні наповнювачі у складі дорожніх мастик повинні бути водостійкими, хімічноінертними, не набрякати і не вступати в хімічні реакції в період будівництва та експлуатації дорожніх покриттів.

Вибір матеріалу для герметизації тріщин, деформаційних швів покриттів (рис. 2) залежить від наступних чинників:

– виду пошкоджень;
– стану тріщин і швів при їх повторній герметизації;
– інтенсивності руху;
– кліматичних умов;

Рис. 2. Герметизація тріщин та швів

– складу транспортного потоку;
– об'єму робіт;
– вартості і доступності ремонтного матеріалу;
– екологічності матеріалу;
– досвіду виконання робіт;
– довговічності гідроізоляції;
– відповідності до вимог охорони праці.

До основних властивостей дорожніх мастик відносять: температуру розм'якшення, умовну в'язкість за температури 25°С, розтяжність за температури 25°С, еластичність, температуру крихкості, гнучкість на стрижні діаметром 2 см, щільність, гнучкість після прогрівання впродовж 100, 200, 300 годин, температуру розм'якшення після прогрівання протягом 100, 200, 300 годин.

В Україні зростає потреба в сучасних матеріалах для герметизації тріщин в існуючих асфальтобетонних покриттях.

Нові технології влаштування гідроізоляції на дорожніх об'єктах зумовлені використанням вдосконаленої або нової сучасної техніки, застосуванням нових гідроізоляційних або герметизуючих матеріалів та принципово нових технологій.

В дорожній галузі мають справу з гідроізоляцією мостів, бетонних, залізобетонних дорожніх покриттів, водопропускних залізобетонних труб та різних аеродромних покриттів. Роботи на аеродромах виконують з дотриманням підвищених вимог, тому що наявність на покриттях сторонніх предметів недопустима.

Рис. 3. Ручні заливщики ВРМ-100, SHG-100

При виборі дорожньої техніки для влаштування гідроізоляції переваги віддають заливщикам швів з комплектом обладнання, що забезпечує увесь цикл робіт. Сучасні заливщики класифікують на ручні, пересувні, непересувні, причіпні до тягача та самохідні [2, 3]. До популярних ручних заливщиків відносять моделі таких виробників: Mini Meher 10, SKY-S40,

NorthStar, Hand Held Pour Pot, Pot with Wheels, BPM-100, SHG-100 (рис. 3) та інші.

Сучасні універсальні заливщики мають вигляд автономних машин з повним комплектом необхідного облаштування. Вони мають специфічну систему розігріву та підтримання робочої температури герметизуючого матеріалу через нагрівання термічного мастила (температурний поріг кипіння – до 330°С), поміщеного в контур (мастильна сорочка). Такий розігрів здійснюють двома способами: через захисний екран і через ванну. Перемішування компонентів мастики виконують виключно лопатевими мішалками, конфігурація лопатей усуває випадіння складових або сумішей в осад. Альтернативний метод використовує подвійну циркуляцію заливочного матеріалу по магістралях обладнання. Урізноманітнився набір насадок заливочного списа для зручності розподілу мастики в шви або тріщини покриття, завдяки чому зросла продуктивність роботи, зменшились втрати матеріалу та якість виконання роботи.

Основні виробники плавильно-заливочних установок та бітумозаливщиків є такі фірми: Cimline (США), Cedima (Німеччина), Breining (Німеччина), Schafer (Німеччина), Strassmaur (Австрія), Masenza (Італія), Spektrin-Ko (Україна) та інші [3].

Ефективним варіантом сучасної гідроізоляції тріщин та деформаційних швів бетонних покриттів є використання термореактивних герметиків холодного застосування, особливо – силіконів. Вони мають хорошу адгезію, малий модуль пружності, тому доцільно їх рекомендувати для заповнення вузьких тріщин. Такі герметики прийнятні для тріщин, які мають зволожену поверхню. Час твердіння при цьому збільшується від 30 хвилин до декількох годин, залежно від температури повітря та його вологості. Холодні герметики використовують при температурах повітря вище плюс 5°С. Серед мастик гарячого використання відомі: шовна модифікована мастика Техномаст (Україна), BORNIT (Україна), Sikalastic 821/822 (Німеччина) та інші.

