

УДК 625.745.1

Онищенко А. М., *д-р техн. наук, проф.*, <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>Виноградов В. О., <https://orcid.org/0009-0006-8358-4962>*Національний транспортний університет (НТУ), м. Київ, Україна***ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВИХ
ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ НА МОСТАХ****Анотація**

Вступ. Щебенево-мастикові деформаційні шви є важливим елементом мостових конструкцій, що дозволяє компенсувати температурні та механічні деформації, забезпечуючи їх довговічність і надійність. Ці матеріали поєднують високу міцність та стійкість до агресивних зовнішніх умов, що робить їх оптимальним вибором для сучасних мостів. Однак для ефективної експлуатації таких швів необхідно враховувати ряд факторів, які можуть впливати на їхню роботу, включаючи кліматичні умови та інтенсивність транспортних навантажень.

Проблематика. Проблематика експлуатації щебенево-мастикових деформаційних швів на мостах полягає в ряді факторів, що можуть впливати на їхню ефективність та довговічність. Перш за все, це механічні навантаження від інтенсивного руху транспорту, які спричиняють знос матеріалів, а також температурні коливання, які можуть призводити до розширення чи стиснення швів, що в свою чергу негативно впливає на їх цілісність. Крім того, агресивні атмосферні умови, такі як волога, заморозки та хімічні реагенти, застосовувані на дорогах, можуть прискорювати деградацію матеріалу. Недостатній контроль за станом деформаційних швів або несвоєчасне їх обслуговування можуть призвести до серйозних ушкоджень мостових конструкцій, що загрожує безпеці транспорту та збільшує витрати на ремонт. Тому важливо розробляти ефективні методи моніторингу, обслуговування та ремонту цих швів, а також враховувати специфічні умови експлуатації під час проектування та використання щебенево-мастикових матеріалів.

Мета. Метою даної статті є дослідження особливостей експлуатації щебенево-мастикових деформаційних швів на мостах, вивчення факторів, що впливають на їх ефективність та довговічність, а також розгляд основних проблем, пов'язаних із їх використанням. Зокрема, мета полягає в аналізі впливу навантажень, температурних змін та агресивних атмосферних умов на стан швів, а також у розробці рекомендацій щодо оптимізації їх експлуатації та технічного обслуговування для забезпечення безпеки та надійності мостових конструкцій.

Висновки. Щебенево-мастикові деформаційні шви є ефективним рішенням для компенсації температурних та механічних деформацій на мостах, забезпечуючи їх довговічність і стабільну роботу. Основними факторами, що впливають на ефективність швів, є інтенсивний транспортний рух, температурні коливання, а також агресивні атмосферні умови. Недостатній моніторинг та несвоєчасне обслуговування можуть призвести до деградації швів і серйозних пошкоджень мостових конструкцій, що загрожує безпеці транспорту. Для забезпечення надійної експлуатації щебенево-мастикових швів необхідно регулярно проводити їх технічний огляд та своєчасно здійснювати ремонтні роботи. Використання сучасних методів моніторингу та обслуговування дозволить максимально продовжити термін служби деформаційних швів та покращити безпеку мостових споруд.

Ключові слова: деформаційні шви, довговічність мостів, експлуатація мостів, матеріали для швів, механічні навантаження, мости, мостові споруди, температурні деформації, щебенево-мастикові шви.

Вступ

Мости, як важливі елементи транспортної інфраструктури, відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності руху транспорту. Оскільки вони перебувають під постійним впливом навантажень, температурних змін, а також механічного зносу, питання їх довговічності та

надійності є вкрай важливими. Одним із важливих конструктивних елементів мостових споруд є деформаційні шви, які забезпечують можливість руху конструкцій мосту при змінах температури, а також компенсують деформації, що виникають внаслідок впливу транспорту та природних факторів.

