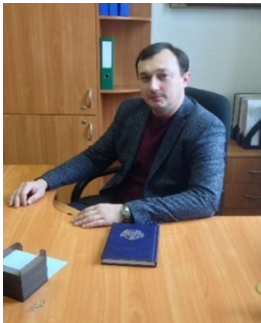


ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕННЯ

RESEARCH OF THE TRANSPORT-MAINTENANCE COAT CONDITION CHANGE WHILE OVER-WATERING



Бубела Андрій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, тел.: +380505535594, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, номер

<https://orcid.org/0000-0002-5619-003X>.

Анотація. Переважна більшість автомобільних доріг на території України мають асфальтобетонне покриття, яке є головним контактуючим шаром дорожнього одягу з навколишнім середовищем. Цілісність покриття має суттєвий вплив на транспортно-експлуатаційний стан автомобільної дороги за рахунок збереження конструктивно-запроектованих міцносних характеристик всіх шарів дорожнього одягу. Під впливом температурних змін, атмосферних опадів, поверхневих та ґрунтових вод, промерзання, відлиг, окислювальних процесів, навантажень, особливо від великовагових транспортних засобів, відбуваються різного виду пошкодження покриття, які скорочують термін його служби, збільшують нерівність поверхні та сприяють виносу зруйнованого матеріалу. Основними факторами, що впливають на розтріскування і механічне пошкодження асфальтобетонних покриттів є знос і втома під впливом багаторазових навантажень та наявність надлишкової вільної води. Найбільших збитків найчастіше завдає вода, що вже знаходиться в шарах дорожньої конструкції, а також в тріщинах асфальтобетонних покриттів. Оскільки практично неможливо уникнути потрапляння води в дорожню конструкцію, то для забезпечення її міцності і довговічності, особливо на перезволожених ділянках, необхідно швидке відведення води за допомогою дренажів мілкового закладання, які є економічно виправданими та істотно зменшують утворення тріщин покриттів.

Ключові слова: автомобільна дорога, транспортно-експлуатаційний стан, дренаж мілкового закладання, асфальтобетонне покриття, перезволоження.

Вступ

На сьогоднішній день більшість автомобільних доріг на території України, побудовані за старими нормами та стандартами, де не враховано швидке збільшення інтенсивності руху та вантажопідйомності транспортних засобів. І хоча збільшення потоку є причиною багатьох проблем, все ж основним фактором передчасного руйнування слід вважати те, що не забезпечується належного відводу води з конструктивних шарів дорожньої конструкції.

Аналіз досліджень, а також результати спостережень показали, що вода є головним чинником, який впливає на виникнення руйнувань в дорожній конструкції. Так в роботі [1] розглядаються різні деформації дорожнього покриття, які виникли через надмірні великі навантаження від транспортних засобів та недоліки структури дорожнього одягу, що негативно впливають на безпеку руху. Проїзд вантажного автомобіля порушує рівновагу стаціонарного стану дорожнього одягу, особливо за наявності в ньому вологи. Це спричиняє перерозподіл навантаження на шари дорожньої конструкції, що призводить до порушення цілісності покриття проїзної частини та деформації [2, 3].

Витрати на ремонт і відновлення зруйнованих ділянок автомобільних доріг майже завжди обумовлені дією важких колісних навантажень і динамічними впливами їх на конструктивні шари, що містять вільну воду. Для того, щоб запобігти або мінімізувати майбутні пошкодження та руйнування, особливо на ділянках за II та III типами зволоження [4], а також підвищити експлуатаційні характеристики автомобільної дороги необхідно обов'язково влаштувати дренаж мілкового закладання, який забезпечує запобігання накопиченню та швидке відведення будь-якої води з дорожньої конструкції.

Метою даної роботи є дослідження зміни транспортно-експлуатаційного стану покриттів в умовах перезволоження від різних джерел надходження води. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати джерела зволоження дорожньої конструкції;
- дослідити причини руйнування та деформації дорожнього одягу;
- визначити основні фактори забезпечення належного транспортно-експлуатаційного стану.

Основна частина

Переважає більшість конструкцій автомобільних доріг не розраховані на швидке відведення води. Вільна вода, перебуваючи в асфальтобетонних покриттях, сприяє виникненню тріщин, окислення і збільшення жорсткості шару покриття, що може привести до зниження міцності, розтріскування і загального руйнування шарів зносу та основи.

