

© О. В. Федоренко,  
генеральний директор,  
ORCID: 0000-0002-3464-597X,  
e-mail: 50281@ukr.net  
(КК «Київавтодор»)

© Oleksandr Fedorenko,  
General Director,  
ORCID: 0000-0002-3464-597X,  
e-mail: 50281@ukr.net  
(Kyivavtodor Municipal Corporation)

## ВИМОГИ ДО СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТУ: ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

### REQUIREMENTS FOR METHYL METHACRYLATE-BASED MIXTURES: APPROACHES TO QUALITY ASSURANCE

**Анотація.** Наведено вимоги до сумішей полімерних, виготовлених на основі метилметакрилату для влаштування тонкошарових покриттів мостового полотна. Дорожнє покриття на мостах є важливим конструктивним елементом споруди, від стану якого залежить загальна безпека всієї конструкції.

З огляду на постійне зростання інтенсивності руху та навантаження на вуличну мережу, для збільшення довговічності дорожніх покриттів варто застосовувати матеріали, які гарантують надійну експлуатацію проїжджої частини мостових споруд.

Дорожнє покриття є ключовим конструктивним елементом для забезпечення безпеки та комфорту руху автотранспорту, зокрема завдяки своїй рівності, низькому рівню шуму та шорсткості, що гарантує належний коефіцієнт зчеплення з шинами автомобілів під час руху. Однак потрібно зауважити, що у процесі експлуатації таке покриття легко піддається впливу негативних факторів, що призводить до його передчасної деформації. З метою максимальної реалізації потенціалу матеріалів на основі метилметакрилату, необхідно дотримуватись вимог до якості вихідних компонентів та технології виготовлення сумішей. Неналежна якість сировини або порушення технологічних процесів можуть призвести до погіршення експлуатаційних характеристик покриття, його передчасного зносу та потреби в частих ремонтах. Метилметакрилатні суміші демонструють виняткові експлуатаційні характеристики, такі як швидке затвердіння, висока зносостійкість, стійкість до впливу агресивних середовищ і відмінна адгезія до різних поверхонь.

**Ключові слова:** автодорожній міст, метилметакрилатні суміші, вимоги, заповнювач, в'язуче.

**Abstracts.** The article presents the requirements for polymer mixtures made on the basis of methyl methacrylate for the arrangement of thin-layer pavements of the bridge deck. The pavement on bridges is an important structural element of the structure, the condition of which affects the overall safety of the entire structure.

Given the constant increase in traffic volume and the load on the street network, to increase the durability of road surfaces, materials should be used that guarantee reliable operation of the roadway of bridge structures.

Road pavement is a key structural element for ensuring the safety and comfort of vehicular traffic, in particular due to its flatness, low noise level and roughness, which guarantees proper adhesion coefficient with the tires of vehicles while driving. However, it should be noted that during operation, such a pavement is easily exposed to negative factors that lead to its premature deformation. In order to maximize the potential of materials based on methyl methacrylate, it is necessary to adjust to the quality of the output components and the technologies for the preparation of sums. Unsatisfactory moisture or disruption of technological processes can lead to deterioration in the performance characteristics of the coating, its immediate wear and need in some repairs. Methyl methacrylate compounds demonstrate excellent performance characteristics, such as hardness, high wear resistance, resistance to the infusion of aggressive media and excellent adhesion to different surfaces.

**Keywords:** road bridge, methyl methacrylate mixtures, requirements, aggregate, binder.

#### Вступ

У сучасних умовах інтенсивного розвитку транспортної інфраструктури особливе значення надається використанню матеріалів, здатних забезпечити довговічність та надійність покриттів на автомобільних дорогах і мостах. Одним із таких матеріалів є суміші на основі метилметакрилату, які набувають дедалі більшої популярності завдяки своїм

винятковим експлуатаційним властивостям. Метилметакрилатні суміші забезпечують високу зносостійкість, хімічну стійкість, швидке затвердіння та можливість їхнього використання в умовах різних кліматичних зон. Вони також демонструють відмінну адгезію до різних типів поверхонь, що робить їх особливо цінними в ремонті та облаштуванні покриттів на мостах та інших складних конструкціях.

Проте для того, щоб максимально реалізувати потенціал матеріалів на основі метилметакрилату, необхідно дотримуватись вимог до якості вихідних компонентів та технології виготовлення сумішей. Неналежна якість сировини або порушення технологічних процесів можуть призвести до погіршення експлуатаційних характеристик покриття, його передчасного зносу та потреби в частих ремонтах.

