

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОНУ
ШЛЯХОМ АРМУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ
СИНТЕТИЧНИМИ ВОЛОКНАМИ**

**IMPROVING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF ASPHALT CONCRETE BY
REINFORCING ASPHALT CONCRETE MIXTURES
SYNTHETIC FIBERS**



Левківська Людмила Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра вищої математики, к. 514, вул. Бойчука 42, Київ, Україна, 01103, e-mail: l.v.g@ukr.net, тел. +380975475724,

<https://orcid.org/0000-0002-5589-5257>



Елаллак Джафар Муса, аспірант, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, к. 113, вул. Бойчука 42, Київ, Україна, 01103, e-mail: jafarmoosa.77@ukr.net, тел. +380668917124,

<https://orcid.org/0000-0001-9045-7351>

Анотація. В даній статті показано, що однією з причин погіршення стану автомобільних доріг значною мірою є невідповідність експлуатаційних характеристик дорожньо-будівельних матеріалів підвищеним транспортним навантаженням. Стрімке зростання числа великовантажних автомобілів на дорогах, збільшення інтенсивності руху і, як наслідок, збільшення осьових навантажень на дорожнє покриття, сприяє розвитку деформацій асфальтобетонних доріг створених на основі звичайних бітумів. У всьому світі постійно переглядаються нормативні вимоги до їх фізико-механічних властивостей та проводяться роботи по створенню нових сучасних дорожніх матеріалів і технологій. Все це спрямовано на підвищення довговічності дорожніх покриттів у сучасних умовах їх експлуатації.

Встановлено, що найбільш ефективним заходом підтримання транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів на достатньому рівні є застосування геосинтетичних матеріалів як армуючих прошарків. Армуючий матеріал, який застосовується при будівництві, реконструкції та ремонтах доріг, сприймає й перерозподіляє розтяжні зусилля і попереджає надлишкову горизонтальну деформацію подовження поблизу підошви шару при його згині, що виникають при багатократних короточасних впливах колісного навантаження від автотранспорту. Він повинен також сприймати і перерозподіляти розтяжні напруги та попереджувати надлишкову деформацію, які виникають у деяких перерізах від тривалого температурного впливу.

В статті викладені результати досліджень застосування геосинтетичних матеріалів для підвищення міцності, зсувостійкості та тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів у дорожньому

будівництві. Наведена розгалужена класифікація та основні функції геосіток. Розглянуті різні варіанти їх розташування в конструкції дорожнього одягу. Окреслена актуальність використання геосинтетичних матеріалів з огляду на їх ефективність, різноманітність, багатofункціональність та широку область застосування.

Ключові слова: геосинтетичні матеріали, геосітки, асфальтобетонне покриття, зчеплення, тріщини.

Вступ. Однією із серйозних проблем вітчизняних доріг є утворення колійності. Воно викликане підвищенням інтенсивності руху та одночасним збільшенням динамічних навантажень у зв'язку зі зростанням швидкостей, збільшенням кількості автомобілів, низькою якістю дорожньо-будівельних матеріалів [1-4]. Крім того, інтенсивне та тривале сонячне світло особливо у літній період нагріває асфальтобетон і впливає на поведінку бітумного в'язучого. Розігрите покриття стає м'яким, і в результаті його повзучості після прикладання навантаження від транспорту виникає залишкова деформація.

На сьогоднішній день у дорожньому будівництві існує багато методів боротьби з колійністю, серед яких широко поширеним є армування (посилення) асфальтобетонних сумішей геосинтетичними матеріалами при будівництві та реконструкції дорожнього одягу [5]. З кожним роком сфера застосування геосинтетичних матеріалів розширюється, спираючись на великий позитивний досвід їх використання. Відоме армування асфальтобетонних сумішей сталевими фіброволокнами, органічними полімерними волокнами та дерев'яними волокнами.

