

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, **Мінаков О.С.**,
Новаковський Д.М., канд. техн. наук

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ШАРУ НА ЕТАПІ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Анотація. У статті запропоновано підхід, щодо визначення відсотку дефектності асфальтобетонного шару на етапі транспортування.

Об'єкт дослідження – гаряча асфальтобетонна суміш.

Мета роботи полягає у визначенні кількісних показників дефектності асфальтобетонного шару в залежності від розподілу температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида перед її вивантаженням до приймального бункера асфальтоукладача.

Метод дослідження – статистичний аналіз теплограми поверхні асфальтобетонної суміші.

В роботі наведено методику отримання теплограми асфальтобетонного шару з високою роздільною здатністю вздовж полоси влаштування даного шару. Для подальшої кількісної оцінки дефектів асфальтобетонного шару за критерієм температури побудовано полігон розподілу та кумуляту розподілу температури асфальтобетонної суміші в шарі що укладається. Проаналізовано можливий відсоток браку асфальтобетонного шару, який укладається в залежності від мінімальної температури асфальтобетонної суміші на початку ущільнення. Аналізуючи теплограму підтверджений вплив етапу транспортування на утворення ділянок з низької температурою асфальтобетонного шару по площі укладання. Визначено подальший напрямок досліджень спрямованих на розробку рекомендацій щодо організації транспортної роботи з метою підвищення якості влаштування асфальтобетонних шарів.

Ключові слова: асфальтобетонна суміш, транспортування, розподіл температури за глибиною, інфрачервона камера, теплограма.

Аннотация. В статье предложен подход по определению процента дефектности асфальтобетонного слоя на этапе транспортирования.

Объект исследования – горячая асфальтобетонная смесь.

Цель работы заключается в определении количественных показателей дефектности асфальтобетонного слоя в зависимости от распределения температуры асфальтобетонной смеси в кузове автосамосвала перед ее выгрузкой в приемный бункер асфальтоукладчика.

Метод исследования – статистический анализ теплограммы поверхности асфальтобетонной смеси.

В работе приведена методика получения теплограммы асфальтобетонного слоя с высоким разрешением вдоль полосы устройства данного слоя. Для дальнейшей количественной оценки дефектов асфальтобетонного слоя по критерию температуры построено полигон распределения и кумуляту распределения температуры асфальтобетонной смеси в слое, который укладывается. Проанализирован возможный процент брака асфальтобетонного слоя, который укладывается, в зависимости от минимальной температуры асфальтобетонной смеси в начале уплотнения. Анализируя теплограмму подтверждено влияние этапа транспортировки на образование участков с низкой температурой асфальтобетонного слоя по площади укладки. Определено дальнейшее направление исследований направленных на разработку рекомендаций по организации транспортной работы с целью повышения качества устройства асфальтобетонных слоев.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, транспортировка, распределение температуры по глубине, инфракрасная камера, теплограма.

Annotation. The approach by the definition percentage defectiveness of asphalt layer on the stage of transportation proposed in the article.

The object of study – hot asphalt mix.

The purpose of the work is to determine the quantitative indicators of defectiveness asphalt layer, depending on the temperature distribution asphalt concrete mixture in the body dump before it is unloaded to the receiving bin of the paver.

Method of research – statistical analysis of thermal profile on the asphalt concrete mix.

The article presents the procedure for obtaining of thermal profile the asphalt concrete layer with high resolution along the strip of paving layer. For further quantify the defects of asphalt concrete layer on the criterion of the temperature is represented landfill distribution and cumulate distribution of the temperature asphalt

concrete mix in the layer. The analyzed the possible percentage of defects of asphalt concrete layer, which is laying, depending on the minimum temperature of asphalt mixture in the beginning of the compaction. Analyzing the thermal profile confirmed by influence on the stage a transportation on the emergence of areas of with a low temperature of asphalt concrete layer by area of paving.