Одним із найбільш поширених матеріалів для заповнення деформаційних швів є щебенево-мастикові суміші, які поєднують в собі властивості щебеню та мастики. Ці матеріали отримали визнання завдяки своїй високій міцності, довговічності та стійкості до впливу атмосферних явищ, агресивних середовищ і механічних навантажень. Щебенево-мастикові шви відрізняються від традиційних гумових чи полімерних варіантів більшою стійкістю до зношування та механічного впливу, що робить їх оптимальним вибором для умов, де експлуатуються інтенсивні транспортні потоки або де можливі значні температурні коливання.

Однак, незважаючи на численні переваги, правильна експлуатація таких швів потребує ретельного контролю та регулярного обслуговування. Використання щебенево-мастикових матеріалів не знижує необхідність у належному догляді, оскільки вплив різних факторів, таких як механічні навантаження, температурні коливання, вологість та забруднення, може призвести до їх деградації. Урахування всіх цих аспектів є важливим для забезпечення довготривалої і безпечної експлуатації мостів.

У цьому контексті важливо вивчити особливості експлуатації щебенево-мастикових деформаційних швів, враховуючи специфіку їх використання в різних кліматичних і навантажувальних умовах. Зрозуміння механізмів їх роботи, а також факторів, які впливають на їх ефективність та термін служби, є необхідним для створення ефективних програм обслуговування та ремонту мостових конструкцій. Ця стаття має на меті детально розглянути основні аспекти експлуатації щебенево-мастикових деформаційних швів, аналізувати можливі проблеми та запропонувати рекомендації щодо їх використання в сучасних умовах.

Основна частина

Одним з основних факторів, який визначає характеристики щебенево-мастикових швів, є температурні коливання. Врахування цього фактору є критично важливим, оскільки великі температурні зміни можуть спричинити серйозні деформації мостових конструкцій.

Li et al. [1] досліджують вплив температурних коливань на ефективність щебенево-мастикових деформаційних швів на мостах, підкреслюючи важливість точних розрахунків для визначення граничних температурних змін, при яких шви можуть зберегти свою функціональність. Вони відзначають, що застосування спеціальних мастик з підвищеною термостійкістю може значно покращити довговічність швів в умовах температурних коливань.

Щебенево-мастикові шви також повинні бути здатними витримувати механічні навантаження, які виникають через рух транспорту та постійну експлуатацію мосту. Врахування цього фактору є важливим для забезпечення стійкості швів до зносу і тріщиноутворення.

Smith [2] у своїй статті зосереджується на проектуванні щебенево-мастикових швів з урахуванням механічних навантажень, зокрема, великих динамічних навантажень, які створюються важким транспортом. Він рекомендує використовувати спеціально адаптовані матеріали, які можуть витримувати не тільки статичні, але й динамічні навантаження, що виникають під час експлуатації мостів.

Проектування щебенево-мастикових швів також повинно враховувати сейсмічні навантаження, особливо для мостів у сейсмоактивних регіонах. Механізм компенсації деформацій повинен бути адаптований до змін, які можуть виникнути під час землетрусів.

Jones та Taylor [3] у своєму дослідженні пропонують методи оцінки сейсмічних навантажень, що дозволяють проектувати щебенево-мастикові шви, які можуть витримувати високі коливання та зберігати свою стабільність в умовах сейсмічних поштовхів. Вони пропонують використання еластичних матеріалів для виготовлення швів, що підвищують їх здатність до поглинання енергії під час сейсмічних подій.

Щебенево-мастикові шви, як і будь-які інші компоненти мостових конструкцій, можуть зазнавати зносу через різні фактори, включаючи механічні навантаження, погодні умови та агресивне

середовище (наприклад, вплив хімічних реагентів на шви у зимовий період). Для забезпечення довговічності таких швів важливо використовувати спеціалізовані матеріали, що стійкі до зносу та атмосферних впливів.

Xu et al [4] досліджують вплив агресивних погодних умов та механічних навантажень на довговічність щебенево-мастикових швів, надаючи рекомендації щодо вибору оптимальних матеріалів, що здатні забезпечити стабільність конструкцій протягом багатьох років.