Спостереження, проведені закордонними та нашими фахівцями з будівництва автомобільних доріг, показали, що хоча при застосуванні різних армуючих матеріалів (полімерних, сталевих ґрат, решіток зі скловолокна та ін.) утворення тріщин повністю не виключається, але початок тріщиноутворення значно відсувається, подовжуючи термін служби покриття у 2-3 рази [6-7].

Мета і методи. Метою статті є дослідження використання геосинтетичних армуючих прошарків в дорожньому будівництві.

Результати і пояснення. У сучасній світовій практиці дорожнього будівництва для забезпечення нормативних термінів служби асфальтобетонних покриттів застосовують конструктивні рішення та технології з використанням армуючих прошарків з геосинтетичних матеріалів у вигляді ниткопрошивних геосіток. Матеріалом для виробництва геосітки служать полієфіри та поліаміди, поліпропілен та скловолокно. Нитки полотен у вузлах переплетіння скріплюють за допомогою плавки, склеювання, прошивки або іншими способами.

Геосітка дорожня є найпопулярнішим матеріалом на будівельному ринку. Вона має високі міцнісні і низькі деформативні характеристики, хімічну та біологічну стійкість, термостійкість в діапазоні робочих температур укладання асфальтобетонної суміші (120-160°C), ідеально підходить для армування асфальтобетонних покриттів.

Основною метою застосування геосітки є зміцнення асфальтобетонних шарів за рахунок підвищення опору покриття розтягуючим температурним напругам і опору розтягування при вигині, зміни умов контакту в зоні тріщини, а внаслідок цього - збільшення терміну служби покриттів.

Геосітка армує асфальтобетон, перенаправляє вертикальні навантаження в горизонтальну площину, перерозподіляє горизонтальні напруги в шарі асфальтобетону і знижує активні місцеві напруги.

Область застосування геосіток [8]:

- армування асфальтобетонних покриттів при будівництві та реконструкції автомобільних доріг, злітно-посадкових смуг аеродромів, проїзної частини мостів;
- розширення проїжджої частини автомобільної дороги;
- відновлення покриття ділянки дороги після ремонту підземних комунікацій;
- посилення робочого шва асфальтобетонного покриття;
- будівництво бетонних доріг з деформаційними швами.

Використання геосітки дає можливість:

- запобігти поширенню температурних, відображених і втомних тріщин;
- зменшити товщину асфальтобетонного покриття;

- запобігти виникненню зсувних деформацій покриття (колій і напливів);
 - збільшити робочу зону нижніх шарів покриття і основи завдяки своїй розподіляючій здатності, і продовжує, таким чином, термін служби дорожнього одягу;
- надати нові властивості дорожній конструкції.

Для капітального ремонту та реконструкції асфальтобетонного покриття використовують наступні геосітки:

1) геосітка зі скловолокна, у порівнянні з аналогічними по міцності нетканими матеріалами, не просто розділяє прошарок, а одночасно його армує.

Геосітка характеризується наступними перевагами: подовження не більше 3%, відсутність повзучості матеріалу, за рахунок високої міцності і низької деформативності перешкоджає утворенню колій. Геосітка також має меншу товщину відносно типових геосіток за обсягом у 7-10 разів, за масою у 5-6 разів, завдяки чому вона набагато дешевша в транспортуванні і зручна в застосуванні.

2) геосітка з поліестеру представляє собою гнучку арматуру, виготовлену з високомодульних волокон поліестера, з'єднаних між собою спеціальним чином так, що утворюється сітка з великими чарунками. Вибір поліестера як сировини заснований на схожості його механічних характеристик і модуля пружності з навантажувальними характеристиками асфальтобетону.

Армуюча геосітка вкрита бітумом, який забезпечує добре зчеплення матеріалу з асфальтобетоном. Цей зв'язок покращує здатність сітки сприймати і перерозподіляти розтягуючі напруги.

Вибір відповідного типу армуючої геосітки ґрунтується на співвідношенні між розмірами чарунки і найбільшим діаметром часток заповнювача. Як правило, ширина чарунки повинна бути більше найбільших часток заповнювача в 2,0-2,5 рази, тому в більшості випадків використовується геосітка з шириною осередку 30 мм або 40 мм. Крім того, досвід експлуатації показує, що міцність на розтяг, що дорівнює 50 кНм в поздовжньому і поперечному напрямках.