Determine the further direction of research aimed at developing on recommendations on the organization of transport work to improve the quality of the laying asphalt concrete layers.

Keywords: asphalt concrete mix, transportation, temperature distribution in depth, infrared camera, thermal profile.

Постановка проблеми

Близько 80 % доріг державного значення та 30 % доріг місцевого значення України мають покриття з асфальтобетону та відносяться до дорожніх одягів нежорсткого типу. Під час влаштування асфальтобетонних шарів потребується значна кількість гарячої асфальтобетонної суміші, яка транспортується від асфальтобетонних заводів до об'єктів її укладання, різноманітними автосамоскидами, при різній відстані перевезення. При цьому, транспортування матеріалу на об'єкт будівництва займає важливу частину будівельного процесу. Достатньо велика кількість випадків, що стосуються влаштування асфальтобетонних шарів пов'язане з транспортуванням гарячої суміші на значну відстань, яка може досягати декількох сотень кілометрів. Асфальтобетонна суміш може транспортуватися тривалий час та ще й за несприятливих кліматичних умов, низької температури повітря, наявності атмосферних опадів тощо. Дані обставини призводять до остигання суміші в кузові автосамоскида в поверхневих шарах, при цьому утворюється температурна неоднорідність асфальтобетонної суміші та після її укладання по площі покриття виникають проблемні місця у вигляді локальних недоущільнених ділянок, які характеризуються підвищеною пористістю і показником водонасичення.

Мета дослідження полягає у визначенні кількісних показників дефектності асфальтобетонних шарів в залежності від розподілу температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида перед її вивантаженням до приймального бункера асфальтоукладальника.

Основні результати дослідження

Критерієм якості транспортних робіт за результатами аналізу літературних джерел прийнято вважати середню температуру асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида, що доставлена на об'єкт виробництва [1,2,3]. Як вже було зазначено раніше в попередніх дослідженнях [4] середня температура в кузові автосамоскида не може характеризувати якість асфальтобетонної суміші за її температурною однорідністю в асфальтобетонному шарі, так як майже не змінюється за час її перевезення. Доцільно визначати розподіл температури асфальтобетонної суміші за глибиною в кузові автосамоскида.

Цей факт також підтверджується аналізуючи розподіли температур асфальтобетонних сумішей, що визначалися в багатьох кузовах автосамоскидів на об'єктах будівництва перед вивантаженням. Так, при виконанні ремонту ділянки автомобільної дороги Чугуїв-Мілове (Р-07) визначено розподіли температур гарячої асфальтобетонної суміші за глибиною перед вивантаженням її до приймального бункера асфальтоукладача у п'яти кузовах автосамоскидів, використовуючи термовимірювальний зонд, розроблений в ХНАДУ [5]. Отримані температурні розрізи (рис. 1), які оброблені методом статистичного аналізу та визначено інтервали зміни температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида за глибиною з довірчою ймовірністю 95% [6].

Умови перевезення асфальтобетонної суміші представлені в таблиці 1.