Серйозну небезпеку для транспортних засобів і великі додаткові затрати, пов'язані з утриманням доріг, викликають тріщини, які є першопричиною виникнення вибоїв. Тріщини на асфальтобетонних покриттях можуть бути поперечні, повздовжні, косі, ромбовидні, локальні, наскрізні, температурні та у вигляді сітки [5]. В багатьох випадках утворення тріщин пов'язано з дією навантаження та наявністю вільної води в шарах дорожнього одягу, де виникають небезпечні за розмірами деформації, які спричиняються наступними причинами:

утворення сіткових тріщин

- конструктивні недоліки, тобто недостатні розміри або недостатня несна здатність основи;
- дуже тверде в'язуче;
- відсутність контакту між шарами дорожнього одягу.

виникнення повздовжніх тріщин

- недостатні розміри або невірне виконання будівельних робіт;
- передчасні утомлені явища в асфальті.
- утворення лінз з льоду в несучій конструкції.

виникнення поперечних тріщин

- використання неузгоджених з районом експлуатації будівельних матеріалів, наприклад, дуже твердого в'язучого;
- глибокі тріщини після укочування.

За глибиною, більшість тріщин поширюються на товщину шарів покриття, однак, при недостатній міцності дорожнього одягу, тріщини можуть поширюватися і в шари основи. Результати цього впливу приховані під поверхнею і не обов'язково виявляються безпосередньо. Зниження міцності покриття через його перезволоження – це поступовий процес, і протягом перших кількох років його результати можуть залишатися непоміченими.

Коли вільна вода потрапляє в проміжки між конструктивними шарами дорожньої конструкції, багатшарова система під впливом вібрації покриттів, яка створюється навантаженнями від транспорту, починає діяти подібно діафрагмовому насосу [6]. Під дією навантажень від транспортних засобів швидкість пошкодження зростає в багато разів у порівнянні зі швидкістю при їх відсутності (рис 1).

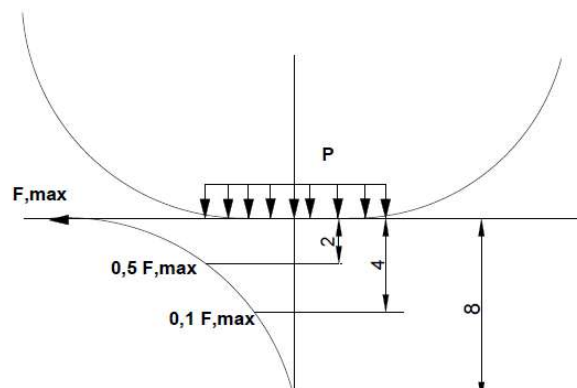


Рисунок 1 – Дія навантаження від колеса автомобіля
Figure 1 – The effect of the car wheel load

В результаті навантажень від коліс автомобілів дорожній одяг прогинається, потім поступово відновлюється. При великій інтенсивності і високій швидкості руху навантаження від коліс вантажних автомобілів можуть повторюватися через кожні 1,5–6 с. Прогин від колеса важкого вантажного автомобіля розповсюджується в усі напрямки, створюючи чашу, яка переміщується в напрямку руху автомобіля (рис. 2). Чаші прогинів частково перекривають одна одну, охоплюючи всю ширину смуги руху. При цьому в шарах дорожнього одягу виникають напруження стиску, розтягу, згину та зсуву.