3) геосітка пластикова одновісна - це плоска поліпропіленова сітка з витягнутими по довжині чарунками, орієнтованими в одному напрямку для створення високої міцності на розтяг.

Області застосування: зведення підпірних стін, земляних устоїв мостів, крутих відкосів, земляних дамб; зведення насипів на слабких ґрунтах; контроль ерозії ґрунтів земляного полотна; інженерна обробка місць для захоронення відходів.

Найбільш ефективні геосітки пластикові одновісні використовуються при будівництві та експлуатації об'єктів в місцях з несприятливими гідрогеологічними і обмеженими умовами.

4) геосітка пластикова двовісна - це плоска сітка з осередками прямокутної форми, виготовлена з поліпропілену методом екструзії. У процесі виробництва геосітка розтягується в двох напрямках завдяки орієнтуванню молекул, і охолоджується в напруженому стані з метою досягнення високих міцносних характеристик при низьких показниках повзучості.

Геосітка розроблена для будівництва автомобільної дороги на слабких ґрунтах, а також для підвищення ефективності конструкцій переносити високі динамічні і статичні навантаження.

Область застосування: стабілізація ґрунту, посилення автодорожніх і залізничних основ, будівництво майданчиків під високі навантаження (аеродроми, автостоянки, контейнерні майданчики та інші), посилення насипів на слабких основах, будівництво тимчасових доріг на слабких основах, армування бетону.

В залежності від виду ремонту пропонуються різні варіанти розташування геосіток в конструкції дорожнього одягу:

1. Ремонт ділянок доріг шляхом суцільного армування асфальтобетону без вирівнюючого шару (рис. 1). Укладання асфальтобетону при ремонті дорожніх покриттів виконується найчастіше армуванням площі. Геосітка укладається на старий шар асфальтобетонного покриття на рівних ділянках дороги, але з наявністю сітки тріщин покриття. Ефект консервації старих тріщин досягається за рахунок того, що сітка приймає на себе горизонтальні напруги та деформації, таким чином перешкоджаючи поширенню відображених тріщин від існуючих покриттів в нові укладені шари дорожнього покриття.

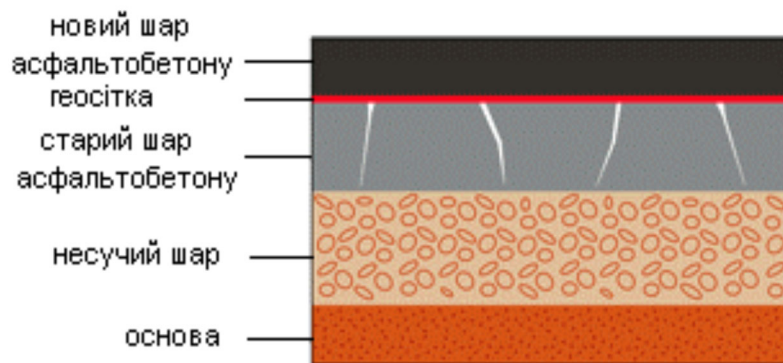


Рисунок 1 - Ремонт ділянок доріг шляхом суцільного армування асфальтобетону без вирівнюючого шару

Figure 1 - Repair of road sections by continuous reinforcement of asphalt concrete without leveling layer

2. Посилення існуючої конструкції дорожнього одягу (рис. 2).