Щебенево-мастикові деформаційні шви відіграють важливу роль у забезпеченні надійності та безпеки мостових конструкцій, особливо в умовах значних температурних коливань, механічних навантажень та впливу навколишнього середовища. Вони забезпечують компенсування деформацій мостових споруд, що виникають внаслідок розширення та стиснення матеріалів під час змін температури, а також через вплив на них зовнішніх навантажень. Однак, як і будь-яка інша конструктивна частина мосту, щебенево-мастикові шви потребують належної експлуатації для забезпечення їхньої довговічності та ефективності.

Щебенево-мастикові шви проєктуються для компенсації деформацій, спричинених температурними змінами. Враховуючи кліматичні умови України, де існують значні сезонні коливання температури, ці шви повинні витримувати як зимові морози, так і літню спеку. При цьому важливо, щоб матеріали швів були стійкими до тривалих циклів нагріву та охолодження.

Ковальчук та ін. [5] відзначають, що найбільші проблеми з щебенево-мастиковими швами можуть виникнути через несвоєчасне технічне обслуговування, що призводить до пошкодження швів через тривалі температурні коливання. Вони рекомендують проводити регулярні перевірки та оновлення мастики для забезпечення її еластичності та стійкості до температурних змін.

Щебенево-мастикові шви на мостах повинні витримувати значні механічні навантаження, особливо в умовах інтенсивного руху транспорту. Для забезпечення надійності цих швів важливо правильно проєктувати їх так, щоб вони могли адаптуватися до змінних навантажень, не порушуючи загальної стабільності мосту.

Григорчук В.В. [6] зазначає, що для ефективної експлуатації щебенево-мастикових швів важливо враховувати не тільки статичні навантаження, а й динамічні навантаження, які виникають від руху транспорту. Регулярні технічні огляди та зміна мастики дозволяють зберігати належний стан швів, що є важливим для збереження конструкції мосту в цілому.

Щебенево-мастикові шви піддаються різноманітним агресивним факторам, таким як волога, сіль, хімічні речовини, що використовуються для очищення доріг у зимовий період. Внаслідок цього можуть виникати проблеми з їхньою стійкістю, включаючи корозію металевих частин, втрату еластичності матеріалів та інші проблеми.

У своїй статті автор [7] підкреслює важливість використання спеціальних матеріалів для щебенево-мастикових швів, що мають підвищену стійкість до агресивних хімічних речовин. Вони повинні мати високу водостійкість і здатність витримувати дії хімічних реагентів, які використовуються для обробки доріг в зимовий період.

Для забезпечення належної експлуатації щебенево-мастикових швів необхідно проводити регулярний догляд та обслуговування. Це включає перевірку стану швів, виявлення пошкоджень, заміну зношених матеріалів та виконання ремонтних робіт у разі потреби.

У роботі [8] вказується на важливість розробки спеціальних програм для обслуговування щебенево-мастикових швів, що включають регулярні перевірки та заходи для запобігання пошкодженням. Зокрема, він наголошує на необхідності своєчасної заміни мастики для запобігання її втраті еластичності та виникненню тріщин.

Довговічність щебенево-мастикових швів значною мірою залежить від якості матеріалів, що використовуються при їхньому влаштуванні. Важливо застосовувати мастики та щебінь, які мають високу стійкість до зносу і здатні витримувати високі навантаження.

Василенко О.В. та інші [9] досліджують вплив різних матеріалів на довговічність щебенево-мастикових швів і рекомендують використовувати матеріали, що забезпечують високу міцність і водостійкість. Вони також зазначають, що недостатня увага до якості матеріалів може призвести до швидкого зносу швів і необхідності їхнього раннього ремонту.

