

- © Р.Г. Гнатенко,
- © К.В. Циркунова, канд. техн. наук (ДП “Укрдорінвест”),
- © В.К. Жданюк, докт. техн. наук, професор (ХНАДУ)

БІТУМНО-ПОЛІМЕРНІ МАСТИКИ ВИСОКОЇ ХОЛОДОСТІЙКОСТІ ТА ТЕПЛОСТІЙКОСТІ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ ТРІЩИН В АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТЯХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

Анотація. Наведені результати порівняльних досліджень властивостей бітумно-полімерних мастик, призначених для герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. Досліджено ефективність впливу дрібнодисперсних мінеральних наповнювачів та гумової крихти на холодостійкість та теплостійкість мастик.

Ключові слова: автомобільна дорога, асфальтобетонне покриття, тріщини, бітумно-полімерний герметик, мастика, наповнювач, властивості.

Аннотация. Приведены результаты сравнительных исследований свойств битумно-полимерных мастик для герметизации трещин в асфальтобетонных покрытиях дорожных одежд автомобильных дорог. Исследовано эффективность влияния мелкодисперсных минеральных наполнителей и резиновой крошки на холодостойкость и теплостойкость мастик.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетонное покрытие, трещины, битумно-полимерный герметик, мастика, наполнитель, свойства.

Annotation. Results of comparative research of properties of polymer modified mastics for crack sealing in asphalt pavements has been covered. Effectiveness of influence of fine mineral filler sand rubber crumb on cold resistance and heat resistance of mastics has been studied.

Keywords: road, asphalt pavement, cracks, polymer modified sealant, mastic, filler, properties.

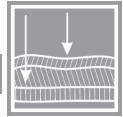
Вступ

У кліматичних умовах України матеріали в конструкціях дорожніх одягів автомобільних доріг взимку заморожуються і відтають навесні. Взимку пружність конструкцій дорожнього одягу збільшується, через замерзання вологи у незв'язних шарах основи та земляного полотна, а також внаслідок зростання в'язкості плівки бітуму в бітумовміщуючих матеріалах. При весняному відтаванні матеріали в шарах конструкції дорожнього одягу стають водонасиченими від танення замерзлої вологи, а ґрунт земляного полотна знаходиться у перезволоженому стані, що знижує його несучу здатність. Тривалість послаблення конструкції дорожнього одягу залежить від глибини промерзання, типу ґрунту, величини водонасичення та стану водовідведення на ділянці дороги. Ослаблені конструкції дорожнього одягу не витримують навантаження, на які їх запроєктовано, і в них у цей період накопичується найбільша частка пошкоджень, з яких значна кількість може проявлятися у вигляді тріщин в асфальтобетонних шарах покриття.

Досвід експлуатації автомобільних доріг підтверджує, що одним з найбільш поширених видів руйнувань асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів є тріщини. Головною причиною утворення тріщин в асфальтобетонних покриттях є напруження розтягу, що виникають в результаті дії навантажень від транспортних засобів. Цьому також суттєво сприяє різке зниження температури та значні її перепади в зимний період. При спільній дії вказаних факторів процеси утворення та накопичення тріщин в асфальтобетонних покриттях прискорюються і можуть проявитись

уже в перший рік експлуатації. Спостереженнями встановлено, що першими в асфальтобетонному покритті утворюються поперечні тріщини на різній відстані одна від одної. В старих конструкціях дорожніх одягів, підсилених за технологією нарощування шарів, уже через декілька років експлуатації в новому асфальтобетонному шарі покриття можуть утворюватися відображені тріщини. Тріщини утворюються різними за розмірами по ширині, довжині та глибині. Найбільш інтенсивно тріщини розкриваються зимою. В літній період тріщини можуть зменшувати свій розмір по ширині завдяки розширенню асфальтобетонних шарів покриття. За високих літніх температури перший рік експлуатації вузькі тріщини в асфальтобетонному покритті можуть “заліковуватись” під колесами транспортних засобів, цьому сприяє перехід бітуму у розм'якшений стан.

