

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВЛАШТУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВПЛИВУ ОСТИГАННЯ СУМІШІ НА ЕТАПІ ЇЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ

### THE RESEARCH QUALITY OF ASPHALT CONCRETE LAYING IN DEPENDING ON THE INFLUENCE OF COOLING MIX AT THE STAGE OF TNANSPORTATION



**Мінаков Олексій Сергійович**, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, асистент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: [khadi.lexa@ukr.net](mailto:khadi.lexa@ukr.net), тел. +380662660580, Україна, 61002, м. Харків, вул. Петровського 25, к. 252.



**Ілляш Сергій Іванович**, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна (ДП «ДерждорНДІ»)), завідувач відділу нормативно-технологічного забезпечення дорожніх робіт, [vtldr@ukr.net](mailto:vtldr@ukr.net), [+38067 943 25 33](tel:+380679432533), [orcid.org/0000-0002-3001-8012](https://orcid.org/0000-0002-3001-8012)

**Анотація.** В статті обґрунтовано та експериментально підтверджено вплив етапу транспортування асфальтобетонної суміші на якість кінцевого продукту, тобто шару дорожнього одягу з асфальтобетону.

Об'єкт дослідження – температурна неоднорідність гарячої асфальтобетонної суміші.

Мета роботи полягає у встановленні впливу етапу транспортування асфальтобетонної суміші на якість матеріалу шару з асфальтобетону.

Метод дослідження – статистичний та аналітичний аналіз результатів візуальної, тепловізійної та приладової оцінки під час виконання робіт з влаштування асфальтобетонного шару.

Влаштування шарів дорожніх одягів з гарячих асфальтобетонних сумішей, особливо при несприятливих погодних умовах або віддаленості від місця приготування асфальтобетонної суміші є складним завданням та потребує досконалої організації виконання робіт. Особливістю влаштування таких шарів є необхідність забезпечення температурних режимів на кожному етапі, порушення яких призводить до передчасного руйнування шару та недотримання нормативних строків служби. Одним із перших та найбільш вагомим етапом на якому асфальтобетонна суміш втрачає температуру в поверхневих шарах та утворюється температурна неоднорідність в об'ємі є етап транспортування асфальтобетонної суміші. В роботі на основі польових експериментальних досліджень засобами тепловізійної діагностики та приладових вимірювань обґрунтоване зниження якості влаштованого шару з асфальтобетону, з причини низької температури ущільнення суміші, викликане порушенням виконання робіт з її транспортування. Також наведено характерні дефекти, що утворилися на покритті через шість місяців його експлуатації.

**Ключові слова:** асфальтобетонна суміш, температурна неоднорідність, транспортування, термограма, карта щільності, кореляція.

#### Постановка проблеми.

У зв'язку із особливостями фінансування дорожньої галузі України достатньо великі обсяги виконання будівельних та ремонтних робіт припадають на осінній період року, який характеризується низькими температурами навколишнього середовища, підвищеною вологістю, низькою активністю со-

нячого випромінення та частими опадами. Як показує досвід експлуатації асфальтобетонних шарів дорожніх одягів однією з важливих проблем на сьогодні є скорочення термінів служби даних шарів, що супроводжується передчасним утворенням ямковості, викришуванням та іншими дефектами покриття. Зазначена обставина призводить до зниження комфортності руху, підвищення аварійності на цих ділянках та необхідністю їх передчасного ремонту. Сучасні дослідження свідчать, що найчастіше передчасна ямковість та викришування на покритті у більшості випадків з'являється внаслідок локального недоуцільнення асфальтобетонного шару [1].