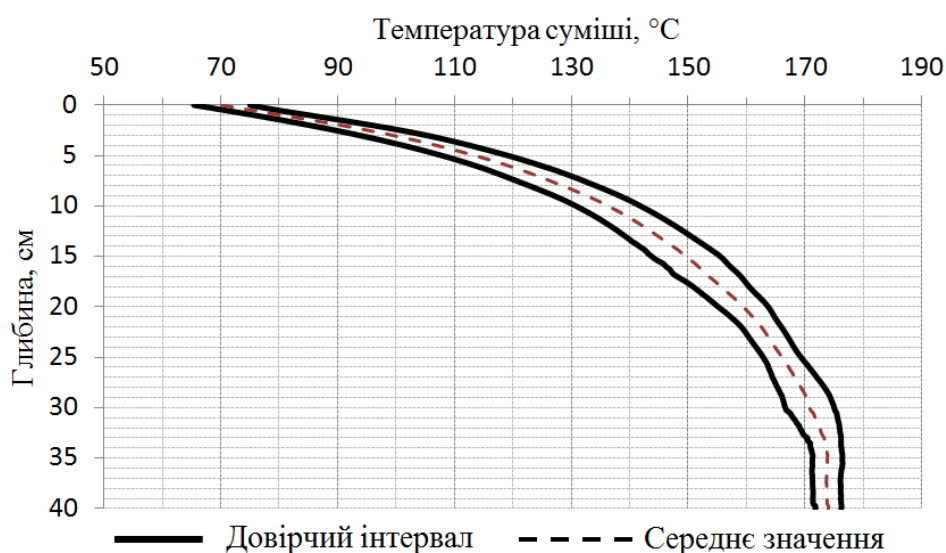


Рисунок 1 – Інтервали зміни температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида за глибиною перед вивантаженням

Аналіз розподілу температури асфальтобетонної суміші за глибиною в кузові автосамоскидів підтверджує той факт, що температурна неоднорідність суміші в шарі після її укладання пов'язана саме з етапом перевезення даної суміші.

Таблиця 1 – Умови перевезення асфальтобетонної суміші

Відстань перевезення, км	285
Маса суміші в кузові, т	40 – 42
Час перевезення та очікування в черзі, годин	5,8 – 6,5
Температура повітря, °С	+ 6
Вологість повітря, %	91
Швидкість вітру, м/с	3
Тип асфальтобетонної суміші	АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 60/90
Температура асфальтобетонної суміші на виході зі змішувача, °С	170 – 175
Заходи, щодо збереження температури суміші	Використання тенту

Для подальшого дослідження потрібно було отримати термограму 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.

В якості інструмента дослідження використовувався матричний тепловізор FLIR E4 з роздільною здатністю матриці 80x60 точок, кут огляду об'єктива 45°x34°, термочутливість 0,15 °С, температурний діапазон вимірювань від -20 °С до +250 °С. Тепловізор приєднаний до фото штатива розміщувався на платформі асфальтоукладача та жорстко зафіксований у визначеному положенні (рис. 2). Висоту розміщення тепловізора відносно поверхні асфальтобетонного шару обрано 2,4 метра для зйомки половини ширини укладання. Кут нахилу вибраний таким чином, щоб ближня вісь зйомки була вертикальна. В такому положенні тепловізора отримані інфрачервоні знімки мали трапецієвидну форму поверхні з розмірами: основи трапеції відповідно 1,84 м та 2,35 м, її висота 1,7 м (рис. 2). Шаг зйомки прийнято кожні 0,5 м переміщення асфальтоукладача з метою виключення можливого впливу на температуру суміші, що укладається, ущільнюючих засобів та остигання суміші за час до наступного знімка. Відстань контролювалася за допомогою вимірювальної стрічки. Таким чином отримана серія інфрачервоних знімків протягом 53 метрів збережених у пам'яті тепловізора.