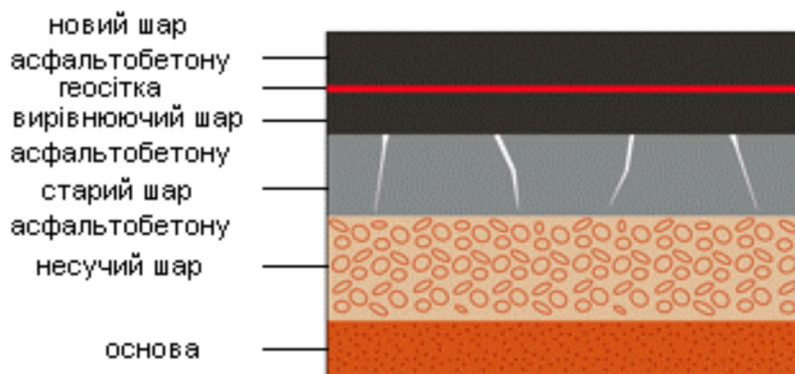


Рисунок 2 - Посилення існуючої конструкції дорожнього одягу
Figure 2 - Strengthening of the existing construction of road clothing

На ділянках доріг, що мають колії й вибоїни, укладання геосітки здійснюється на вирівнюючий шар асфальтобетону. Попередньо очищується поверхня старого покриття, потім укладається вирівнюючий шар асфальтобетону, геосітка і новий шар асфальтобетонного покриття.

Ефект усунення або значного зменшення колійності і вибоїн досягається за рахунок того, що геосітка перерозподіляє вертикальні локальні навантаження на більшу площу поверхні.

3. Армування асфальтобетону, покладеного на бетонне покриття (рис. 3).

При посиленні шаром асфальтобетону бетонних покриттів автомобільних доріг і злітно-посадкових смуг аеродромів рекомендується укладати вирівнюючий шар асфальтобетону та геосітку. Необхідність застосування даної технології пояснюється тим фактом, що при сполученні дорожнього одягу з цементобетону і шару асфальтобетону в останньому з'являються тріщини через різницю коефіцієнтів температурного розширення бетону і асфальтобетону. З цієї причини над цементобетонним покриттям необхідно улаштування вирівнюючого шару асфальтобетону.

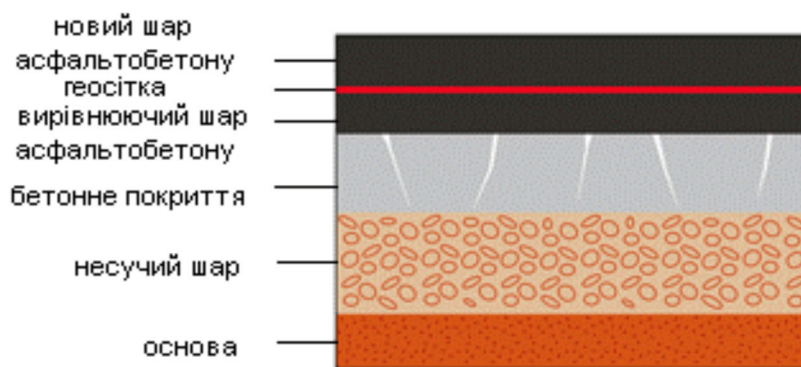


Рисунок 3 - Армування асфальтобетону, покладеного на бетонне покриття
Figure 3 - Reinforcement of asphalt concrete laid on a concrete surface

При посиленні шаром асфальтобетону бетонних покриттів автомобільних доріг і злітно-посадкових смуг аеродромів рекомендується укласти вирівнюючий шар асфальтобетону та геосітку. Необхідність застосування даної технології пояснюється тим фактом, що при сполученні дорожнього одягу з цементнобетону і шару асфальтобетону в останньому з'являються тріщини через різницю коефіцієнтів температурного розширення бетону і асфальтобетону. З цієї причини над цементнобетонним покриттям необхідно улаштування вирівнюючого шару асфальтобетону.

4. Армування асфальтобетонного покриття в зоні стику (рис. 4).

