

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ В ЗОНІ
ПОЗДОВЖНЬОГО СТИКУ СМУГ

ASSURANCE OF THE QUALITY OF THE ASPHALT CONCRETE COATING IN THE ZONE OF
THE LONGITUDINAL JOINT OF STRIPS



Сєдов Андрій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: avs.1708@ukr.net, тел. +380503011475,

<https://orcid.org/0000-0002-7879-6614>



Фоменко Олена Олександрівна, асистент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: lensanfom@ukr.net, тел. +380501070802,

<https://orcid.org/0000-0002-4429-1706>

Анотація. У статті розглянуті питання якісного ущільнення асфальтобетонної суміші при влаштуванні покриттів окремо по смугам руху. Визначено, що основними причинами виникнення дефектів в процесі експлуатації таких покриттів є недостатня щільність та надмірна пористість асфальтобетону у зоні стиків. В роботі проаналізовані результати досліджень, які показують, що розподіл температури суміші за шириною смуги покриття нерівномірний. Найбільш холодні та збагачені великим щебнем ділянки виявляються в зоні стиків. У статті розглянута модель розігріву холодного стику за рахунок тепла від шару гарячої суміші яка вкладається на суміжній смузі. Підвищення температури краю раніше укладеної захватки становить, залежно від різниці температури шарів, від 15 °С до 20 °С. Однак цього не достатньо для якісного ущільнення шару. Таким чином, зроблено висновок що при організації робіт з укладання асфальтобетонних сумішей сполучених смуг одним асфальтоукладачем зі зміщенням його з однієї смуги на іншу необхідно в обов'язковому порядку застосовувати системи прогріву кромки.

Ключові слова: капітальний ремонт, асфальтобетонне покриття, технологічний процес ущільнення, поздовжній стик, температура суміші, гранулометрична та температурна сегрегація, теплофізичні властивості суміші.

Вступ

Руйнування, які виникають в процесі експлуатації асфальтобетонних покриттів пов'язані, як правило, не тільки з якістю асфальтобетонної суміші, але і, в першу чергу, з порушеннями технології влаштування шару. До них належить проблема виконання надійного сполучення захваток покриття, яке влаштовується [1].

При виконанні капітального ремонту дорожнього покриття, укладання гарячої суміші в межах захватки виконують на одній смузі, що пов'язане з організацією дорожнього руху на данній ділянці [2].

Тому наявність поздовжніх та поперечних холодних стиків є неминучою особливістю асфальтобетонних покриттів. Актуальність цього питання пов'язана з тим, що холодний стик – найбільш уразливе місце для виникнення таких дефектів покриття, як технологічні тріщини (рис. 1). Первинні дефекти у вигляді тонких тріщин утворюються протягом 5-6 місяців експлуатації [1].

В осінньо-зимовий період, в результаті численних циклів заморожування-відтавання починається лущення покриття в зоні стиків сполучення. Впливи транспортного навантаження та природно-кліматичних факторів сприяють розвитку дефектів покриття. В результаті, вже після 2-3 років експлуатації, на більшості покриттів автомобільних доріг утворюються так звані «технологічні» поздовжні тріщини, а потім вибоїни [1].