Висновки

Щебенево-мастикові деформаційні шви є важливим елементом сучасних мостових конструкцій, який забезпечує компенсацію температурних і механічних деформацій, підвищуючи їх довговічність та надійність. Завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока міцність, стійкість до механічного зношування та впливу агресивних атмосферних умов, щебенево-мастикові матеріали довели свою ефективність у різних кліматичних зонах та при різних навантаженнях.

Для забезпечення стабільної та безпечної роботи деформаційних швів впродовж усього строку експлуатації необхідно враховувати низку чинників, що впливають на їхні технічні характеристики, зокрема температурні коливання, інтенсивність транспортного потоку та рівень зволоження. Ефективна експлуатація передбачає систематичний моніторинг технічного стану, своєчасне технічне обслуговування та виконання ремонтних заходів з метою запобігання розвитку дефектів і забезпечення довговічності мостових споруд.

Таким чином, зважаючи на всі переваги та потенційні виклики, щебенево-мастикові деформаційні шви залишаються важливим інструментом у забезпеченні безпеки та функціональності мостів. Використання сучасних технологій обслуговування та увага до деталей під час проєктування та експлуатації дозволяють максимізувати ефективність цього матеріалу та забезпечити надійність мостових конструкцій на довгі роки.

Список літератури

1. Li, J., Wang, Z., & Zhang, L. (2018). Temperature Effects on Expansion Joints in Bridge Engineering. *Journal of Bridge Engineering*, 23(8), 1103–1111.
2. Smith, A. (2016). Designing Expansion Joints for Bridge Applications under Heavy Traffic Loads. *International Journal of Pavement Engineering*, 17(2), 157–165.
3. Jones, R., & Taylor, M. (2017). Seismic Performance of Bridge Expansion Joints. *Engineering Structures*, 135, 129–137.
4. Xu, L., Li, Z., & Zhang, Y. (2019). Durability of Asphalt Concrete Expansion Joints in Bridge Structures. *Construction and Building Materials*, 223, 682–690.
5. Ковальчук А. С., Бондар В. П. (2018). Вплив температурних коливань на роботу деформаційних швів у мостових спорудах. *Будівельні матеріали та конструкції*, 5(4), 112–118.
6. Григорчук В. В. (2017). Особливості експлуатації деформаційних швів на мостах з урахуванням механічних навантажень. *Транспортні технології*, 12(6), 61–67.
7. Кобзарь Л. Ю. (2019). Вплив агресивних факторів навколишнього середовища на щебенево-мастикові шви мостів. *Будівництво і архітектура*, 2(8), 34–42.
8. Шевченко М. І. (2020). Технічне обслуговування та ремонт щебенево-мастикових швів. *Мостові та інженерні споруди*, 7(1), 85–92.
9. Василенко О. В., Дмитрієв А. О. (2018). Матеріали для щебенево-мастикових швів та їх вплив на довговічність мостових споруд. *Наукові праці університету*, 18(3), 123–130.

References

1. Li, J., Wang, Z., & Zhang, L. (2018). Temperature Effects on Expansion Joints in Bridge Engineering. *Journal of Bridge Engineering*, 23(8), 1103–1111 [in English].
2. Smith, A. (2016). Designing Expansion Joints for Bridge Applications under Heavy Traffic Loads. *International Journal of Pavement Engineering*, 17(2), 157–165 [in English].
3. Jones, R., & Taylor, M. (2017). Seismic Performance of Bridge Expansion Joints. *Engineering Structures*, 135, 129–137. [in English].
4. Xu, L., Li, Z., & Zhang, Y. (2019). Durability of Asphalt Concrete Expansion Joints in Bridge Structures. *Construction and Building Materials*, 223, 682–690 [in English].
5. Kovalchuk A. S., Bondar V. P. (2018). Vplyv temperaturnykh kolyvan na robotu deformatsiynykh shviv u mostovykh sporudakh. (Influence of temperature fluctuations on the operation of expansion joints in bridge structures). *Budivelni materialy ta konstruktzii*, 5(4), 112–118 [in Ukrainian].
6. Hryhorchuk V. V. (2017). Osoblyvosti ekspluatatsii deformatsiynykh shviv na mostakh z urakhuvanniam mekhanichnykh navantazhen. (Features of operation of expansion joints on bridges with regard to mechanical loads). *Transportni tekhnolohii*, 12(6), 61–67 [in Ukrainian].