В зарубіжних країнах розширилось застосування герметизації деформаційних швів гумовими шаблонами різних профілів, зокрема поліхлоропреновими силіконовими прокладками (рис. 4) [2]. Обов'язково перед початком робіт з затискування шаблонів в пази потрібно наносити на стінки пазів шва спеціальний клей (Delastilube Lube Adhesive або інший).

Для забезпечення надійної роботи герметика розраховують коефіцієнт форми (відношення висоти до ширини заповнюваного матеріалу). Для герметика гарячого використання коефіцієнт повинен бути рівним 1, а для герметика холодного використання з силіконів – 0,5. Менші значення цього коефіцієнта показують менші напруги при деформації покриття. Найбільш прийнятна конфігурація форми в конструкції деформаційного шва полягає в розміщенні герметика з невеликим заглибленням відносно країв шва і

тріщин на глибину від 3 мм до 6 мм (рис. 4). Крім того в швах розміщують ущільнюючий шнур з допомогою стального ролика (рис. 4, б).

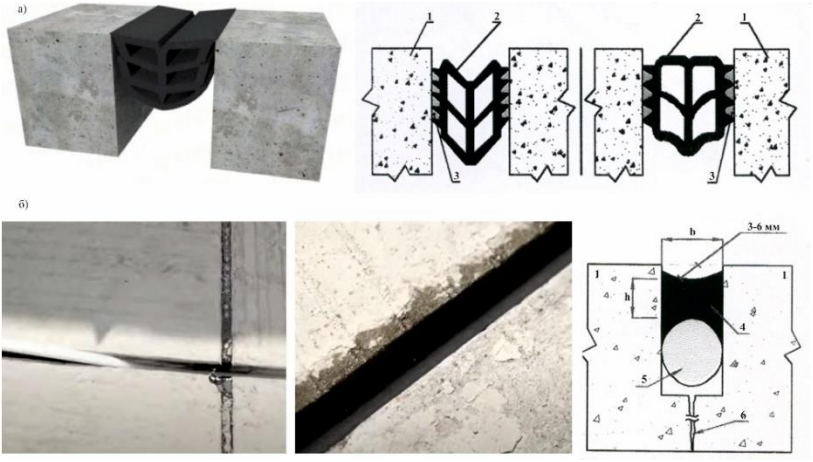

Рис. 4. Сучасні деформаційні шви в цементобетонному покритті
а) – схеми розміщення гумових прокладок у деформаційних швах;
б) – конструкція деформаційного шва стиску в цементобетонному покритті
1 – край плити цементобетонного покриття; 2 – гумова прокладка;
3 – клей; 4 – герметизуючий матеріал; 5 – ущільнюючий шнур; 6 – тріщина обманного шва; b, h – відповідно ширина і глибина герметизуючого матеріалу

Цей шнур служить основою для укладання герметика. Вибір герметизуючого матеріалу потрібно робити на підставі економічного порівняння його вартості, вартості влаштування деформаційного шва, затрат на експлуатацію впродовж усього життєвого циклу.

Вузькі тріщини на дорогах перекривають ущільнюючими стрічками марки ЛТ-стрічка та їм подібними (рис. 5).

З зарубіжних аналогів відомо використання однокомпонентної еластичної гідроізоляції Макссіл Флекс-М. На глибину 40 мм паз шва заповнюється герметиком Макс Флекс 100, а шов перекривається стрічкою Макс Флекс XYS, ширина якої 180 мм. Стрічка закріплюється завдяки промазуванню клеєм Макссіл Флекс.

Для бетонних покриттів, мостових споруд та бетонних водопропускних труб однією з основних характеристик є водопроникність [3, 6]. В роботі виконано порівняння цього показника для мастик, які мають добавки різних полімерів (БИТАЛЕН-2, МГББ, БМ + Elvaloy®RET).

Рис. 5. Бітумна стрічка для тріщин

Результати досліджень подані на рис. 6. Аналіз даних показує, що залежності для різних мастик мають подібну тенденцію: в міру збільшення тривалості дії води водопоглинання збільшується; відмічена стабілізація щодо наростання водопоглинння впродовж часу випробування; із збільшенням товщини плівки мастики на зразках спостерігається збільшення водостійкості зразків цементобетонну.