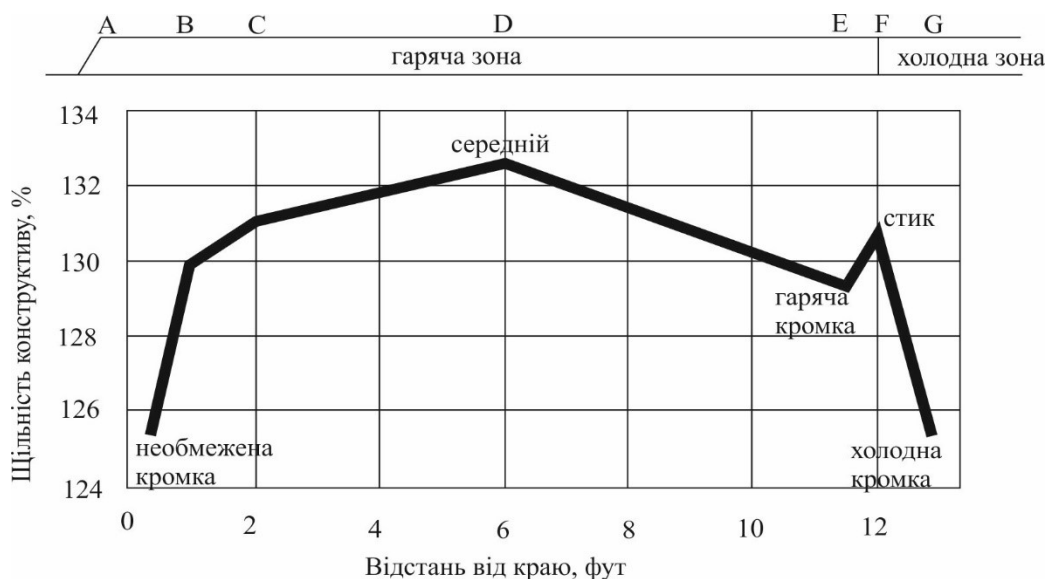
Рисунок 1 – Руйнування покриття в зоні поздовжнього стика

Figure 1 – Destruction of the coating in the zone of the longitudinal joint

Виклад основного матеріалу.

Численними дослідженнями доведено, що якість влаштування покриття залежить від температури суміші, що укладається. Якісне ущільнення асфальтобетонної суміші передбачає, що вона має однакову температуру по всій площі шару. Тому зниження температури гарячої суміші в зоні сполучення смуг покриття нижче за граничну, призводить до зниження характеристик асфальтобетонної суміші при ущільненні покриття (міцності, щільності, водонепроникності), що призводить до руйнування дорожнього покриття в процесі експлуатації.

Дослідження [3-6], які проведені у США та Європі, показують, що основними причинами виникнення дефектів є недостатня щільність та надмірна пористість асфальтобетону у зоні стиків. Так, у роботах [3, 4] зазначається, що навіть при проведенні спеціальних заходів щодо підвищення надійності стиків захваток, щільність асфальтобетону на таких ділянках нижча, ніж в основному покритті. За даними [3] мінімальні значення щільності для всіх конструкцій спостерігалися з боку кромки захватки покриття, що влаштовується, і безпосередньо в стику (рис. 2).



A – необмежена кромка; D – вісь покриття; E – обмежена кромка; F – повздовжній стик

Рисунок 2 – Залежність щільності асфальтобетону від розташування в покритті

Figure 2 – Dependence of the density of asphalt concrete on the location in the coating

Очевидно, довгострокова експлуатаційна надійність стиків суміжних смуг асфальтобетонного покриття, що влаштовуються, і, певною мірою, самого покриття може бути досягнута при мінімальній різниці величин залишкової пористості і коефіцієнта ущільнення асфальтобетону в стик і в основному покритті. Досягти однорідності цих показників у різних точках покриття досить складно. Це пов'язано в першу чергу з температурною та гранулометричною сегрегацією асфальтобетонної суміші [5, 6] у процесі її виготовлення, транспортування та укладання (рис. 3).