Особливої уваги під час виконання робіт з влаштування шарів дорожніх одягів з гарячих асфальтобетонних сумішей необхідно приділяти дотриманню температурних режимів на всіх етапах виконання робіт. Тобто якісне влаштування шару дорожнього одягу з гарячої асфальтобетонної суміші можливе лише за умов, коли температура суміші після її укладання робочими органами асфальтоукладальника та ущільнення котками достатня для досягнення необхідних показників якості матеріалу, а саме щільності, водонасичення, залишкової пористості. Відомо, що асфальтобетонна суміш в після її укладання може мати температурні неоднорідності за площею [2,3,4]. Утворення зазначених неоднорідностей може бути спричинено заздалегідь, ще на етапі перевезення суміші на об'єкт та залежить від відстані транспортування, часу затримки автосамоскидів на маршруті від АБЗ до об'єкту, очікування в черзі перед вивантаженням, способу вивантаження суміші до приймального бункера асфальтоукладальника та технології її укладання. Серед головних факторів, що впливають на швидкість остигання суміші є: температура навколишнього середовища, швидкість вітру, вологість, наявність опадів, стан сонячної активності, час знаходження даної суміші в цих погодних умовах, тощо. Також значний вплив на інтенсивність теплообміну асфальтобетонної суміші із навколишнім середовищем при транспортуванні чинять умови перевезення. В кузові автосамоскида під час транспортування асфальтобетонна суміш може втрачати тепло через стінки металевго борту, контактувати із навколишнім середовищем, коли її поверхня не вкрита захисним тентом або через повітряний прошарок між сумішшю та тентом у разі її теплоізоляції тентом. Під час вивантаження та укладання асфальтобетонна суміш контактує з навколишнім середовищем та металевими деталями та механізмами асфальтоукладача, а після її укладання ще із матеріалом основи на яку вкладається суміш.

Зважаючи на те, що гаряча асфальтобетонна суміш може транспортуватися на значні відстані та цей етап є найбільш тривалим, значний вплив на утворення температурної неоднорідності приходить саме на ньому. Тому для якісного влаштування шару з асфальтобетону, особливо при низьких температурах повітря та віддаленості будівельного майданчика від місця приготування асфальтобетонної суміші, насамперед необхідно приділяти увагу на організацію процесу доставки суміші з як найменшими втратами температури асфальтобетонної суміші з поверхневих шарів та забезпеченням однорідності температури в об'ємі.

### Основні результати дослідження.

Для підтвердження вагомості якісного виконання транспортних робіт з доставки гарячої асфальтобетонної суміші на об'єкт та дотримання температурних режимів асфальтобетонної суміші під час укладання та ущільнення, проведено експериментальне дослідження. Дослідження проводилось на регіональній автомобільній дорозі (Р-07) Чугуїв – Мілове на ділянці км 17+377 – км 28+103 під час виконання капітального ремонту зазначеної ділянки дороги. Метою дослідження є встановлення впливу температурної сегрегації, яка утворюється під час транспортування асфальтобетонної суміші на якість матеріалу шару з асфальтобетонну після його укладання.

Асфальтобетонна суміш типу АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 60/90 транспортувалась автосамоскидами на відстань 285 км. Об'єм суміші в кузовах варіювався в межах від 40 т до 42 т. Час перевезення суміші включаючи очікування в черзі складав 5,8-6,5 годин. Температура асфальтобетонної суміші під час завантаження в кузов автосамоскида в межах 170 – 175 °С. Для теплоізоляції поверхні суміші в кузові використовувався тент, який надійно зафіксований по периметру, з метою перешкоджання обдуванню повітрям. Температура повітря становила + 6 °С, вологість – 91%, швидкість вітру під час укладання суміші та її укочення – 3 м/с. В якості інструмента дослідження використовувався матричний тепловізор FLIR E4 з роздільною здатністю матриці 80x60 точок [5].

З причини віддаленості виконання робіт від асфальтобетонного заводу та негативного впливу факторів навколишнього середовища під час транспортування, частина об'єму асфальтобетонної суміші в поверхневих шарах втратила свою рухомість за рахунок надмірного остигання, та була відбраккована. Цей об'єм суміші з кожного автосамоскида вивантажено вздовж полоси укладання на узбіччя (рис. 1).