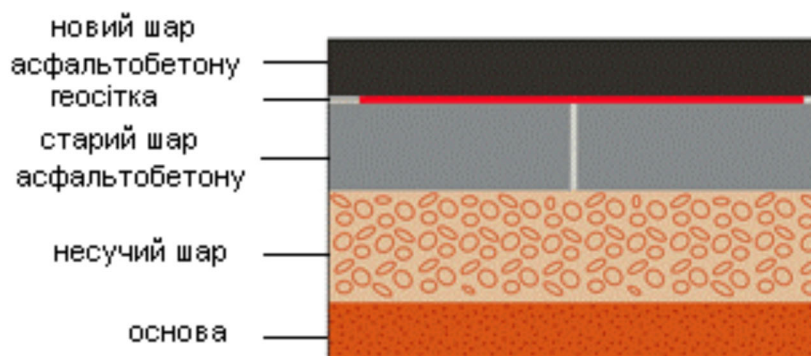


Рисунок 4 - Армування асфальтобетонного покриття в зоні стику
Figure 4 - Reinforcement of asphalt concrete pavement in the joint zone

Відкриті ділянки на старих покриттях, що мають руйнування (тріщини) є зонами з підвищеним ризиком виникнення тріщин у верхньому та знову укладеному шарі. В даному випадку рекомендується проводити армування цих зон геосіткою.

5. Армування асфальтобетону при розширенні дорожнього полотна (рис. 5).

Розширення дорожнього полотна зазвичай виконується без армування, в результаті чого в місцях сполучення старих і нових ділянок виникають поздовжні тріщини. Укладання геосітки на ці ділянки сприяє армуванню зони поздовжнього стику та попередженню тріщин.

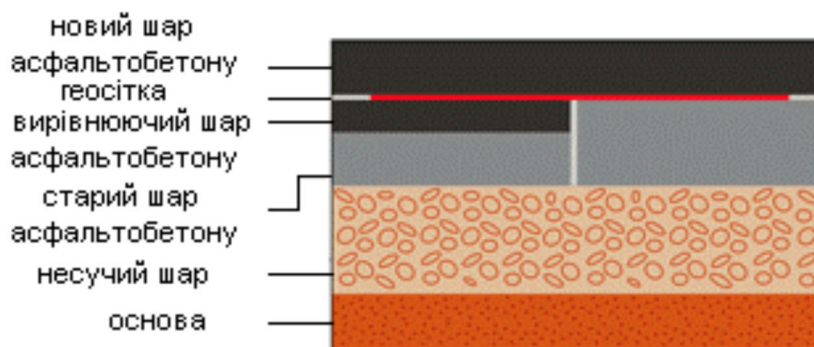


Рисунок 5 - Армування асфальтобетону при розширенні дорожнього полотна
Figure 5 - Reinforcement of asphalt concrete when widening the road surface

Розширення дорожнього полотна зазвичай виконується без армування, в результаті чого в місцях сполучення старих і нових ділянок виникають поздовжні тріщини. Укладання геосітки на ці ділянки сприяє армуванню зони поздовжнього стику та попередженню тріщин.

6. Посилення ділянки дороги після ремонту підземних комунікацій (рис. 6).

Тріщини і вибоїни часто виникають в асфальтобетонних покриттях на ділянках доріг, що проходять над інженерними комунікаціями, а також після проведення ремонтних робіт з розкриттям дорожнього полотна. Армування геосітками усуває або істотно сповільнює виникнення тріщин і руйнування таких ділянок доріг.

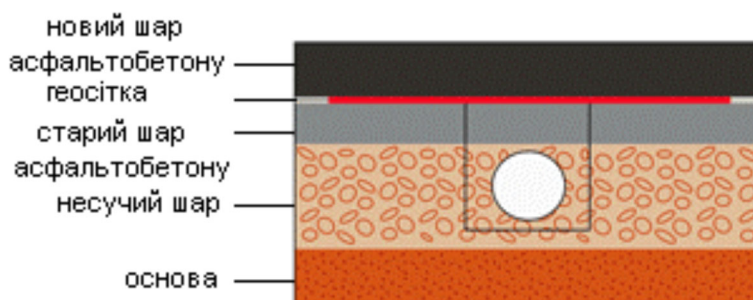


Рисунок 6 - Посилення ділянки дороги після ремонту підземних комунікацій
Figure 6 - Strengthening of the road section after the repair of underground communications

Висновки та рекомендації. Таким чином, наявність асфальтобетонного покриття автомобільних доріг з характерними деформаціями (тріщинами та колійністю) потребує впровадження нових елементів (геосіток) в конструкції дорожнього одягу при проведенні ремонтних робіт, що дозволяють підвищити міцність та надійність дорожнього покриття з мінімальними витратами.