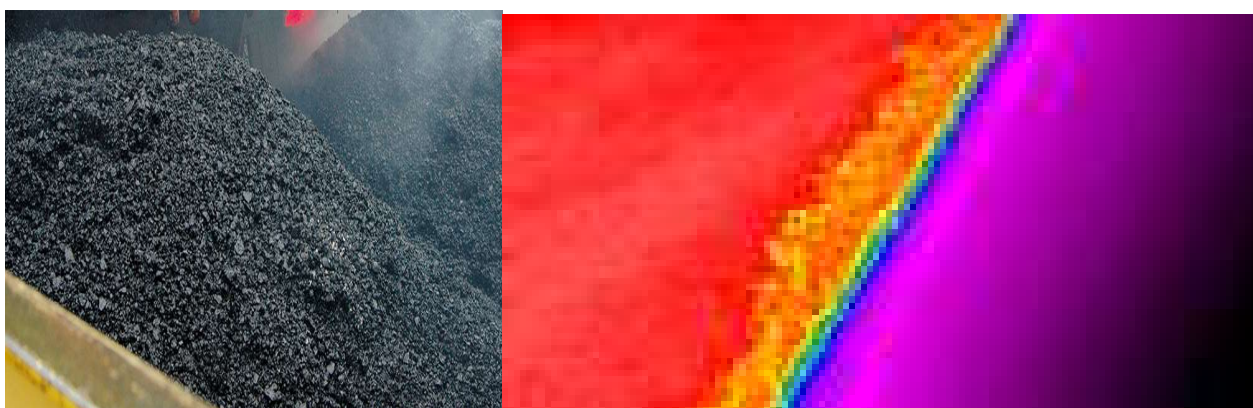
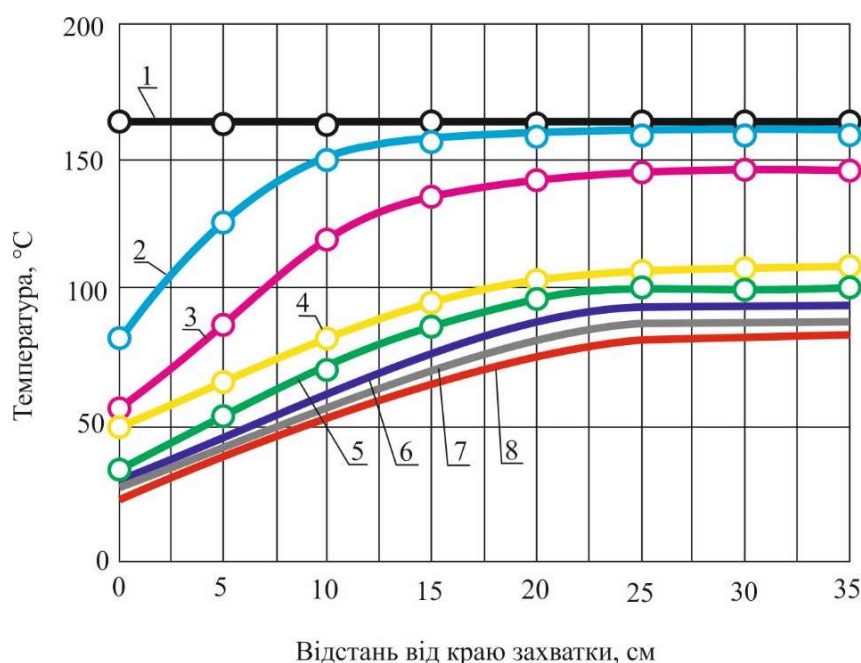


Рисунок 3 – Гранулометрична та температурна сегрегація асфальтобетонної суміші [7]

Figure 3 – Granulometric and temperature segregation of asphalt concrete mixture [7]

При укладанні гарячої асфальтобетонної суміші на основу відбувається зниження її температури в часі за рахунок віддачі тепла в навколишнє середовище і шар, що розташований нижче, за рахунок коефіцієнта теплопередачі матеріалу. Встановлено, що розподіл температури шириною смуги покриття нерівномірний. Найбільш холодні та збагачені великим щебнем ділянки виявляються в зоні стиків (рис. 3). Температура суміші в зоні стику виявляється на 20-30 °С нижче температури суміжних захваток. Такі ділянки ущільнюються гірше та характеризуються нижчою щільністю та підвищеною пористістю порівняно з асфальтобетоном основної частини покриття [1]. Ширина захватки остигання сягає 10-12 см (рис. 4) [2].



1 – після укладання; 2 – через 5 хв; 3 – 10 хв; 4 – 15 хв; 5 – 20 хв; 6 – 25 хв; 7 – 30 хв; 8 – 35 хв

Рисунок 4 – Зміна температури гарячої суміші по ширині захватки

Figure 4 – Change in the temperature of the hot mixture along the gripper width

Зона з температурою суміші, при якій процес ущільнення не відповідає температурним режимам гарячої суміші, досягає від 0,03 м до 0,1 м залежно від температури суміші при укладанні шару. У ході експлуатації ця ділянка в більшості випадків руйнується, а якщо стик схильний до великої кількості навантажень, то ремонт даної ділянки необхідно проводити після декількох років експлуатації.