### Основна частина

Конструкція мостового полотна повинна гарантувати як безпечний рух автомобільного транспорту, так і проектний термін служби та бути ремонтнопридатною.

Тонкі покриття проїзду (10-20 мм) можуть бути використані у реконструкції мостів і зазвичай виготовляються на основі епоксифальтів або метакрилатів, або з інших матеріалів із проектним строком служби 15 років і більше.

За своїми фізико-механічними властивостями тонкошарове покриття повинно бути достатньо пружним та еластичним, стійким до деформацій від дії рухомих динамічних і вібраційних навантажень і водночас мати високі показники міцності та зносостійкості та коефіцієнт зчеплення з шинами, що гарантує безпечний рух автотранспорту на проїзній частині мосту.

Тонкошарове покриття має бути стійким до впливу кліматичних факторів (коливання температури, що відповідають кліматичним зонам – від абсолютної мінімальної до абсолютної максимальної, що визначається на підставі даних багаторічних спостережень у районі будівництва; вологість і агресивність повітряного середовища; ультрафіолетове випромінювання), а також до дії агресивних розчинів солей, кислот, лугів, нафтопродуктів.

Для забезпечення довговічності дорожнього покриття на мостах встановлено вимоги до сумішей полімерних, виготовлених на основі метилметакрилату для влаштування тонкошарових покриттів мостового полотна.

#### 1.1. Вимоги до полімерного в'язучого

Для виготовлення полімерної суміші на основі метилметакрилату для мостового покриття необхідно використовувати полімерне в'язуче, створене на основі синтетичної смоли метилметакрилатного ефіру відповідно до вимог нормативних документів [1-3].

Каталізатор додається безпосередньо перед використанням полімерного в'язучого відповідно до вимог [2].

Для затвердіння метилметакрилату використовують систему, що складається з технічного диметиланіліну та перекису бензоїлу.

Для прискорення процесу твердіння полімерного в'язучого дозволяється використовувати нафтенат кобальту відповідно до вимог нормативних документів.

Для зменшення леткості метилметакрилату слід використовувати нафтовий парафін згідно з вимогами [4].

З метою стабілізації перебігу реакції твердіння полімерного в'язучого на основі метилметакрилату потрібно застосовувати емульсійний полістирол.

В якості пластифікувальної добавки потрібно застосовувати: катапін та/або алкамон, та/або меламіно-формальдегідні смоли згідно з вимогами нормативних документів. Під час застосування меламіно-формальдегідної смоли її кількість повинна бути від 0,5 % до 1 % від маси мономера.

Можливе використання інших затверджувачів, каталізаторів, пластифікаторів і прискорювачів, які відповідають вимогам нормативних документів. Перед застосуванням необхідно перевірити відповідність компонентів нормативним вимогам і їх сумісність між собою.

#### 1.2. Вимоги до заповнювачів

Під час виробництва полімерної суміші на основі метилметакрилату для мостового полотна в якості наповнювача застосовують андезитовий порошок, кварцовий порошок, маршаліт, діабазовий, графітовий порошок згідно з [5-7].

Перед застосуванням потрібно перевірити відповідність компонентів вимогам нормативних документів.

Вологість наповнювачів повинна бути не більше ніж 0,1 %. Кислотостійкість наповнювачів – не нижчою за 98 %.

#### 1.3. Вимоги до дрібного заповнювача

У процесі виробництва полімерної суміші на основі метилметакрилату для мостового покриття застосовуються дрібні заповнювачі відповідно до [8,9] та табл. 1.

Дрібний заповнювач полімерної суміші на основі метилметакрилату та матеріал для шару, що підвищує адгезійні властивості, повинні мати твердість за шкалою Мооса не менше ніж 6 і складатися з одного або

декількох матеріалів, таких як кварц, базальт, боксити, корунд, подрібнений порфір, оксид алюмінію або інших аналогічних твердих і міцних матеріалів.

Застосовувати як дрібний заповнювач пісок згідно з [33], пісок кварцево-залістий і тонкодисперсну фракцію для будівельних робіт з відходів гірничо-збагачувальних комбінатів України згідно з [10], пісок із шлаків чорної та кольорової металургії згідно з [11], пісок із відсівів подрібнення скельних гірських порід гірничо-збагачувальних комбінатів України

згідно з [12], пісок перлітовий спучений згідно з [13], пісок із пористих гірських порід згідно з [14], заповнювачі легкі згідно з [15], штучний дрібний заповнювач з відсівів дроблення осадкових гірських порід заборонено.