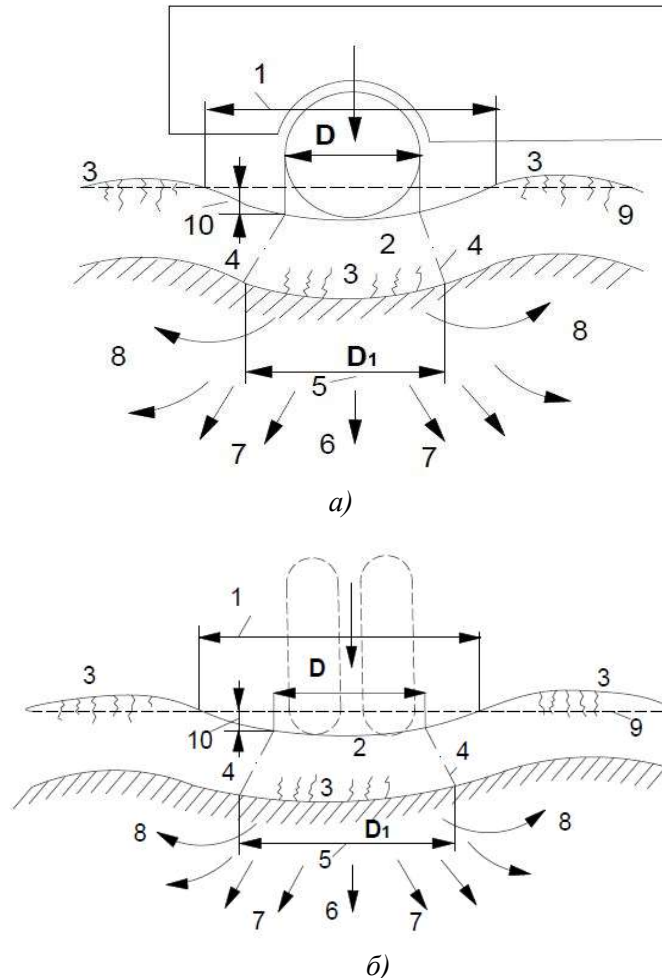


Рисунок 2 – Виникнення деформації та руйнувань під дією навантаження від автомобіля: а) – повздовжня дія; б) – поперечна дія; 1 – чаша прогину; 2 – зона стиску одягу; 3 – зона розтягування; 4 – поверхня зрізу одягу; 5 – площа передачі тиску на ґрунт; 6 – ущільнення ґрунту в основі дорожнього одягу; 7 – напрямок стиску ґрунту; 8 – напрямок випирання ґрунту; 9 – тріщини в дорожньому одязі (а – повздовжні; б – поперечні); 10 – деформації дорожнього одягу

Figure 2 – Occurrence of deformation and destruction under the action of the car load: a) - longitudinal action; b) - transverse action; 1 - bowl deflection; 2 - pavement compression zone; 3 - stretching zone; 4 - cut surface of pavement; 5 - the area of pressure transfer to the ground; 6 - soil compaction at the base of the pavement, 7 - the direction of soil compression; 8 - direction of soil protrusion; 9 - cracks in the pavement (a - longitudinal; b - transverse); 10 - deformation of pavement

Дорожній одяг повинен розподіляти діюче на нього навантаження від колеса автомобіля на велику площу. У весняний чи осінній періоди, коли внаслідок перезволоження знижується міцність ґрунту, існуюча товщина дорожнього одягу не забезпечує необхідну величину тиску, і при проїзді дуже важких автомобілів можуть виникати його руйнування. Величина тиску залежить, безсумнівно, від величини прогину дорожнього одягу і ступеня защемлення води під покриттям. Кожен прогин покриття під впливом великого навантаження змушує воду рухатися по поверхні розділу між верхнім шаром покриття і основою, що призводить до розмивання матеріалу, виштовхування і розбризкування

його через тріщини на поверхню та в результаті утворюються порожнечі і порожнини, що викликають руйнування покриття.

У початковий період вода може вийти тільки через відкриті тріщини. Однак з часом в разі виникнення умов, сприятливих для утворення підсосу води з ґрунту основи, вона зазвичай прокладає собі шлях для виходу між узбіччям і кромкою покриття. В покриттях, покладених на дрібнозернистому ґрунті природної основи, викид або витікання води супроводжується змішуванням дрібних фракцій ґрунту з водою, яка забирає з собою і дрібні фракції. В результаті утворюється порожнеча, яка під впливом багаторазового застосування транспортних навантажень поступово стає все більше і більше.

Надмірні напруження від транспортних навантажень призводять до виникнення деформацій [7], а накопичення залишкових деформацій призводить до руйнування дорожнього покриття. Такі деформації майже ніколи не проявляються відразу після будівництва. Їм, як правило, передують тривалі внутрішні процеси, які в кінцевому підсумку знижують міцнісні властивості ґрунтів і сприяють утворенню ослаблених зон в тілі земляного полотна. Іноді на перший погляд дрібні порушення і пошкодження переростають в дефекти, що створюють аварійні ситуації і тягнуть за собою значні економічні збитки.