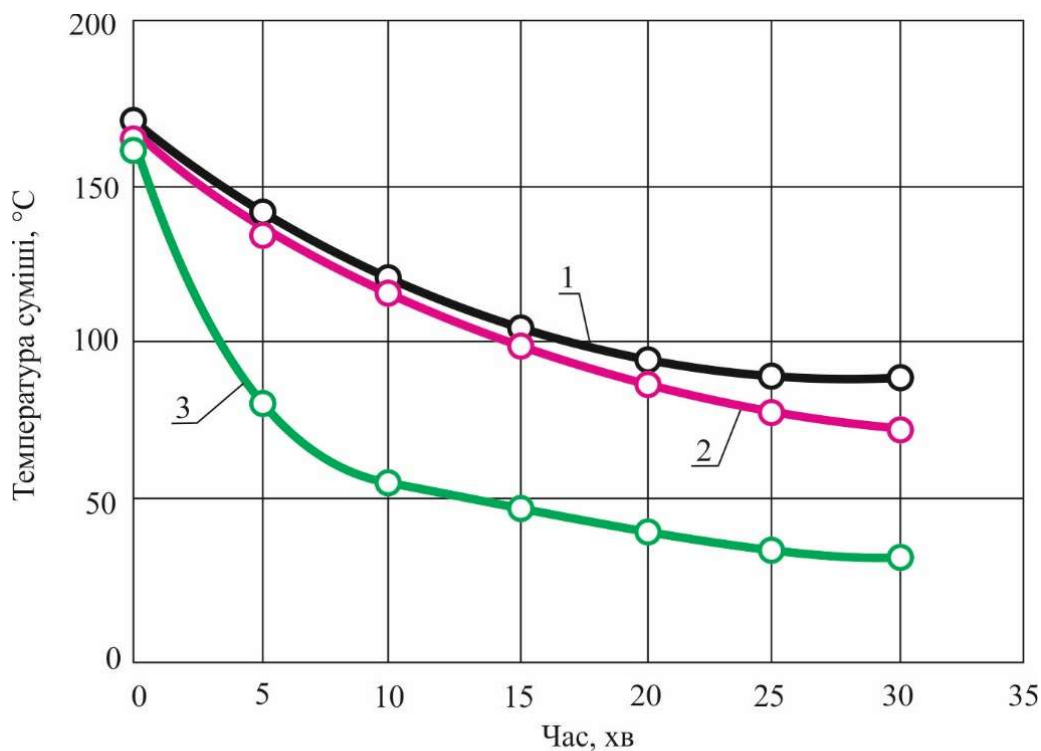
На рисунку 5 представлено розподіл температури асфальтобетону по ширині захватки покриття у часі [7].

В цьому випадку інтенсивність нагріву залежить від температури і товщини шару, що накладається, температури повітря, температури суміші першого шару, товщини укладеного раніше шару, швидкості вітру і теплофізичних властивостей суміші і загальному вигляді може бути представлена виразом [2]:

$$t_{\text{нагр}} = f(t_{\text{сум}}, t_{\text{пов}}, h_{\text{шару}}, h_{\text{од}}, t_{\text{осн}}, v_{\text{в}}, \tau_{\text{нагр}}), \quad (1)$$

де $t_{\text{сум}}$ – температура гарячої суміші при укладанні в дорожнє покриття;

$t_{\text{пов}}$ – температура повітря;
 $h_{\text{шару}}$ – товщина шару гарячої суміші при розподілі по краю першої захватки;
 $h_{\text{од}}$ – товщина шару першої захватки покриття;
 $t_{\text{осн}}$ – температура краю першої захватки покриття;
 $v_{\text{в}}$ – швидкість вітру, м/с;
 $\tau_{\text{нагр}}$ – час нагрівання краю захватки до максимальної температури суміші, хв.