Тріщини суттєво впливають на довговічність дорожнього одягу в цілому, оскільки порушують цілісність монолітних шарів, розділяючи їх на окремі блоки. У результаті навантаження від коліс транспортних засобів передається на значно ослаблену конструкцію та розподіляється на меншу площу. Щойно утворені тріщини практично не впливають на умови руху автомобілів доти, доки тріщина не перетворюється у вибоїну. При наїзді коліс транспортних засобів на кромки тріщини її стінки переміщуються одна відносно одної у вертикальній площині. При цьому водонасичені кромки та стінки тріщини викришуються і вона поступово перетворюється у вибоїну, що дозволяє волозі вільно проникати до матеріалів у шарах основи і ґрунту земляного полотна та викли-



кати передчасне руйнування усієї конструкції дорожнього одягу. Вибойни є поширеним другорядним видом руйнувань в зоні невчасно герметизованих тріщин. Ремонт вибоїн або тріщин з викришеними кромками може бути значно дорожчим, ніж герметизація тріщин на початковій стадії їх утворення.

Практика ремонтних робіт показує, що герметизація тріщин на ранній стадії їх утворення дозволяє уникнути передчасного руйнування асфальтобетонних покриттів і суттєво подовжити строк їх експлуатації. При цьому важливо, щоб герметизацію тріщин здійснювали до початку опадів в осінньо-зимовий період, що унеможливить проникнення вологи в нижні шари основи дорожнього одягу через тріщини в покритті і потім в ґрунт земляного полотна.

Основна частина

В багатьох країнах практикується герметизація тріщин бітумно-полімерними герметиками або мастиками гарячого застосування. Мастики відрізняються від герметиків наявністю у їх складі наповнювачів. На сьогодні багато закордонних фірм є постачальниками герметизуючих матеріалів та мастик в Україну. Серед них кращими вважаються бітумно-полімерні. Для холодного клімату, згідно з [1,2], найбільш придатні бітумно-полімерні герметики і мастики з проникністю 90–130 мм³/за температури 25 °С та в'язкістю менше 15 Па·с при температурі заповнення тріщини. Проте, основними характеристиками, які суттєво впливають на працездатність герметизуючого матеріалу в тріщині, є деформативність (холодостійкість) при низьких та теплостійкість при високих експлуатаційних температурах.

Як основний компонент мастик традиційно використовують нафтові бітуми. З метою забезпечення необхідних показників властивостей мастик бітуми модифікують полімерами, додають наповнювач та, у разі необхідності, пластифікують. Переважно покривельні та будівельні нафтові бітуми рекомендуються для приготування бітумно-полімерних мастик та герметиків. Як наповнювачі традиційно використовують дрібнодисперсні порошкоподібні матеріали, які отримують помелом мінеральних матеріалів різного походження або подрібнену гумову крихту. Серед порошкоподібних наповнювачів найбільшого розповсюдження отримали каолін, тальк, талькомагнезит. Для отримання якісних мастик до мінеральних наповнювачів висуваються вимоги щодо їх водостійкості та хімічної інертності, вони не повинні набрякати та спричиняти хімічні реакції у складі отриманої мастики.

Головну роль у забезпеченні необхідних властивостей бітумних мастик відіграє полімер. Найбільшого поширення, як модифікуючі добавки до бітумів, набули полімери класу термоеластопластів (типу СБС) при виготовленні бітумно-полімерних мастик. При цьому відомо [3], що полімери класу термоеластопластів забезпечують бітумним герметикам одночасно високу теплостійкість та еластичність. Введення наповнювача в бітумно-полімерний герметик приводить до достатньо помірного додаткового підвищення темпе-

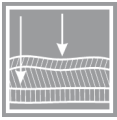
ратури розм'якшення. Пластифікатор забезпечує зростання деформативності мастики при низьких температурах. Дослідженням впливу наповнювачів на властивості бітумних мастик присвячені роботи [3–5]. Відомо, що присутність порошкоподібного наповнювача у складі герметика знижує його пенетрацію та дуктильність. Завдяки введенню наповнювачів відбувається зменшення усадки та повзучості, а також зниження вартості матеріалу завдяки збільшенню його об'єму. Механічна міцність мастик значно підвищується тільки при введенні достатньо великої кількості наповнювачів. Однак, введення понад 30 % мінерального наповнювача призводить до погіршення технологічних властивостей мастики.