Рисунок 1 – Втрата асфальтобетонної суміші через її непридатність до укладання за критерієм температури

Figure 1 - Loss of asphalt mixture due to its unusability by temperature

Під час вивантаження асфальтобетонної суміші з кузова автосамоскида до приймального бункера асфальтоукладача з використанням тепловізора отримано тепловізійний знімок (рис. 2а), на якому мінімальна температура суміші на поверхні складає 44 °С, а середнє значення температури суміші в поверхневих шарах 76 °С. При таких температурах асфальтобетонна суміш втрачає рухомість та утворює холодні конгломерати (рис. 2б) які не можуть бути рівномірно розподілені за площею укладання та якісно ущільнені. Цей факт підтверджує актуальність проблеми якісного влаштування асфальтобетонних шарів з причини виникнення температурної сегрегації на етапі транспортування суміші, особливо при низьких температурах оточуючого повітря.

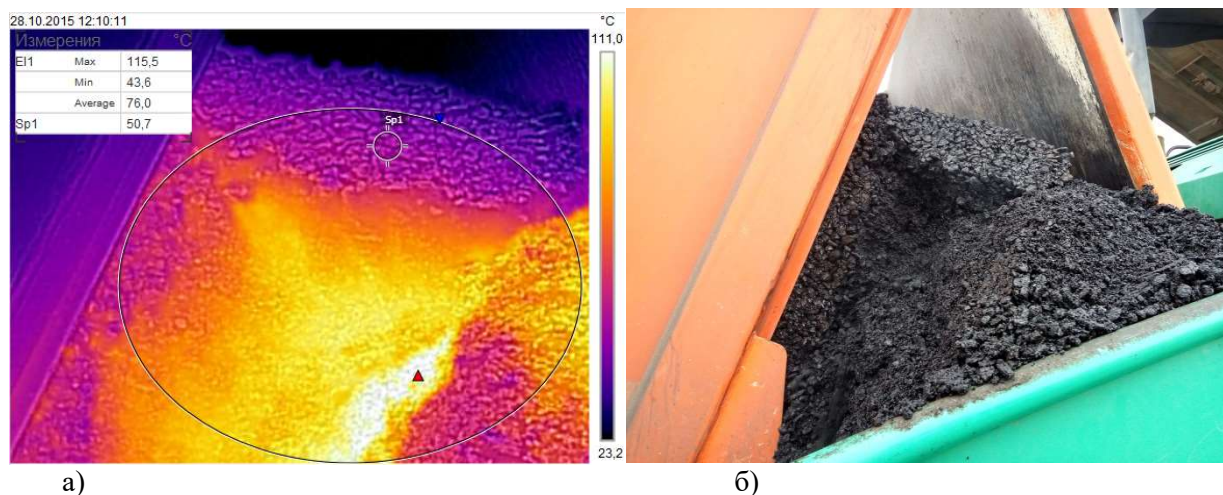


Рисунок 2 – Асфальтобетонна суміш під час вивантаження до приймального бункера асфальтоукладача: а) теплограма, б) реальне зображення

Figure 2 - Asphalt concrete mixture during unloading to the receiving hopper of the asphalt paver: a) heatgram, b) real image

Після укладання асфальтобетонної суміші, вивантаженої з автосамоскида, та перед початком її ущільнення, тепловізором локалізовано місце на покритті з низькою температурою, що викликане потраплянням холодного конгломерату суміші. Температура цієї області складала близько 85 °С (рис. 3). Місце розташування зафіксовано фарбою та після ущільнення і остигання шару взято зразок у вигляді керну з місця відміченого перехрестям на рисунку. Отриманий керн (рис. 4) в результаті відбору був частково зруйнований, мав багато пор та при невеликому зусиллі продовжував руйнуватись. Визначення показників щільності, водонасичення та залишкової пористості не проводилось з причини його передчасного руйнування.