Заборонено застосовувати дрібний заповнювач із вмістом карбонатів (крейда, мармур, вапняк), в'язучих (бітум, вапно, цемент) та металевого пилу (сталь, цинк).

Гранулометричний склад дрібного заповнювача на основі метилметакрилату повинен відповідати вимогам **табл. 1**.

**Таблиця 1**

Гранулометричний склад дрібного заповнювача

Вид	Вміст за масою, % мінеральних зерен, менших за даний розмір, мм						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
П	100	75 – 30	5 – 0	1 – 0	0	0	0
Т	100	100	75 – 51	50 – 14	25 – 0	2 – 0	0

#### 1.4. Вимоги до полімерної суміші на основі метилметакрилату

Показники фізико-технічних властивостей затверділої полімерної суміші на основі

метилметакрилату для мостового полотна мають відповідати вимогам **табл. 2**.

**Таблиця 2**

Вимоги до фізико-технічних властивостей полімерної суміші на основі метилметакрилату та затверділого матеріалу з неї

№	Назва показників	Нормативні значення показників	Метод випробування
1	2	3	4
1	Життєздатність ПС-ММА, за температури 23 °С, хв	20 – 45	Згідно з 10.14
2	Час затвердіння, год, за температури 32 °С, не більше ніж 24 °С, не більше ніж 16 °С і нижче, не більше ніж	2 3 4	ДСТУ Б В.2.7-187
3	Щільність, г/см <sup>3</sup>	1,9 – 2,4	ДСТУ Б В.2.7-170
4	Водонасичення, % за масою, не більше ніж	0,5	ДСТУ Б В.2.7-170
5	Міцність на розтяг за згину, через	1,7	ДСТУ Б В.2.7-187

	24 год, МПа, не менше ніж		
6	Границя міцності на стиск, через 24 год, МПа, за температури, не менше ніж: 0 °С, 20 °С, 50 °С,	24,0 20,0 12,0	ДСТУ Б В.2.7-187
7	Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж - бетонна, залізобетонна - сталева	1,5 2,1	ДСТУ Б ГОСТ 28574, ДСТУ ISO 4624
8	Морозостійкість, циклів, не менше ніж	300	ДСТУ Б В.2.7-47, ДСТУ Б В.2.7-49
9	Марки за водонепроникністю, не менше ніж	W12	ДСТУ Б В.2.7-170
10	Марка за стиранистю, не менше ніж: - проїзна частина - тротуар, пішохідна, велосипедна, велосипедно-пішохідна доріжки	GI	ДСТУ Б В.2.7-212
11	Коефіцієнт зчеплення згідно з ДСТУ 3587, не менше ніж	0,45	ДСТУ 8746
12	Хімічна стійкість – стійкість до дії кислот, лужних, сольових розчинів і нафтопродуктів	Стійкі	ДСТУ ISO/TR 7620

Окрім цього, в забезпеченні довговічності, безпеки та ефективності тонкошарових покриттів на мостах ключовим етапом є контроль якості матеріалів, серед основних причин:

- якісні матеріали гарантують довговічність покриття, що мінімізує ризик передчасних пошкоджень, таких як тріщини чи пластичні деформації;

- тонкошарові покриття на мостах часто мають функцію гідроізоляції та захисту металевих і бетонних елементів від корозії та руйнування;

- використання неякісних або невідповідних матеріалів може призвести до швидкого зносу покриття і потреби в частих ремонтах, що збільшує витрати на утримання споруд;

- якісні покриття забезпечують хороше зчеплення автомобільних шин із дорогою, що є критичним для безпеки, особливо на мостах.

З огляду на вищевикладене у статті подано вимоги до проведення методів контролю якості сумішей, виготовлених на основі метилметакрилату, а саме:

✓ перед проведенням випробувань кожен пробу полімерної суміші на основі метилметакрилату ретельно перемішують;

✓ масу проби полімерної суміші на основі метилметакрилату визначають із точністю до 0,1 г;

✓ засоби виміральної техніки, обладнання та допоміжні пристрої, які застосовують для контролювання вимог щодо якості матеріалів відповідно до розділу 6, повинні пройти перевірку, атестацію або калібрування за установленим порядком згідно з нормативною або технічною документацією;

✓ температура приміщень, у яких проводять випробування, має бути  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;

✓ матеріали для виробництва полімерної суміші на основі метилметакрилату випробовують відповідно до вимог стандартів та технічних умов;

✓ випробування смол, затверджувачів та прискорювачів виконують згідно з [16-19] та іншими нормативними документами, а також [2];

✓ наповнювач випробовують згідно з [5-7];