При обстеженні дорожніх конструкцій було встановлено, що найбільша неоднорідність вологості та щільності спостерігається у верхній частині земляного полотна в місцях утворення тріщини. В цих місцях середня вологість ґрунту полотна на 15–30% вища, ніж в місцях де немає порушення поверхні покриття, що веде до значного зниження щільності і міцності ґрунту, а також ослаблення в цих місцях дорожніх конструкцій в цілому [8].

Негативний вплив тріщин у шарі асфальтобетонного покриття полягає в тому, що вода проникає через весь дорожній одяг в основу, порушуючи його цілісність. Проникнення води обумовлює розвиток наступних процесів:

– підвищення вмісту води в неукріплених шарах знижує несну здатність конструктивних шарів дорожньої конструкції;

– замерзаючи, вода в дорожній конструкції може призвести як до відшаровування та місцевого руйнування асфальтобетонного покриття, так і до здимання у нижніх шарах, викликаних морозом.

Особливо активно процес виникнення тріщин розвивається у весняний період, коли відбувається коливання температури повітря та покриття. Проникаючи в раковини та мікротріщини покриття, вода здійснює розклинюючу дію, за рахунок фізико-механічних властивостей при її замерзанні. Зв'язки між частками матеріалу послаблюються і під впливом коліс автомобіля утворюється вибоїна, яка може швидко збільшитися (рис. 3).

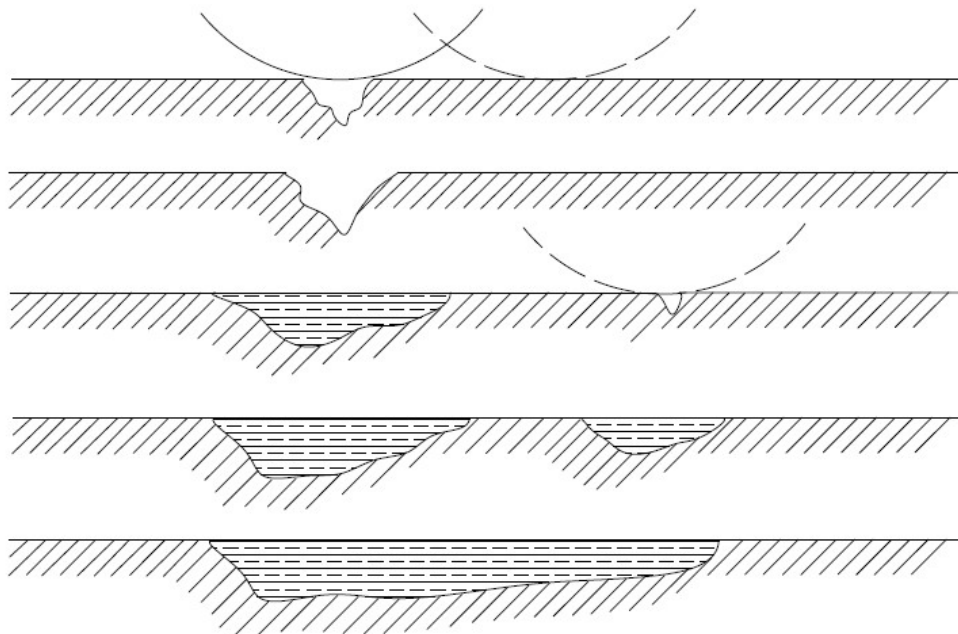


Рисунок 3 – Динаміка розвитку тріщин та утворення вибоїн
Figure 3 – Dynamics of crack development and pothole formation

Наїжджаючи на вибоїну, колесо отримує поштовх, що призводить до повторних динамічних навантажень на дорожнє покриття. При багаторазовому повторенні цього навантаження утворюється наступна раковина або тріщина, які потім зливаються в одну велику вибоїну

Збиток, заподіяний у результаті цього, зв'язаний, як правило, з ремонтом шару асфальтобетонного одягу, або навіть із повним відновленням дорожньої конструкції. Крім того, через проникнення кисню крізь тріщини прискорюється процес старіння бітуму.