Встановлено, що армуючі синтетичні прошарки влаштовані в асфальтобетонних шарах впливають на загальний напружений стан дорожнього одягу нежорсткого типу:

- армуючий прошарок дозволяє перерозподілити навантаження від транспорту на більшу площу, збільшити несучу здатність дорожнього покриття, попередити появу тріщин від втоми, колійності, смуг накату, хвиль та напливів;

- армуючий матеріал приймає на себе частину розтягуючих напружень, які для асфальтобетону, в силу його фізико-механічних властивостей, найбільш небезпечні, не дозволяючи з'являтися температурним тріщинам.

Армування асфальтобетонного дорожнього покриття дозволяє збільшити строк служби покриттів автомобільних доріг втричі за рахунок скорочення термічного розтріскування і розтріскування від утомленості, відображених тріщин та осідання. Витрати на ремонтні заходи й експлуатаційне утримання в армованого покриття нижчі, ніж у неармованого, завдяки збільшенню строку експлуатації та розширенню інтервалів між відновлювальними роботами.

Перелік посилань

1. Левківська Л.В., Горбунович І.В., Елаллак Д.М. Аналіз факторів впливу на утворення тріщин в асфальтобетонних дорожніх покриттях. «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки» Том 30 (69) Ч.2 № 6, 2019. С. 189 – 194.
2. Левківська Л.В., Елаллак Д.М. Аналіз факторів впливу на міцність зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. Вип. 109. 2021. С. 26 – 32.
3. Левківська Л.В., Гринчак І.І., Елаллак Д.М. Аналіз існуючих методів оцінки якості зчеплення між шарами дорожнього одягу. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. Київ. 2022. Вип. 1 (51). С. 267 – 274.
4. Левківська Л.В. Проблеми розвитку дорожньо-транспортної інфраструктури України. Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку: матеріали ХХІХ Міжнародної науково-практичної конференції / за ред. І.В. Жукова, Є.О. Романенка. Теплице (Чехія): ГО «ВАДНД», 07 лютого 2023 р. С. 371-375.
5. Савенко В.Я., Петрович В.В., Каськів В.І., Усиченко О.Ю. Синтетичні матеріали – перспектива використання в дорожніх конструкціях Автомобільні. дороги і дорожнє будівництво. 1999. Вип. 57. С. 143 – 153.
6. Гамеляк І.П., Кострицький В.В., Артеменко Л.Ф. Проблеми використання геосинтетичних матеріалів у дорожньому будівництві та шляхи їх вирішення. Вісник КНУДТ. 2009. Вип. 6. С. 17 – 27.
7. Мозговий В. В., Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю. Сучасні аспекти підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу. Автошляховик України. 2012. № 5. С. 25 – 30.
8. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008. К.: Укравтодор, 2008. 126 с.

IMPROVING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF ASPHALT CONCRETE BY REINFORCING ASPHALT CONCRETE MIXTURES SYNTHETIC FIBERS

Levkivska Liydmyla Volodymyrivna, Ph.D., National Transport University, associate professor department of high mathematics, e-mail: l_v_g@ukr.net, +380975475724, Ukraine, 01103, Kyiv, Boychuka str., 42, of. 514, <https://orcid.org/0000-0002-5589-5257>

Elallak Jafar Musa, Postgraduate student of the National Transport University, Department of Road Construction Materials and Chemistry, e-mail: jafarmoosa_77@ukr.net, +380668917124, Ukraine, 01103, Kyiv, Boychuka str., 42. <https://orcid.org/0000-0001-9045-7351>

Summary: This article shows that one of the reasons for the deterioration of the condition of highways is largely the mismatch of the operational characteristics of road construction materials with increased traffic loads. The rapid increase in the number of heavy trucks on the roads, the increase in traffic intensity and, as a result, the increase in axial loads on the road surface, contributes to the development of deformations of asphalt concrete roads created on the basis of ordinary bitumen. All over the world, regulatory requirements for their physical and mechanical properties are constantly revised and work is being done to create new modern road materials and technologies. All this is aimed at increasing the durability of road surfaces in modern conditions of their operation.