✓ дрібний заповнювач випробовують згідно з [20];

✓ температура затверділої полімерної суміші на основі метилметакрилату під час випробування повинна бути  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;

✓ проби затверділої полімерної суміші на основі метилметакрилату і мінеральних матеріалів необхідно зберігати за температури  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;

✓ контроль якості полімерної суміші на основі метилметакрилату та затверділого матеріалу здійснюють згідно з вимогами таблиці 3;

✓ перед застосуванням полімерної суміші на основі метилметакрилату виготовляють контрольні зразки, що будуть застосовуватися для перевірки відповідності вимогам **табл. 2**;

✓ проби полімерної суміші на основі метилметакрилату відбирають відповідно до [21];

✓ у лабораторних умовах зразки з полімерної суміші на основі метилметакрилату виготовляють у стандартних прямокутних формах або формах куба згідно з [22];

✓ життєздатність полімерної суміші на основі метилметакрилату визначають на основі візуального огляду за температури  $23 ^\circ\text{C}$ . Відлік часу розпочинають з моменту замішування смоли на основі метилметакрилату з каталізатором і втратою пластичності (гелеподібний стан) полімерної суміші на основі метилметакрилату в результаті занадто високої в'язкості та погіршення зчеплення з основою;

✓ проби затверділої полімерної суміші на основі метилметакрилату випробовують згідно з [23-29];

✓ контроль якості міцності зчеплення покриття із затверділої полімерної суміші на основі метилметакрилату з основою здійснюють згідно з [30-32].

### Висновки

У результаті проведеного аналізу вимог до сумішей, виготовлених на основі метилметакрилату, можна зробити кілька важливих висновків, які підкреслюють значення цих матеріалів у сучасному дорожньому будівництві. Метилметакрилатні суміші демонструють виняткові експлуатаційні характеристики, такі як швидке затвердіння, висока зносостійкість, стійкість до впливу агресивних середовищ і відмінна адгезія до різних поверхонь. Це робить їх ідеальними для використання в умовах, що вимагають підвищеної міцності та довговічності, зокрема на мостах і в дорожніх покриттях, які зазнають великих навантажень.

Загалом суміші на основі метилметакрилату мають великий потенціал у сфері дорожнього будівництва, і їхнє правильне використання може суттєво покращити якість і довговічність покриттів, що підвищить безпеку та комфорт дорожнього руху. Важливо, щоб у майбутньому фахівці з дорожнього будівництва, інженери та науковці працювали разом для розробки та впровадження нових стандартів і практик, які забезпечать високий рівень якості та надійності покриттів, виготовлених на основі метилметакрилату.