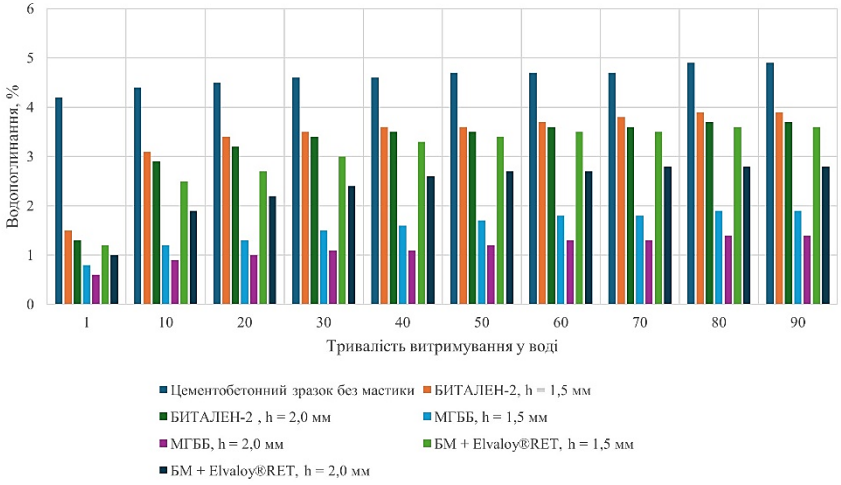

Рис. 6. Результати випробувань зразків цементобетону, покритих гідроізоляцією з різних мастик

На досить відповідальних спорудах доцільно використовувати двокомпонентний, бітумно-латексний, високо еластичний гідроізоляційний матеріал FLEXIGUM-HP, котрий розподіляють на оброблювальну

поверхню методом холодного розпилювання спеціальним обладнанням (рис. 7) [3].

Такий гідроізоляційний склад має вигляд дисперсної системи, котра складається з двох взаємно нерозчинних рідин (бітум-вода).

Дисперсна фаза (бітум) розподілена у воді у вигляді дрібних часточок діаметром 5-10 мкм, покритих дуже тонким шаром емульгатора на основі жирних кислот для забезпечення технологічної стійкості гідроізоляційної системи.

Рис. 7. Нанесення гідроізоляційного матеріалу FLEXIGUM-HP

Застосування наповнювача – поліхлоропренового латексу значно збільшує міцність і еластичність гідроізоляції. Затверділий гідроізоляційний шар має високі фізико-механічні властивості, зокрема витримує укладання асфальтобетонної суміші з температурою до 160 °С без руйнування. Гнучкість зразків бітумнополімерної мастики товщиною 0-6 мм практично однакова, тому доцільно товщину гідроізоляції обмежувати мінімальними значеннями (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність гнучкості зразків бітумно-полімерних композицій при низьких температурах від вмісту полімеру товщиною 4 мм при вигинанні на стержні

Температура, ˚С	Вміст полімеру, %			
	0	3	6	9
-10	+	+	+	+
-15	-	-	-	+
-20	-	-	-	-

Вибір мастики не повинен закінчуватись лише її різновидом, тому що кожна марка має значні відхилення щодо значень показників сусідньої.

Для кожного кліматичного району є своя раціональна марка мастики (табл. 3, 4) [5].

На основі цього можна зробити висновок, що гідроізоляцію швів цементобетонних покриттів в умовах холодного періоду року доцільно виконувати холодною гідроізоляцією. Для її створення найбільш придатні бітумополімерні мастики, які мають умовну в'язкість 90-130 мм при температурі 25 °С і в'язкість менше 15 Па·с в період заповнення деформаційних швів або тріщин.

Ефективним варіантом сучасної гідроізоляції тріщин та деформаційних швів бетонних покриттів є використання термореактивних герметиків холодного застосування, особливо – силіконів.

Таблиця 3

Фізико-технічні показники бітумної мастики за марками [5]

Назва показника	Значення показника мастики для марки				
	55	65	75	85	100
бітумні мастики					
Теплостійкість протягом 5 год, °С	від 55 до 65 включно	понад 65 до 75 включно	понад 75 до 85 включно	понад 85 до 100 включно	понад 100
Температура розм'якшення, °С	45-50	51-60	61-70	71-80	81-95
Температура крихкості за Фраасом, °С, не вище	мінус 15	мінус 15	мінус 13	мінус 12	мінус 10
Гнучкість на брусі з закругленням радіусом (5,0 ±0,2) мм за температури, °С, не вище	Не повинно бути тріщин на поверхні зразка				
	мінус 5	мінус 5	мінус 3	мінус 2	0
бітумно-полімерні мастики					
Теплостійкість протягом 5 год, °С	від 55 до 65 включно	понад 65 до 75 включно	понад 75 до 85 включно	понад 85 до 100 включно	понад 100
Температура розм'якшення, °С	45-55	56-65	66-75	76-85	86-110

Вони мають хорошу адгезію, малий модуль пружності, тому доцільно їх рекомендувати для заповнення вузьких тріщин. Такі герметики прийнятні для тріщин, які мають зволожену поверхню. Час твердіння при цьому збільшується від 30 хвилин до декількох годин, залежно від температури повітря та його вологості. Холодні герметики використовують при температурах повітря вище плюс 5°С.