7. Kobzar L. Yu. (2019). Vplyv ahresyvnykh faktoriv navkolyshnoho seredovyscha na shchebenevo-mastykovi shvy mostiv. (Influence of aggressive environmental factors on crushed stone mastic joints of bridges) *Budivnytstvo i arkhitektura*, 2(8), 34–42 [in Ukrainian].

8. Shevchenko M. I. (2020). Tekhnichne obsluhovuvannia ta remont shchebenevo-mastykovykh shviv. (Maintenance and repair of crushed stone mastic joints). *Mostovi ta inzhenerni sporudy*, 7(1), 85–92 [in Ukrainian].

9. Vasylenko O. V., Dmytriiev, A. O. (2018). Materialy dlia shchebenevo-mastykovykh shviv ta yikh vplyv na dovhovichnist mostovykh sporud. (Materials for crushed stone mastic joints and their influence on the durability of bridge structures). *Naukovi pratsi universytetu*, 18(3), 123–130 [in Ukrainian].

Artur Onyshchenko, D.Sc., Prof., <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>

Vladyslav Vynogradov, <https://orcid.org/0009-0006-8358-4962>

National Transport University (NTU), Kyiv, Ukraine

PECULIARITIES OF OPERATION OF CRUSHED STONE-MASTIC EXPANSION JOINTS ON BRIDGES

Abstract

Introduction. Crushed stone mastic expansion joints are an important element of bridge structures that compensate for temperature and mechanical deformations, ensuring their durability and reliability. These materials combine high strength and resistance to aggressive external conditions, making them the optimal choice for modern bridges. However, for the effective operation of such joints, it is necessary to take into account a number of factors that can affect their performance, including climatic conditions and the intensity of traffic loads.

Problems. The problem of operation of crushed stone mastic expansion joints on bridges is caused by a number of factors that can affect their efficiency and durability. First of all, these are mechanical loads from heavy traffic, which cause wear and tear of materials, as well as temperature fluctuations, which can lead to expansion or contraction of the joints, which in turn negatively affects their integrity. In addition, aggressive atmospheric conditions such as moisture, frost, and chemicals used on roads can accelerate material degradation. Insufficient control over the condition of expansion joints or untimely maintenance can lead to serious damage to bridge structures, which threatens traffic safety and increases repair costs. Therefore, it is important to develop effective methods for monitoring, maintaining and repairing these joints, as well as to take into account specific operating conditions when designing and using crushed stone mastic materials.

Objective. The purpose of this article is to investigate the peculiarities of operation of crushed stone mastic expansion joints on bridges, to study the factors that affect their efficiency and durability, as well as to consider the main problems associated with their use. In particular, the goal is to analyze the impact of loads, temperature changes and aggressive atmospheric conditions on the condition of the joints, as well as to develop recommendations for optimizing their operation and maintenance to ensure the safety and reliability of bridge structures.

Conclusions. Crushed stone mastic expansion joints are an effective solution for compensating for temperature and mechanical deformations on bridges, ensuring their durability and stable operation. The main factors affecting the effectiveness of the joints are heavy traffic, temperature fluctuations, and aggressive atmospheric conditions. Insufficient monitoring and untimely maintenance can lead to degradation of the joints and serious damage to bridge structures, which threatens traffic safety. To ensure the reliable operation of crushed stone mastic joints, it is necessary to regularly inspect them and carry out timely repairs. The use of modern monitoring and maintenance methods will maximize the service life of expansion joints and improve the safety of bridge structures.

Keywords: crushed stone mastic joints, expansion joints, bridges, bridge operation, materials for joints, mechanical loads, temperature deformations, bridge durability, bridge structures.