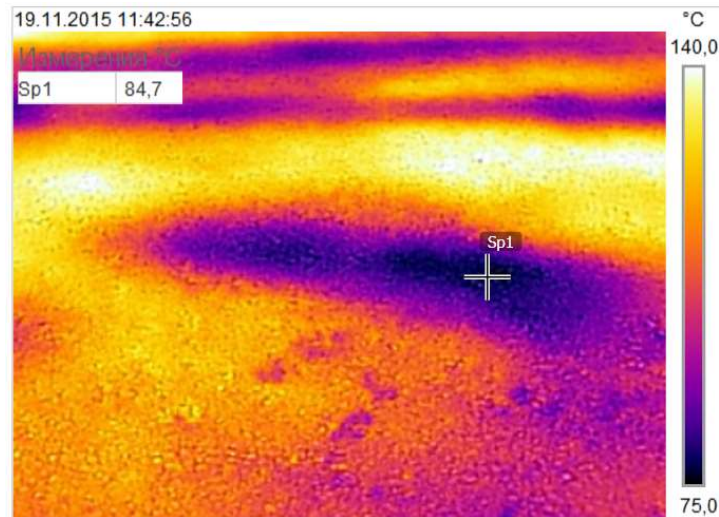


Рисунок 3 – Теплограма покриття з виявленим температурним дефектом  
Figure 3 - Thermogram of the pavement with the detected temperature defect



Рисунок 4 – Керн шару покриття з виявленим температурним дефектом  
Figure 4 - The core of the pavement layer with the detected temperature defect

Для отримання більш достовірних даних та виключення збігу випадковості, постала необхідність статистичного обґрунтування впливу температури асфальтобетонної суміші доставленої на об'єкт на показники якості матеріалу з асфальтобетону.

Згідно з [6] найбільш чутливим критерієм ущільнюваності суміші є показник водонасичення. Проте, через неможливість його визначення неруйнівним способом, в якості критерію якості ущільнення обрано показник середньої щільності. В процесі укладання асфальтобетонної суміші на об'єкті засобами тепловізійної зйомки була отримана теплограма поверхні вздовж полоси влаштування асфальтобетонного шару довжиною, що відповідає об'єму асфальтобетонної суміші, яку розвантажено з одного автосамоскида для виявлення в цьому шарі місць з температурною неоднорідністю. Процес створення теплограми детально описаний в попередній публікації [7]. Розмір отриманої теплограми в плані склав в довжину 53 м та шириною 1,84 м з роздільною здатністю вимірювань температур 1720 точок/м<sup>2</sup>. Аналіз цієї теплограми дозволив визначити ділянку з максимальною температурною неоднорідністю покриття та вибрати її фрагмент (рис. 5) довжиною 15 м для подальшого детального дослідження з побудуванням карти щільності цієї ділянки.

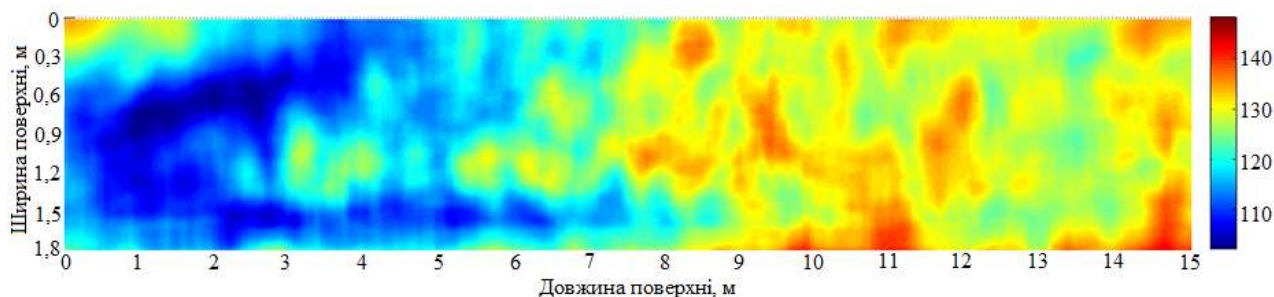


Рисунок 5 – Локалізований фрагмент термограми поверхні покриття обраний для досліджень  
 Figure 5 - Localized fragment of the thermogram of the pavement surface is selected for research