Таблиця 4

Фізико-технічні показники бітумно-гумової мастики за марками [5]

Назва показника	Значення показника мастики для марки				
	65	75	85	100	120
Теплостійкість протягом 5 год, °С	від 65 до 75 включно	понад 75 до 90 включно	понад 90 до 100 включно	понад 100 до 120 включно	понад 120
Температура розм'якшення, °С	56-65	66-75	76-85	86-110	111-130

Спираючись на міжнародний досвід, слід розширити практику герметизації деформаційних швів гумовими шаблонами різних профілів, зокрема поліхлоропреновими силіконовими прокладками. Обов’язково перед початком робіт з затискування шаблону в пази потрібно наносити на стінки пазів шва спеціальний клей (Delastilube Lube Adhesive або інший).

Для споруд з активним зволоженням доцільно використовувати бутилкаучукові мастики або полімер бітумні мастики з додаванням елвалою.

References

1. Stepura V. S. Osnovy ekspluatatsii avtomobilnykh dorih i aerodromiv: navch. posib. / V. S. Stepura, A. O. Bieliatynskyi, N. V. Kuzhel. K. : NAU, 2013. 204 s.

2. Waterproofing of Bridge Decks The Latest Technique and Material / Singh Rautela //National Research Council. NBMCW January 2008.

3. HBN V.2.3-218-003:2010. Tekhnolohiia ulashtuvannia hidroizoliatsii proiznoi chastyny avtodorozhnikh mostiv i shliakhoprovodiv iz zastosuvanniam polimernykh materialiv ta vodonepronyknoho betonu. Chynnyi vid 2010-11-01. Vyd. ofits. Kyiv : DerzhdorNDI, 2010. 45 s.

4. Hnatenko R.H., Tsyrkunova K.V., Zhdaniuk V.K. Bitumno-polimerni mastyky vysokoi kholodostiikosti dlia hermetyzatsii trishchyn v asfaltobetonnykh pokryttiakh dorozhnikh odiahiv //Avtoshliakhovyk Ukrainy. Kyiv, 2015. №1,2. S. 66-70.

5. DSTU B V.2.7-236:2010. Mastyky na osnovi bitumu pokrivelni ta izoliatsiini hariachi. Tekhnichni umovy. Chynnyi vid 2010-08-18. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2010. 19 s.

6. Zhdaniuk V.K. Vlastyvosti bitumopolimernykh mastyk dlia hidroizoliatsii mostiv /V.K. Zhdaniuk, O.I. Bezbabicheva, D.V. Zolotarov // Avtoshliakhovyk Ukrainy. 2001. № 1. S. 34-36.

Література

1. Степура В. С. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів: навч. посіб. / В. С. Степура, А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель. К. : НАУ, 2013. 204 с.

2. Waterproofing of Bridge Decks The Latest Technique and Material / Singh Rautela //National Research Council. NBMCW January 2008.

3. ГБН В.2.3-218-003:2010. Технологія улаштування гідроізоляції проїзної частини автодорожніх мостів і шляхопроводів із застосуванням полімерних матеріалів та водонепроникного бетону. Чинний від 2010-11-01. Вид. офіц. Київ : ДерждорНДІ, 2010. 45 с.

4. Гнатенко Р.Г., Циркунова К.В., Жданюк В.К. Бітумно-полімерні мастики високої холодостійкості для герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів //Автошляховик України. Київ, 2015. №1,2. С. 66-70.

5. ДСТУ Б В.2.7-236:2010. Мастики на основі бітуму покрівельні та ізоляційні гарячі. Технічні умови. Чинний від 2010-08-18. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 19 с.

6. Жданюк В.К. Властивості бітумополімерних мастик для гідроізоляції мостів /В.К. Жданюк, О.І. Безбабічева, Д.В. Золотарьов // Автошляховик України. 2001. № 1. С. 34-36.