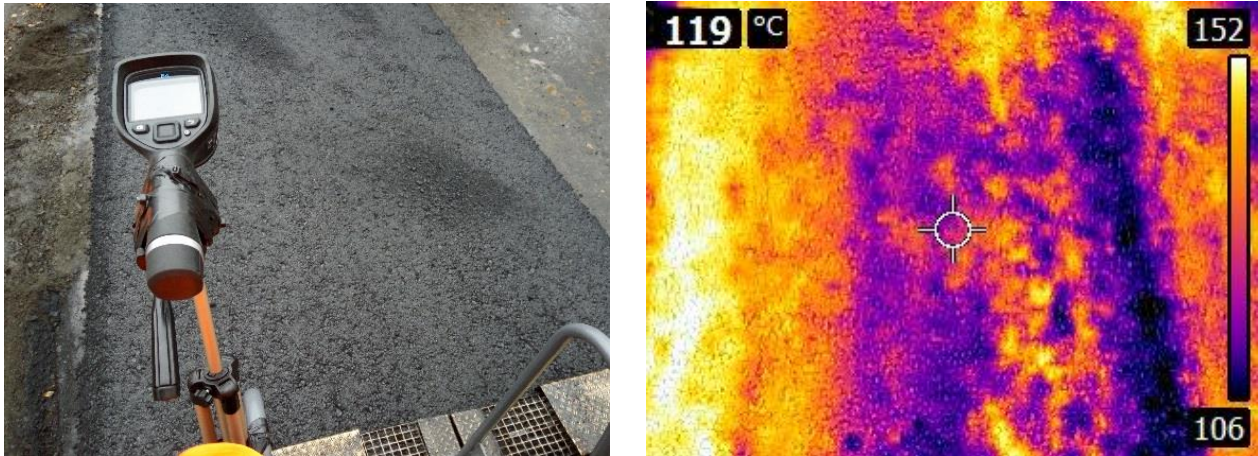


Рисунок 2 – Розташування тепловізора на платформі асфальтоукладача під час зйомки (зліва) та інфрачервоне зображення, що отримане в цьому положенні тепловізора (справа)

З використанням програмного комплексу FLIR Tools серію інфрачервоних знімків конвертовано в матриці температур та передано їх до програмного комплексу Matlab. Подальша обробка результатів вимірювань виконувалась за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення. При обробці реалізовано послідовність математичних операцій з виправлення викривлень інфрачервоних знімків – перспективи, приведення до прямокутної матриці температур. Вирізається фрагмент кожної матриці розміром 0,75 x 1,84 м. Кожен наступний кадр накладається на попередній з перекриттям 0,25 м по довжині з усередненням значень температур в цій зоні. Дані операції виконуються повністю в автоматичному режимі та майже не потребують участі оператора. Результатом обробки є теплограма поверхні покриття довжиною 53 метри та шириною 1,84 м з роздільною здатністю температур 1720 точок/м² (рис. 3).

Подальша оцінка температури поверхні на етапі укладання з метою виявлення дефектних місць передбачає введення критерію оцінки в якості якого можна розглядати середню температуру поверхні в межах площі рівнозначній відбитку розрахункового навантаження. Теплограму поверхні покриття перетворену з урахуванням прийнятого критерію наведено на рисунку 3. Кожна точка наведеної теплограми відображає середньозважену температуру в межах площі відбитка розрахункового навантаження типу А₁. Отримана таким чином теплограма поверхні покриття дає можливість визначати площу ділянок з низькою температурою, та проаналізувати на якому етапі розвантаження

асфальтобетонної суміші такі місця виникають.