В Україні з кожним роком зростає потреба в ефективних матеріалах для герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів. Через високу вартість закордонних мастик виконання робіт з герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів суттєво стримується. У той же час, головною причиною, що стримує промислове виготовлення якісних вітчизняних мастик, є недостатня вивченість впливу їх компонентного складу на основні показники властивостей. До сьогодні недостатньо вивченим залишається вплив різних наповнювачів на холодостійкість та теплостійкість бітумно-полімерних мастик на основі нафтових дорожніх бітумів.

Метою даного дослідження є порівняльні дослідження властивостей бітумно-полімерних мастик на основі нафтового дорожнього бітуму з різними наповнювачами.

В проведених дослідженнях, як основні компоненти при приготуванні бітумно-полімерних мастик, використовували нафтовий дорожній бітум, модифікований пластифікатором, полімер класу термоеластопластів типу SBS, латекс та різні дрібнодисперсні наповнювачі. Три мінеральні дрібнодисперсні наповнювачі, що були прийняті для досліджень (позначені індексом В, К та Г) відрізнялися за дисперсністю та мінералогічним складом. Як наповнювач для порівняльних досліджень використовували також подрібнену гумову крихту. Приготування бітумно-полімерного герметика (композиція без наповнювача) здійснювали у виробничих умовах в мішалці планетарного типу за технологією, згідно якої у склад пластифікованого нафтового дорожнього бітуму, нагрітого до 180 °С, вводили полімер і суміш перемішували за температури 175–185 °С протягом 60 хвилин. Далі в суміш вводили необхідну кількість латексу та продовжували перемішувати ще 20 хвилин при температурі 180 °С. Для отримання бітумно-полімерний мастик в приготовлений герметик за температури 180 °С вводили наповнювачі і перемішували в лабораторній мішалці протягом 10 хвилин.

Результати експериментальних досліджень впливу різних наповнювачів на показники властивостей бітумно-полімерних мастик наведені в **таблицях 1 – 4**. Аналіз результатів досліджень свідчить про те, що бітумно-полімерний герметик, приготовлений на основі пластифікованого дорожнього бітуму, характеризується одночасно високою температурою



Таблиця 1

Властивості бітумно-полімерних мастик з наповнювачем під індексом В

Найменування показника	Наповнювач під індексом В, %			
	0	5	10	15
Температура розм'якшення, °С	106	108,5	109	110
Пенетрація, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	68	60	57	51
Дуктильність, см, за температури 25 °С	67	58	50	49
Еластичність, %	98	97	96	95
Температура крихкості, °С	більше мінус 40	більше мінус 40	більше мінус 40	мінус 40
Гнучкість на стрижні діаметром 2 см, °С	більше мінус 35	більше мінус 30	мінус 30	мінус 27
Щільність, кг/м ³	980	–	–	1080
Гнучкість, °С, після прогрівання протягом:				
100 годин	більше мінус 30	більше мінус 30	мінус 26	мінус 25
200 годин	більше мінус 30	мінус 28	мінус 24	мінус 22
300 годин	більше мінус 30	мінус 25	мінус 22	мінус 20
Температура розм'якшення, °С, після прогрівання протягом:				
100 годин	106,3	108,7	109,4	110,3
200 годин	106,9	108,9	109,6	110,5
300 годин	107,1	109,1	109,9	110,8

Таблиця 2

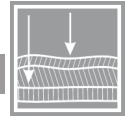
Властивості бітумно-полімерних мастик з наповнювачем під індексом К

Найменування показника	Наповнювач під індексом К, %			
	0	5	10	15
Температура розм'якшення, °С	106	108	109,5	110,6
Пенетрація, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	68	62	59	56
Дуктильність, см, за температури 25 °С	67	64	61	55
Еластичність, %	98	96	96	94
Температура крихкості, °С	більше мінус 40	більше мінус 40	більше мінус 40	мінус 40
Гнучкість на стрижні діаметром 2 см, °С	більше мінус 35	більше мінус 30	мінус 30	мінус 26
Щільність, кг/м ³	980	–	–	1060
Гнучкість, °С, після прогрівання протягом:				
100 годин	більше мінус 30	більше мінус 30	мінус 29	мінус 25
200 годин	більше мінус 30	мінус 30	мінус 28	мінус 23
300 годин	більше мінус 30	мінус 26	мінус 25	мінус 21
Температура розм'якшення, °С, після прогрівання протягом:				
100 годин	106,3	108,2	109,7	110,9
200 годин	106,9	108,5	109,9	111,0
300 годин	107,1	108,8	110,2	111,2

розм'якшення й еластичністю та низькою температурою крихкості та гнучкістю при низьких температурах. При цьому пенетрація та дуктильність за температури 25 °С становлять 68 мм⁻¹ та 67 см, відповідно.