It has been established that the most effective measure for maintaining the transport and operational performance of road surfaces at a sufficient level is the use of geosynthetic materials as reinforcing layers. The reinforcing material, which is used in the construction, reconstruction and repair of roads, perceives and redistributes tensile forces and prevents excessive horizontal deformation of the elongation near the sole of the layer during its bending, which occurs during multiple short-term effects of wheel loads from motor vehicles. It must also perceive and redistribute tensile stresses and prevent excessive deformation that occurs in some cross-sections from prolonged temperature exposure.

The article presents the results of research on the use of geosynthetic materials to increase the strength, shear resistance and crack resistance of asphalt concrete coatings in road construction. A broad classification and main functions of geogrids are presented. Different variants of their location in the construction of road clothing are considered. The relevance of the use of geosynthetic materials is outlined, given their effectiveness, diversity, multifunctionality and wide scope of application.

Key words: geosynthetic materials, geogrids, asphalt concrete coating, adhesion, cracks.

References

1. Levkivska L.V., Horbunovych I.V., Elallak D.M. Analiz faktoriv vplyvu na utvorennya trishchyn v asfal'tobetonnykh dorozhnikh pokryttyakh. «Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky» Tom 30 (69) CH.2 № 6, 2019. S. 189 – 194.
2. Levkivska L.V., Elallak D.M. Analiz faktoriv vplyvu na mitsnist' zcheplennya mizh asfal'tobetonnyimi sharamy dorozhn'oho odyahu. Avtomobil'ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vyp. 109. 2021. S. 26 – 32.
3. Levkivska L.V., Hrynychak I.I., Elallak D.M. Analiz isnuyuchykh metodiv otsinky yakosti zcheplennya mizh sharamy dorozhn'oho odyahu. Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky». Naukovyy zhurnal. Kyiv. 2022. Vyp. 1 (51). S. 267 – 274.
4. Levkivska L.V. Problemy rozvytku dorozhno-transportnoyi infrastruktury Ukrainy. Suchasni aspekty modernizatsiyi nauky: stan, problemy, tendentsiyi rozvytku: materialy XXIX Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi / za red. I.V. Zhukova, YE.O. Romanenka. Teplitse (Chexkiya): HO «VADND», 07 lyutoho 2023 r. S. 371 – 375.
5. Savenko V.YA., Petrovych V.V., Kaskiv V.I., Usychenko O.YU. Syntetychni materialy – perspektyva vykorystannya v dorozhnikh konstruktsiyakh Avtomobil'ni. dorohy i dorozhnye budivnytstvo. 1999. Vyp. 57. S. 143 – 153.
6. Hamelyak I.P., Kostrytskiy V.V., Artemenko L.F. Problemy vykorystannya heosyntetychnykh materialiv u dorozhn'omu budivnytstvi ta shlyakhy yikh vyrishennya. Visnyk KNUDT. 2009. Vyp. 6. S. 17 – 27.
7. Mozhovyy V. V., Onyshchenko A. M., Harkusha M. V., Aksonov S. YU. Suchasni aspekty pidvyshchennya kolyestiykosti nezhorstkoho dorozhn'oho odyahu. Avtoshlyakhovyk Ukrainy. 2012. № 5. S. 25 – 30.
8. Sporudy transportu. Materialy heosyntetychni v dorozhnomu budivnytstvi: VBN V.2.3-218-544:2008. K.: Ukravtodor, 2008. 126 s.

Надійшла до редакції 02.04.2023.