Повністю уникнути появи тріщин в дорожніх покриттях важко. Цей процес пов'язаний з дією транспортних навантажень, перепадами температур, наявністю тріщин в нижчих шарах, слабкої основи, відмінністю теплофізичних властивостей матеріалів суміжних шарів.

Відомо про кілька напрямків щодо забезпечення тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів, основні з яких на стадії проекту – матеріалознавчий (пов'язаний з покращенням властивостей асфальтобетонів на сприйняття напружень) і конструктивно-технологічний (заснований на виборі ефективного конструктивного рішення).

На сьогоднішній день існують наступні заходи для зниження руйнування дорожнього одягу, від дії надлишкової води:

- істотно збільшити товщину конструктивних шарів дорожнього одягу, що призводить до його подорожчання;

- влаштування дренажів мілкового закладання (ДМЗ), що є ефективним способом зниження зволоження, який зарекомендував себе як надзвичайно позитивний і економічний.

Для того щоб витрати на будівництво і експлуатацію покриттів з урахуванням терміну їх служби були зведені до мінімуму, треба так проектувати конструктивні шари дорожньої конструкції, щоб забезпечити можливість їх самостійного швидкого осушення за короткий проміжок часу. Дану функцію забезпечують дренажі мілкового закладання, які влаштовуються в робочій зоні дорожньої конструкції, де має місце накладання двох видів найбільшого навантаження: від рухомого транспорту та власної ваги конструкції.

На теперішній час існуючі методи визначення параметрів дренажних систем мілкового закладання в дорожній конструкції носять розрізнений характер і, в першу чергу, направлені на забезпечення достатньої водопрпускнує спроможності.

Основним завданням ДМЗ є забезпечення оптимального водно-теплового режиму дорожньої конструкції, шляхом акумулювання та відведення вільної води, при цьому не зменшуючи її міцносні характеристики.

Конструкція ДМЗ можлива з різних матеріалів, які характеризуються фізико-хімічними властивостями, що впливають на інтенсивність водовідведення.

Індивідуальні проектно-конструктивні параметри шарів дорожнього одягу та дренажів мілкового закладання, на відміну від стандартних підходів, дозволяють збільшити строк експлуатації автомобільної дороги, зменшити утворення тріщин, пошкоджень та витрати на експлуатаційне утримання.

Висновки. Міцність дорожньої конструкції є найбільш важливим показником транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги, який необхідно регулярно перевіряти та підтримувати протягом усього терміну її експлуатації. Основним елементом забезпечення міцносних характеристик автомобільної дороги є цілісність дорожнього одягу, яка забезпечується за рахунок влаштування дренажної системи мілкового закладання у відповідності до проектно-конструктивних параметрів. Добре спроектована дренажна система обумовлює зменшення витрат на експлуатаційне утримання дороги, за рахунок зменшення пошкоджень та тріщин покриття, і, відповідно, дозволяє значно скоротити майбутні роботи з капітального ремонту та реконструкції.

Перелік посилань

1. Aydin, M.M. Effect of road surface deformations on lateral lane utilization and longitudinal driving behaviours [Текст] / Aydin, M. M., Topal, A. // Transport. – 2016. Volume 31(2). – P. 192–201. Режим доступу : \www/ URL: <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1193049>
2. Khalymendyk, I. The mechanism of roadway deformation in conditions of laminated rocks [Текст] / Khalymendyk, I., Baryshnikov, A. // Journal of Sustainable Mining. – 2018. Volume 17, Issue 2. – P. 41–47. Режим доступу : \www/ URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2018.03.004>
3. Grygierek, M. Influence of mining operations on road pavement and sewer system – selected case studies [Текст] / Grygierek, M., Kalisz, P. // Journal of Sustainable Mining. – 2018. Volume 17, Issue 2. – P. 56–67. Режим доступу : \www/ URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2018.04.001>
4. ДСТУ-Н Б В.2.3-41:2016. Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на

автомобільних дорогах. [Електронний ресурс] / Національний стандарт України. Київ. ДП "УкрНДНЦ". – Режим доступу : \www/ URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=65399

5. Кияшко, И.В. Причины образования и негативного влияния трещин в асфальтобетонных покрытиях [Текст] / Кияшко, И.В., Белик, В.В. Харьков: ХНАДУ. – 2001.