1 – по осі захватки; 2 – на відстані 0,2 м від краю захватки;
 3 – на стику захваток

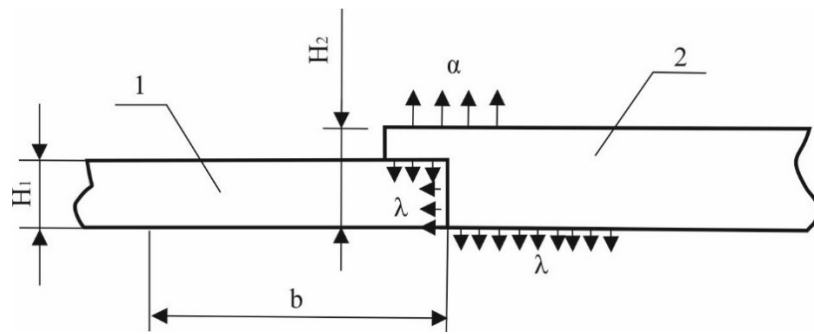
1 – по осі смуги; 2 – на відстані 0,2 м від краю смуги; 3 – на стику сполучених смуг

Рисунок 5 – Зміна температури гарячої суміші у часі

Figure 5 – Change in the temperature of the hot mixture over time

Найчастіше для підвищення якості сполучення шарів покриття, при укладанні суміжної захватки гарячу суміш нової лінії накладають на укладений раніше шар першої лінії. За рахунок теплопередачі від верхнього шару гарячої суміші відбувається нагрівання раніше покладеного шару суміші (рис. 6).

Відомо, що в залежності від часу контакту шарів покриття, температура суміші раніше покладеної захватки буде мати різне значення [8]. Підвищення температури краю раніше укладеної захватки становить, залежно від різниці температури шарів, від 15 °С до 20 °С. Аналіз результатів показав, що після укладання шару максимальна температура краю захватки, за рахунок нагріву від сполученого шару досягається через 10-20 хв (рис. 7).



1 – асфальтобетонна суміш, яка укладена на першій захватці; 2 – асфальтобетонна суміш сполученої захватки; H_1 – товщина шару асфальтобетонної суміші, м; λ – коефіцієнт теплопередачі асфальтобетонної суміші; α – коефіцієнт тепловіддачі, чисельне значення якого залежить від швидкості переміщення повітряних мас

Рисунок 6 – Модель передачі тепла від шару гарячої суміші, раніше укладеному асфальтобетонному шару у захватці покриття [2]

Figure 6 – Model of heat transfer from the layer of hot mixture to the previously laid asphalt-concrete layer in the grip of the coating [2]