## References

1. ACI. (2010). ACI 548.10-10. Specification for Type MMS (Methyl Methacrylate Slurry) Polymer Overlays for Bridge and Parking Garage Decks. USA, 6. Retrieved from <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&ID=51663917>.
2. California. (1989). DIN 16945:1989-03. Testing of resins, hardeners and accelerators, and catalyzed resins. California, 16. Retrieved from <https://www.dinmarkit.com/product/din-16945/>
3. Standard. (2006). EN 14889-2:2006. Fibres for concrete — Part 2: Polymer fibres — Definitions, specifications and conformity. Slovakia, 27. Retrieved from <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/6ae3d17b-f77e-48ed-a9ec-c11821b9e78a/en-14889-2-2006>.
4. UkrNDNC. (2003). DSTU 4153-2003. Solid petroleum waxes. Technical conditions. Kyiv, 17.
5. UkrNDNC. (2020). DSTU ISO 3262-1:2020 (ISO 3262-1:2020, IDT). Fillers for paints. Specifications and test methods. Part 1: Introduction and general test methods. Kyiv, 12.
6. UkrNDNC. (2020). DSTU ISO 3262-13:2020 (ISO 3262-13:1997, IDT). Fillers for paints. Specifications and test methods. Part 13. Natural quartz (ground). Kyiv, 10.
7. UkrNDNC. (2020). DSTU ISO 3262-21:2020 (ISO 3262-21:2000, IDT). Fillers for paints. Specifications and test methods. Part 21: Quartz sand (unground natural quartz). Kyiv, 10.
8. UkrNDNC. (1995). DSTU B V.2.7-32-95. Building materials. Dense natural sand for building materials, products, structures and works. Technical conditions. Kyiv, 32.
9. UkrNDNC. (2010). DSTU B B.2.7-210:2010. Construction materials. Sand from crushing of igneous rocks for construction works. Technical conditions. Kyiv, 23.
10. UkrNDNC. (2001). DSTU B V.2.7-33-2001. Construction materials. Quartz-iron sand and fine fraction for construction works from waste of mining and processing plants of Ukraine. Technical conditions. Kyiv, 24.
11. UkrNDNC. (1995). DSTU B V.2.7-39-95. Crushed stone and sand from ferrous and non-ferrous metallurgy slag for concrete. Technical conditions. Kyiv, 15.
12. UkrNDNC. (1998). DSTU B V.2.7-76-98. Sand for building rocks from rock detailing screenings of Ukrainian mining and processing plants. Technical conditions. Kyiv, 9.
13. UkrNDNC. (2011). DSTU B V.2.7-157:2011. Construction materials. Perlite sand and crushed stone swollen. Technical conditions. Kyiv, 29.
14. UkrNDNC. (2008). DSTU B V.2.7-166:2008. Crushed stone and sand from porous rocks. Technical conditions. Kyiv, 13.
15. UkrNDNC. (2019). DSTU EN 13055-1:2019. Lightweight aggregates. Part 1: Lightweight aggregates for concrete and mortar (EN 13055-1:2002, IDT). With amendment No. 1: 2019. Kyiv, 38.
16. UkrNDNC. (2014). DSTU ISO 2114:2014. Plastics (complex polyester resins) and paints and varnishes (binding). Method for the determination of partial and total acid number (ISO 2114:2000, IDT). Kyiv, 7.
17. UkrNDNC. (2014). DSTU ISO 2535:2014 Plastics. Unsaturated polyester resins. Method for determination of gelation time at ambient temperature (ISO 2535:2001, IDT). Kyiv, 7.
18. UkrNDNC. (2014). DSTU ISO 2554:2014. Plastics. Unsaturated polyester resins. Method for determination of hydroxyl number (ISO 2554:1997, IDT). Kyiv, 7.
19. UkrNDNC. (2015). DSTU EN 16074:2015. Paints and varnishes. Determination of non-volatile substances and surface coverage of materials for painting coiled metal (EN 16074:2011, IDT). Kyiv, 11.
20. UkrNDNC. (2010). DSTU B B.2.7-232:2010. Construction materials. Sand for construction works. Methods of testing. Kyiv, 47.
21. UkrNDNC. (2009). DSTU B V.2.7-214: 2009. Concretes. Methods of determination of strength by control samples. Kyiv, 38.
22. UkrNDNC. (2022). DSTU EN 1015-11:2022. Test methods for masonry mortar. Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar (EN 1015-11:2019, IDT). Kyiv, 16.
23. UkrNDNC. (2017). DSTU 8746:2017. Roads. Methods for measuring the adhesion properties of the road surface. Kyiv, 16.
24. UkrNDNC. (1996). DSTU B V.2.7-47-96. Construction materials. Concretes. Methods for determination of frost-cold resistance. General requirements. Kyiv, 8.
25. UkrNDNC. (1996). DSTU B V.2.7-49-96. Construction materials. Concretes. Accelerated methods for determination of frost resistance at repeated freezing and thawing. Kyiv, 4.
26. UkrNDNC. (2008). DSTU B B.2.7-170:2008. Construction materials. Concretes. Methods for determination of average density, moisture content, water absorption, porosity and water resistance. Kyiv, 37.
27. UkrNDNC. (2009). DSTU B V.2.7-187:2009. Construction materials. Cements. Methods for determination of flexural and compressive strength. Kyiv, 13.
28. UkrNDNC. (2009). DSTU B B.2.7-212:2009. Construction materials. Concretes. Methods for determining abrasion resistance. Kyiv, 10.
29. UkrNDNC. (2019). DSTU ISO/TR 7620:2019 (ISO/TR 7620:2005, IDT). Rubber materials. Chemical resistance. Kyiv, 42.
30. UkrNDNC. (2011). DSTU B GOST 28574:2011. Corrosion protection in construction. Concrete and iron-concrete structures. Methods of testing the adhesion of protective coatings (GOST 28574-90, IDT). Kyiv, 9.
31. UkrNDNC. (2019). DSTU ISO 4624:2019. Paints and varnishes. Determination of adhesion by the tear-off method (ISO 4624:2016, IDT). Kyiv, 18.
32. ASTM International. (2022). ASTM D4541. Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers. United States, 7. Retrieved from <https://www.astm.org/d4541-22.html>.
33. UkrNDNC. (1995). DSTU B B.2.7-29-95. Construction materials. Fine aggregates of natural, industrial waste and artificial origin for building materials, products, structures and works. Classification. With the Amendment. Kyiv, 121.