Проведення робіт з визначення щільності виконувалось після ущільнення та охолодження шару до температури навколишнього середовища. В якості інструменту для неруйнівного визначення щільності шару використано щільномір ПАБ-1.0. Обрану дослідну ділянку для побудови карти щільності довжиною 15 м та шириною 2 м розмічено крейдою на комірки розміром 25х25 см (рис. 6). Вимірювання щільності проводилось в вузлах комірок згідно методики що наведена виробником приладу. Розмір диску приладу що контактує з шаром досліджуваного покриття та в межах якого відбувається вимірювання щільності становить 25 см, що при його установці в вузли комірки 25х25 см майже повністю перекриває її площу. Кожне значення щільності в вузлі комірки дорівнює середньому значенню з трьох послідовних вимірювань приладом, отриманих після повернення приладу на кут 120° для збільшення достовірності даних.



Рисунок 6 – Розмічена ділянка покриття для побудови карти щільності приладом ПАБ-1.0  
 Figure 6 - Marked area of pavement for the density map construction by the device ПАБ-1.0

Отримані дані щільності кожної точки передано до програмного комплексу Matlab та побудовано карту щільності ділянки покриття інтерполюванням поверхні (рис. 7). Співставлення даних термограми покриття та карти щільності цієї ж ділянки в кожній точці дає можливість проаналізувати вплив температури асфальтобетонної суміші в шарі перед ущільненням на якість асфальтобетону за критерієм щільності.

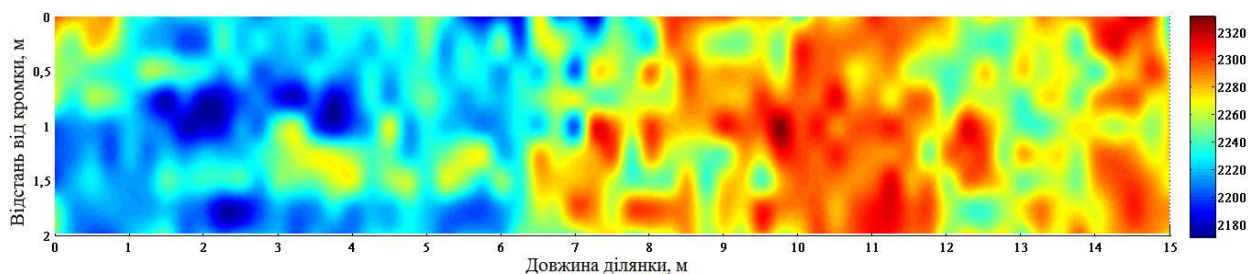


Рисунок 7 – Результат побудови карти щільності ділянки покриття  
 Figure 7 - The result of constructing a map of the pavement area density



Для більш детального аналізу побудовано кореляційну залежність, яка відображає вплив температури асфальтобетонної суміші в шарі після укладання на якість ущільнення за критерієм щільності матеріалу ланкою котків при даних умовах (рис. 8). Вона описується лінійним законом. Величина достовірності апроксимації даних не велика та дорівнює  $R^2 = 0,666$ . Це свідчить про те, що щільність асфальтобетонної суміші залежить від її температури при ущільненні але на цей результат впливають також інші фактори.