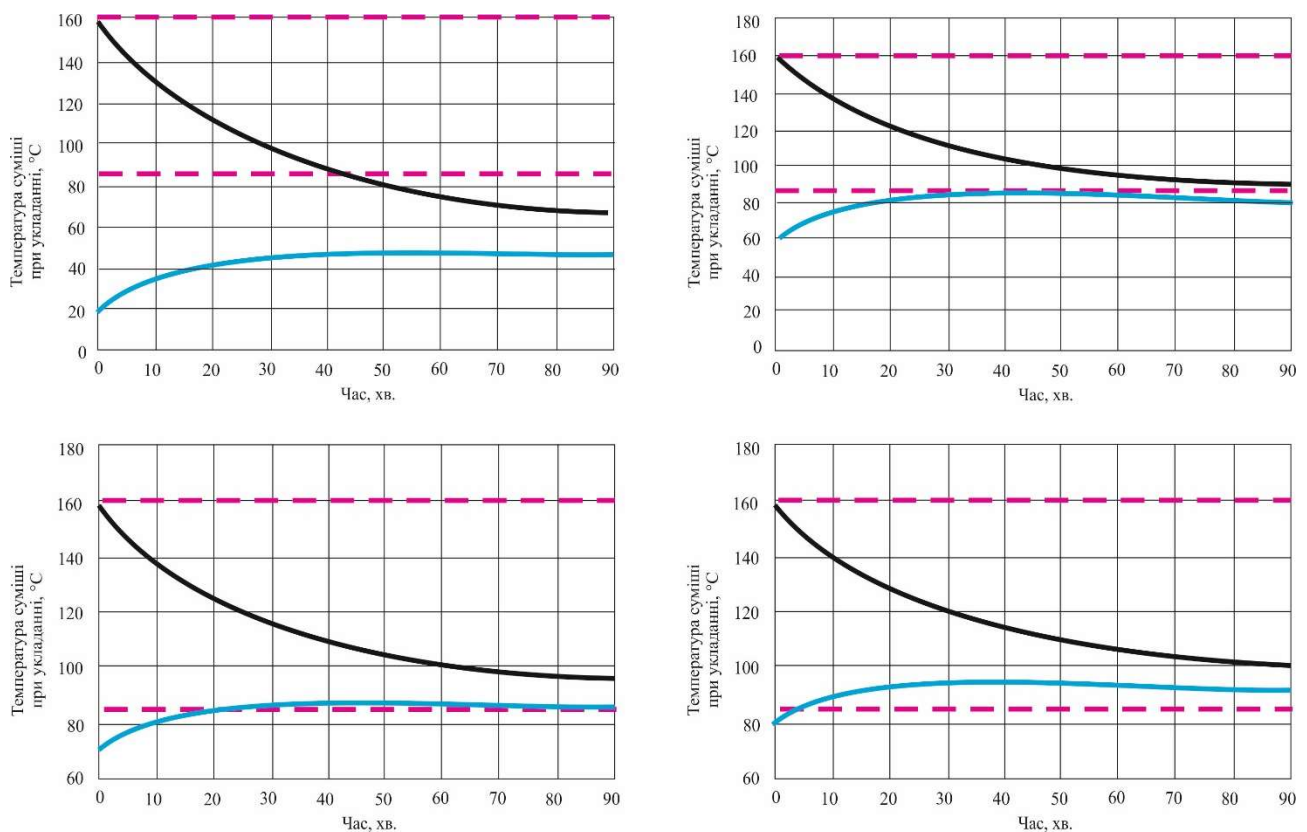


Рисунок 7 – Розподіл температури суміші в зоні стику захваток покриття [7]

Figure 7 – Temperature distribution of the mixture in the contact zone of the coating grips [7]

Аналіз результатів показує, що застосування способу нагрівання краю укладеної смуги за рахунок температури сполученого шару покриття не забезпечує нагрівання до необхідної температури суміші.

Таким чином, для підвищення якості покриття в зоні швів сполучення, при проведенні робіт одним асфальтоукладачем, необхідно обмежувати максимальну довжину смуги укладання в залежності від температури повітря. Однак це обмеження призводить не тільки до зниження продуктивності укладача на 15-20 %, але і до збільшення кількості поперечних швів сполучення, що вимагає додаткових витрат на їх влаштування і негативно впливає на рівність покриття.

Висновки та рекомендації.

При організації робіт з укладання асфальтобетонних сумішей сполучених смуг одним асфальтоукладачем зі зміщенням його з однієї смуги на іншу необхідно в обов'язковому порядку застосовувати системи прогріву кромки, які прогривають край укладеної смуги покриття на ширину до 0,15 м.. Ці системи складаються з блоків випромінювачів, що перетворюють теплову енергію від згоряння зрідженого газу в інфрачервоне випромінювання. Блоки можуть монтуватися як на автономному шасі, так і на асфальтоукладачі. Нагрів краю асфальтобетонної смуги в залежності від типу суміші і марки бітуму здійснюють до температури 100-110 °С.

Технологічний процес ущільнення асфальтобетонної суміші в зоні стику смуг передбачає перший прохід котка по свіжоукладеній смугі з перекриттям суміжної смуги покриття на 150 мм. Аналіз даних показав, що різниця в коефіцієнтах ущільнення основного покриття та зони стику не перевищує 2 %, що підтверджує високу довгострокову ефективність даної технології.

На початку процесу ущільнення швидкість котків повинна бути 1,5-2 км/год, а після п'яти-шести проходів по одному сліду її збільшують до 3,5 км/год.