6. Леонович, И. И. Трещины в дорожных покрытиях: способы повышения трещиностойкости [Текст] / Леонович, И. И., Мельникова, И. С. // Вестник БНТУ. – 2011. Транспорт № 6, с. 49–53. Режим доступу : \www/ URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/treshchiny-v-dorozhnyh-pokrytyakh-sposoby-povysheniya-treshchinostoykosti>

7. Slavinska, O. Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin [Текст] / Slavinska, O., Savenko, V., Bubela, A., Yaremov, A. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Volume 2, Issue 7-92. – P. 18–26. Режим доступу : \www/ URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126512>

8. Крицкий, М.Я. Земляное полотно автомобильных дорог: дефекты, повреждения и разрушения, их причины, методы профилактики и восстановления: Учебное пособие [Текст] / Крицкий, М.Я., Шестаков, В.Н. // – 2008. Изд-во СибАДИ, 56 с. Режим доступу : \www/ URL: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED1621.pdf>

RESEARCH OF THE TRANSPORT-MAINTENANCE COAT CONDITION CHANGE WHILE OVER-WATERING

Bubela Andrii Volodymyrovych, PhD, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of transport construction and property management, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, tel.: +380505535594, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha–Pavlenko str., 1, <https://orcid.org/0000-0002-5619-003X>

Abstract. The vast majority of roads in Ukraine have asphalt pavement, which is the main contact layer of road clothing with the environment. The integrity of the coating has a significant impact on the transport and operational condition of the highway by maintaining the design-designed strength characteristics of all layers of road clothing. Under the influence of temperature changes, precipitation, surface and groundwater, freezing, thawing, oxidation processes, loads, especially from heavy vehicles, various kinds of damage to the coating occur, which shorten its service life, increase surface roughness and promote material ruin. The main factors affecting the cracking and mechanical damage of asphalt pavements are wear and fatigue under the influence of multiple loads and the presence of excess free water. The most frequent damage is caused by water already in layers of the road structure, as well as in the cracks of asphalt pavements. As it is practically impossible to avoid water entering the road structure, to ensure its durability and durability, especially in wetted areas, rapid drainage of water by means of shallow drainage, which is economically justified and significantly reduces the formation of cracks in the pavements.

Key words: highway, transport and operational condition, drainage of small mortgages, asphalt pavement, over-watering.

References

1. Aydin, M.M., Topal, A. (2016). Effect of road surface deformations on lateral lane utilization and longitudinal driving behaviours. *Transport*, 31(2). 192–201. <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1193049>

2. Khalymendyk, I., Baryshnikov, A. (2018). The mechanism of roadway deformation in conditions of laminated rocks. *Journal of Sustainable Mining*. Volume 17, Issue 2. 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2018.03.004>

3. Grygierek, M., Kalisz, P. (2018). Influence of mining operations on road pavement and sewer system – selected case studies. *Journal of Sustainable Mining*. Volume 17, Issue 2. 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2018.04.001>

4. DSTU-N B V.2.3-41:2016. Nastanova z proektuvannya drenaznykh konstruksiy milkoho zakladannya na avtomobil'nykh dorohakh. Natsional'nyy standart Ukrainy. Kyiv. DP "UkrNDNTS". http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=65399

5. Kiyashko, I.V., Belik, V.V. (2001). Prichiny obrazovaniya i negativnogo vliyaniya treshchin v asfal'tobetonnykh pokrytyakh. Khar'kov: KHNADU.

6. Leonovich, I.I., Mel'nikova, I.S. (2011). Treshchiny v dorozhnykh pokrytyakh: sposoby povysheniya treshchinostoykosti. *Vestnik BNTU*. *Transport* № 6, 49–53. <https://cyberleninka.ru/article/n/treshchiny-v-dorozhnyh-pokrytyakh-sposoby-povysheniya-treshchinostoykosti>

7. Slavinska, O., Savenko, V., Bubela, A., Yaremov, A. (2018). Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Volume 2. Issue 7-92. 18–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126512>

8. Kritskiy, M.YA., Shestakov, V.N. (2008). Zemlyanoye polотно avtomobil'nykh dorog: defekty, povrezhdeniya i razrusheniya, ikh prichiny, metody profilaktiki i vosstanovleniya: Uchebnoye posobiye. Izd-vo SibADI, 56 s. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED1621.pdf>