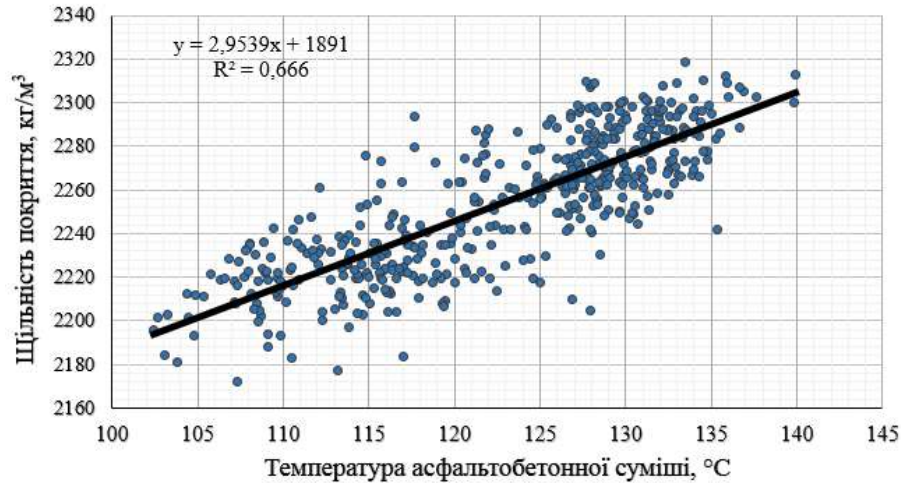


Рисунок 8 – Залежність щільності шару від температури асфальтобетонної суміші після укладання  
Figure 8 - Dependence of the layer density on the temperature of the asphalt mixture after laying

Роботи з влаштування шару із гарячої асфальтобетонної суміші виконувались в листопаді 2015 року. Для аналізу стану покриття здійснено виїзд на ділянку через шість місяців його експлуатації на початку травня 2016 року. Проведено візуальний огляд побудованої ділянки, та виявлені такі види руйнувань – викришування шару та утворення вибоїн на покритті (рис. 9).



Рисунок 9 – Дефекти асфальтобетонного шару через 6 місяців його експлуатації  
Figure 9 - Defects of the asphalt layer after 6 months of operation

### Висновки.

Температура асфальтобетонної суміші при влаштуванні шарів дорожніх одягів відіграє важливу роль у формуванні фізико-механічних властивостей асфальтобетону.

Метод тепловізійного контролю якості при влаштуванні шарів дорожніх одягів з гарячих асфальтобетонних сумішей дозволяє виявляти технологічні недоліки на різних етапах влаштування та прийняти заходів, щодо їх усунення.

Остигання асфальтобетонної суміші та утворення температурної неоднорідності в об'ємі суміші виникає найбільшим чином на етапі її перевезення.

Для збереження температури суміші в кузові автосамоскида необхідно приділяти особливу увагу при виборі транспортних засобів, її теплоізоляції та перешкоджанню обдуванню асфальтобетонних сумішей повітрям.

Порушення температурних режимів укладання та ущільнення суміші призводить до передчасного руйнування покриття.

### Перелік посилань

1. Зубко А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. М.: Машиностроение, 2009. – 224 с.
2. Б.Ю. Ольховий. Підвищення якості асфальтобетонного покриття за рахунок добавок, що забезпечують технологічність укладання і ущільнення гарячих асфальтобетонних сумішей / Б.Ю. Ольховий // [Наукові нотатки](#). – 2012. – Вип. 36. – С. 220-226.
3. Базилевич А.Л. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытий / А.Л. Базилевич, А.И. Кудяков // Вестник ТГАСУ. – 2009. – № 1. – С. 116 – 122.
4. S.Sebesta. New infrared and radar systems for detecting segregation in hot-mix asphalt construction. S.Sebesta, F. Wang, T. Scullion, W. Liu. Texas Transportation Institute. Austin, Texas. February 2005. – p. 78.
5. Flir E4. Infrared camera with MSX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.flir.com/instruments/e4/>
6. СОУ 42.1-37641918-092:2014. «Суміші асфальтобетонні. Метод визначення мінімально допустимих температур ущільнення» – К.:2014.
7. Мінаков О.С. Визначення дефектності асфальтобетонного шару на етапі транспортування / Кіяшко І.В., Мінаков О.С., Новаковський Д.М. // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – вип. 94. – Київ: НТУ. – 2015. – С. 84-93.