Перелік посилань

1. Влаштування дорожніх покриттів з гарячих асфальтобетонних сумішей. URL: <https://studfile.net/preview/5729395/page:38/>. (дата звернення: 10.10.2023).
2. Загальні принципи технології будівництва дорожнього одягу. URL: <https://studfile.net/preview/5729395/page:3/>. (дата звернення: 10.10.2023).
3. Cindy K. Estakhri, Thomas J. Freeman, and Clifford H. Spiegelman, Density evaluation of the longitudinal construction joint of hot-mix asphalt pavements, Texas Transportation Institute, August 2000. Pp. 12–18.
4. Rajib B. Mallick, Prithvi S. Kandhal, Randy Ahlrich, Skip Parker, improved performance of longitudinal joints ON asphalt airfield, Airfield Asphalt Pavement Technology Program, December 2007. Pp. 22–26.
5. Milt Fletcher, HMA Segregation, Clemson Highway Conference, 2007. Pp. 8-12.
6. John Fleckenstein L., David L. Allen, David B. Schultz. Compaction at the longitudinal construction joint in asphalt pavements, Kentucky Transportation Center, May 2002. Pp. 38-54
7. Вплив температурної сегрегації на формування структури асфальтобетонних шарів. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_86/052-059.pdf. (дата звернення: 15.10.2023).
8. Тріщини на дорозі та в системі забезпечення якості робіт URL: https://cfts.org.ua/blogs/trischini_na_dorozi_ta_v_sistemi_zabezpechennya_yakosti_robit_307. (дата звернення: 16.10.2023).

ASSURANCE OF THE QUALITY OF THE ASPHALT CONCRETE COATING IN THE ZONE OF THE LONGITUDINAL JOINT OF STRIPS

Siedov Andriy Vitaliyovych, Candidate of Technical Sciences, Kharkiv National Automobile and Road University, Associate Professor of the Department of Highway Construction and Operation, e-mail: avs.1708@ukr.net, tel. +380503011475, <https://orcid.org/0000-0002-7879-6614>

Fomenko Olena Oleksandrivna, Kharkiv National Automobile and Road University, assistant of the department of road construction and operation, e-mail: lensanfom@ukr.net, tel. +380501070802, <https://orcid.org/0000-0002-4429-1706>

Summary. The article deals with the issue of high-quality compaction of the asphalt concrete mixture during the arrangement of coatings separately along the traffic lanes. It was determined that the main causes of defects in the operation of such coatings are insufficient density and excessive porosity of asphalt concrete in the joint area. The paper analyzes the results of studies that show that the temperature distribution of the mixture along the width of the coating strip is uneven. The coldest and most enriched with large crushed stone areas are found in the zone of joints. The article considers a model of heating a cold joint due to heat from a layer of hot mixture that is placed on the adjacent strip. Depending on the temperature difference between the layers, the increase in the temperature of the edge of the previously laid grip is from 15 °C to 20 °C. However, this is not enough for high-quality sealing of the layer. Thus, it was concluded that during the organization of work on laying asphalt concrete mixtures of connected lanes by one asphalt paver with its displacement from one lane to another, it is necessary to apply edge heating systems without fail.

Key words: capital repair, asphalt concrete coating, technological process of compaction, longitudinal joint, mixture temperature, granulometric and temperature segregation, heat-physical properties of the mixture.

References

1. Arrangement of road surfaces from hot asphalt concrete mixtures. URL: <https://studfile.net/preview/5729395/page:38/>. (date of application: 10.10.2023).
2. General principles of road clothing construction technology. URL: <https://studfile.net/preview/5729395/page:3/> (date of application: 10.10.2023).
3. Cindy K. Estakhri, Thomas J. Freeman, and Clifford H. Spiegelman, Density evaluation of the longitudinal construction joint of hot-mix asphalt pavements, Texas Transportation Institute, August 2000. Pp. 12–18.
4. Rajib B. Mallick, Prithvi S. Kandhal, Randy Ahlrich, Skip Parker, improved performance of longitudinal joints ON asphalt airfield, Airfield Asphalt Pavement Technology Program, December 2007. Pp. 22–26.
5. Milt Fletcher, HMA Segregation, Clemson Highway Conference, 2007. Pp. 8-12.
6. John Fleckenstein L., David L. Allen, David B. Schultz. Compaction at the longitudinal construction joint in asphalt pavements, Kentucky Transportation Center, May 2002. Pp. 38-54
7. The influence of temperature segregation on the formation of the structure of asphalt concrete layers. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/avtodorogi_i_stroitelstvo_86/052-059.pdf . (date of application: 15.10.2023).
8. Cracks on the road and in the work quality assurance system URL: https://cfts.org.ua/blogs/trischini_na_dorozi_ta_v_sistemi_zabezpechennya_yakosti_robot_307. (date of application: 16.10.2023).

Дата надходження до редакції 23.10.2023.