Як видно з отриманих результатів, додавання до складу бітумно-полімерного герметика прийнятих для досліджень наповнювачів викликає зміну його властивостей. При цьому, зі збільшенням у складі герметика концентрації мінеральних наповнювачів його температура розм'якшення, температура крихкості та показник гнучкості при низьких температурах зроста-

ють, а глибина занурення голки, дуктильність та еластичність зменшуються. При вмісті складі герметика різних мінеральних наповнювачів у кількості 15 % його температура розм'якшення зростає у межах 4 – 8 °С, а показник гнучкості при низьких температурах не більше ніж на 9 °С. За абсолютною величиною показник гнучкості при низьких температурах для бітумно-полімерного герметика становить нижче мінус 35 °С, а для мастик з 15 % різних мінеральних наповнювачів не нижче мінус 25 °С. Найбільше зменшення еластичності (на 38 %) властиве герметіку до



Таблиця 3

Властивості бітумно-полімерних мастик з наповнювачем під індексом Г

Найменування показника	Наповнювач під індексом Г,%			
	0	5	10	15
Температура розм'якшення, °С	106	111	112,7	113,7
Пенетрація, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	68	70	67	57
Дуктильність, см, за температури 25 °С	67	45	41	34
Еластичність, %	98	97	75	65
Температура крихкості, °С	більше мінус 40	більше мінус 40	більше мінус 40	мінус 40
Гнучкість на стрижні діаметром 2 см, °С	більше мінус 35	мінус 35	мінус 30	мінус 27
Щільність, кг/м ³	980	–	–	1093
Гнучкість, °С, після прогрівання протягом:				
100 годин	більше мінус 30	більше мінус 30	мінус 27	мінус 25
200 годин	більше мінус 30	більше мінус 30	мінус 24	мінус 23
300 годин	більше мінус 30	мінус 30	мінус 22	мінус 20
Температура розм'якшення, °С, після прогрівання протягом:				
100 годин	106,3	111,3	113,0	113,9
200 годин	106,9	111,5	113,2	114,1
300 годин	107,1	111,6	113,5	114,4

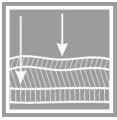
Таблиця 4

Властивості бітумно-полімерних мастик з гумовою крихтою

Найменування показника	Вміст гумової крихти,%				
	0	3	5	15	20
Температура розм'якшення, °С	106	107,0	107,2	118,5	119,8
Пенетрація, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	68	64	63	52	44
Дуктильність, см, за температури 25 °С	67	–	–	–	–
Еластичність, %	98	–	–	–	–
Температура крихкості, °С	більше мінус 40	мінус 40	мінус 40	мінус 38	мінус 38
Гнучкість на стрижні діаметром 2 см, °С	більше мінус 35	більше мінус 30	більше мінус 30	мінус 30	мінус 26
Щільність, кг/м ³	980	–	–	1140	–
Гнучкість, °С, після прогрівання протягом:					
100 годин	більше мінус 30	–	більше мінус 30	мінус 28	–
200 годин	більше мінус 30	–	мінус 30	мінус 26	–
300 годин	більше мінус 30	–	мінус 29	мінус 25	–
Температура розм'якшення, °С, після прогрівання протягом:					
100 годин	106,3	–	107,5	118,7	–
200 годин	106,9	–	107,9	118,9	–
300 годин	107,1	–	108,1	119,1	–

складу якого додавали мінеральний наповнювач під індексом Г, а найменше (3 %) герметику з наповнювачем під індексом В.

Із трьох досліджених дрібнодисперсних мінеральних наповнювачів більш ефективно підвищує температуру розм'якшення позначений індексом Г.