### THE RESEARCH QUALITY OF ASPHALT CONCRETE LAYING IN DEPENDING ON THE INFLUENCE OF COOLING MIX AT THE STAGE OF TNANSPORTATION

**Minakov Oleksiy S.**, Kharkiv National Automobile and Highway University, assistant lecturer department construction and maintenance of roads, e-mail: [khadi.lexa@ukr.net](mailto:khadi.lexa@ukr.net), tel. +380662660580, Ukraine, 61002, Kharkiv, str. Petrovsky, 25, of. 252.

**Illiash S.I.** Shulgin State Road Research Institute State Enterprise - DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine, Head of Department, [vtldr@ukr.net](mailto:vtldr@ukr.net), [+38067 943 25 33](tel:+380679432533), [org/0000-0002-3001-8012](http://org/0000-0002-3001-8012)

**Abstract.** In the article substantiated and experimentally confirmed the impact stage a transportation asphalt mix on the quality of the final product, that is a layer road pavement of asphalt concrete.

Object of the study – inhomogeneity of the temperature in hot asphalt mix.

The purpose of work consists in establishing influence of stage the transportation asphalt mixes on the quality material layer from asphalt.

Method of research – statistical and analytical analysis of results visual, thermal vision and instrumental evaluation during performance of works on the asphalt laying.

The covering pavement layers with hot asphalt mixes, especially during adverse weather conditions or remoteness of the place a preparation asphalt mixes are difficult task and requires perfect organization of works. Feature of the laying of layers is the need to ensure temperature conditions at each stage, the violation

of which leads to premature destruction layer and non-normative lifetime. One of the first and most important stage on which asphalt mix loses temperature in the surface layers and formed the temperature inhomogeneity in the bulk is a stage of transportation asphalt mix.

In this paper, based on field experimental research by means thermal imaging diagnostics and measuring using tools substantiated reduction in the quality asphalt concrete layer, because of the low temperature compaction asphalt mixes, caused by violation of work on the transportation. The typical defects formed on the pavement through six months of its exploitation also shows.

**Keywords:** asphalt concrete mix, temperature inhomogeneity, transportation, thermal profile, density map, correlation.

### References

1. Zubko A. F. The technology of construction asphalt concrete pavement roads/A.F. Zubko, V.G. Od-nolko. Moskva: Mashynostroenie, 2009. – 224 p. (Rus)
2. B.Yu. Olkhovyy. Improving the quality of asphalt pavement by additives that provide manufactur-ability laying and compaction of hot asphalt mixtures / B.Yu. Olkhovyy // Naukovi notatky. -2012/ - Vyp. 36. – P. 220-226. (Ukr)
3. Bazilevich A.L. Temperature segregation of asphalt-concrete mixtures in the construction of road surfaces / A.L. Bazilevich, A.I. Kudyakov // Vestnik TGACU. -2009 - №1. – P. 116-122. (Rus)
4. S.Sebesta. New infrared and radar systems for detecting segregation in hot-mix asphalt construction. S.Sebesta, F. Wang, T. Scullion, W. Liu. Texas Transportation Institute. Austin, Texas. February 2005. – P. 78.
5. Flir E4. Infrared camera with MSX [Electron resource]. – Mode of access: <http://www.flir.com/instruments/e4/>
- 6 SOU 42.1-37641918-092:2014. «Asphalt mixes. The method of determining the minimum accepta-ble temperature compaction» - K.: 2014. (Ukr)
7. Minakov O.S. Determination the asphalt concrete layer defects at the stage of transportation / Ki-yashko I.V., Minakov O.S., Novakovskyy D.M. // Naukovo- tekhnichnyy zbirnyk «Avtomobilni dorogy i dorozhnye budivnytstvo». – vyp. 94. – Kyiv: NTU. – 2015. – P.84-93. (Ukr)