Властивості закордонних бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів

Найменування показника	Назва герметизуючого матеріалу		
	Cracko-R-201	CrackMaster 3405	BigumaTL 82
Температура розм'якшення, °С	88	87	90
Температура крихкості, °С	нижче мінус 40	нижче мінус 40	нижче мінус 40
Пенетрація, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	95	50	97
Дуктильність, см, за температури 25 °С	43	34	32
Гнучкість на стрижні діаметром 2 см, °С	нижче мінус 30	мінус 29	мінус 30
Еластичність, %	97	96	95

Це пов'язано з більшою дисперсністю цього мінерального наповнювача (повний залишок на ситі 0,071 мм для наповнювача під індексом В складає 18 %, з індексом К – 8 %, з індексом Г – 0 %). Наведені результати досліджень також підтверджують, що щільність герметизуючого матеріалу закономірно зростає при введенні до його складу мінеральних наповнювачів.

Наведені в **табл. 4** результати експериментальних досліджень вказують на те, що щільність бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу найбільше зростає при введенні до його складу наповнювача у вигляді гумової крихти, порівняно з досліджуваними мінеральними наповнювачами. Як і у випадку мінеральних наповнювачів із збільшенням концентрації гумової крихти у складі бітумно-полімерного герметика його температура розм'якшення, температура крихкості та гнучкість за низьких температур зростають, а глибина занурення голки зменшується. Гумова крихта, як наповнювач, забезпечує найбільший приріст температури розм'якшення, та найменше зростання показника гнучкості за низьких температур, порівняно з досліджуваними мінеральними наповнювачами.

У процесі досліджень вплив високих експлуатаційних температур на зміну бітумно-полімерним герметиком та мастиками основних властивостей моделювали прогріванням зразків товщиною 2 мм при температурі 65 °С. Результати дослідження впливу прогрівання бітумно-полімерного герметика та мастик з різними мінеральними наповнювачами на показники гнучкості та температури розм'якшення показують, що вони після 300 годин експозиції змінюються помірно.

Порівняльні дослідження властивостей імпортованих бітумно-полімерних герметиків та мастик показують, що вітчизняний герметик та всі досліджені мастики перевищують іноземні за показником теплостійкості (**табл. 5**). За показником гнучкості при низьких температурах вітчизняний герметик

та мастики з вмістом мінеральних наповнювачів до 10 % та гумовою крихтою до 15 % не поступаються закордонним.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють констатувати, що для приготування бітумно-полімерних герметиків та мастикпридатні нафтові дорожні бітуми, як основний компонент. Для зниження температури крихкості та гнучкості за низьких температур в герметики та мастики необхідно вводити пластифікатор, а для підвищення теплостійкості – термоеластоласти типу СБС, латекси, мінеральні наповнювачі або дрібнодисперсну гумову крихту. Порівняльні дослідження фізико-механічних властивостей бітумно-полімерних герметиків та мастик свідчать про те, що виготовлені з вітчизняної сировини герметизуючі матеріали за основними показниками не поступаються імпортованим, а за теплостійкістю перевищують їх.

ЛІТЕРАТУРА

1. Masson J-F., Collins P., Légaré P-P. Performance of pavement crack sealants in cold urban conditions // Canadian Journal of Civil Engineering. – 1999. – PP. 395–401.
2. Masson J-F., Lacasse M.A. A review of adhesion mechanisms at the crack sealant asphalt concrete interface, in Durability of Building and Construction Sealants. – A. Wolf Ed., RILEM, Paris, 2000. – PP. 259–274.
3. Zolotov M., Zhdanyuk K., Zhdanyuk V. The influence of technological factors on bridge deck waterproofing when laying hot asphalt concrete protective and wearing courses // Ist Polish Road Congress. – Warszawa, 2006. – P. 491–498.
4. Горшенина Г.И., Михайлов Н.В. Полимер-битумные изоляционные материалы. – М.: Недра, 1967. – 239 с.
5. Золотов М.С., Жданюк К.В. Вплив порошкових і волокнистих наповнювачів на властивості бітумних гідроізоляційних мастик // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2007. – Вип. 15. – С. 53–58.