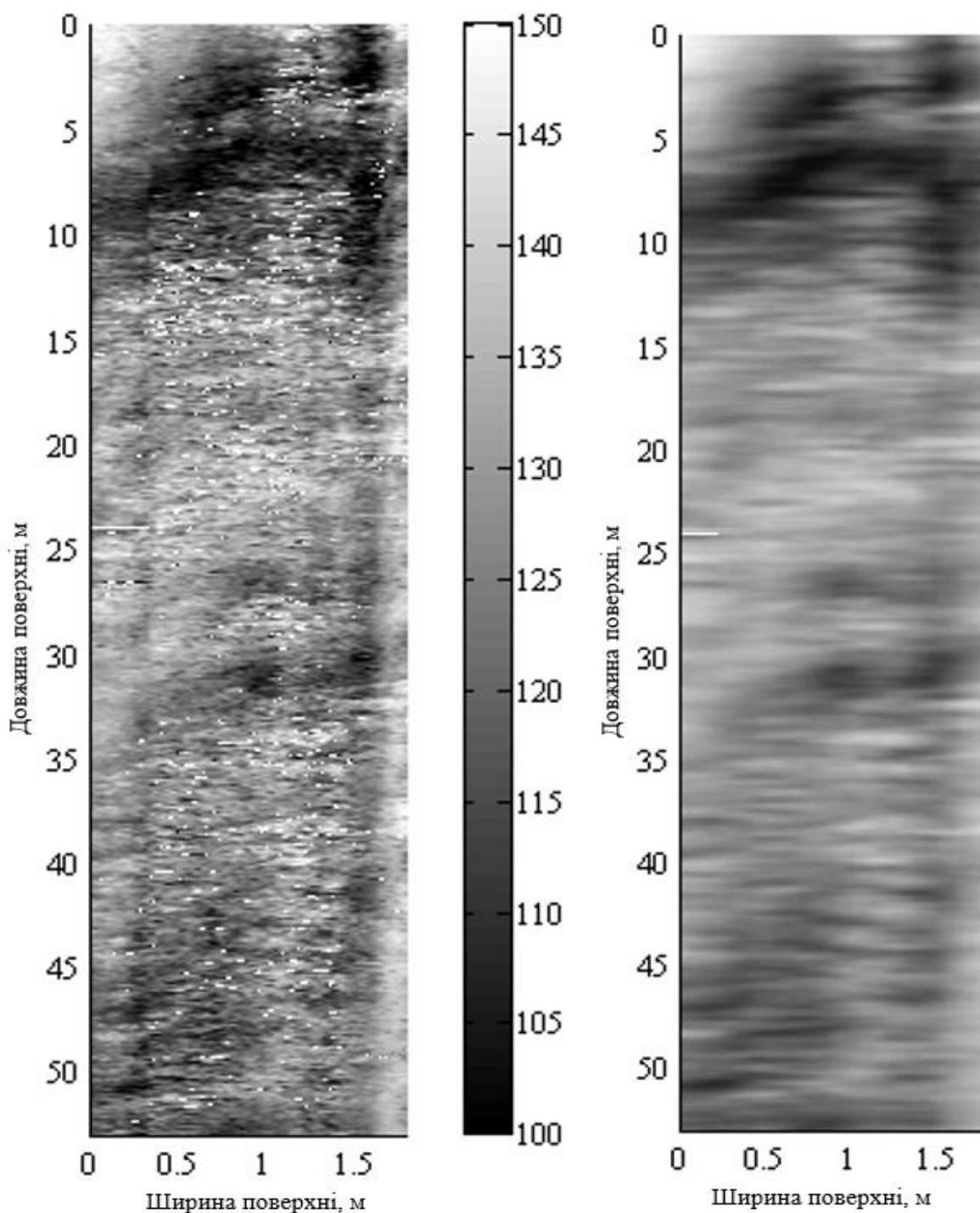


Рисунок 3 – Теплограми поверхні покриття: вихідна (зліва), фільтрована (справа)

Спостерігаючи процеси розвантаження асфальтобетонної суміші в інфрачервону камеру встановлено, що на початку та закінченні етапу розвантаження до приймального бункера асфальтоукладача потрапляє

асфальтобетонна суміш низької температури. На початку розвантаження остигла асфальтобетонна суміш від заднього борту та кутів з боковими бортами першою потрапляє до приймального бункера асфальтоукладача. На завершальній стадії розвантаження до приймального бункера потрапляє суміш від переднього борту та найменш рухлива асфальтобетонна суміш з поверхневих шарів. Таким чином, періодично при кожному циклі зміни автосамоскида, що розвантажується в шарі утворюються зони низьких температур схильних до утворення браку. Це також підтверджується розглядаючи теплограму поверхні покриття (див. рис. 3). Аналіз даних обставин дозволяє стверджувати, що дефекти асфальтобетонного шару, що укладається за причини низької температури, виникають саме від нерівномірного остигання асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида. Вирішувати дану проблему необхідно не етапі перевезення суміші.

Оцінку теплограми зручно виконувати, побудувавши полігон розподілу температури асфальтобетонної суміші в шарі що укладається (рис. 4), якій відображає для кожного значення температури асфальтобетонної суміші площу поверхні у відсотках. Вісь ординат наведено в логарифмічній шкалі.

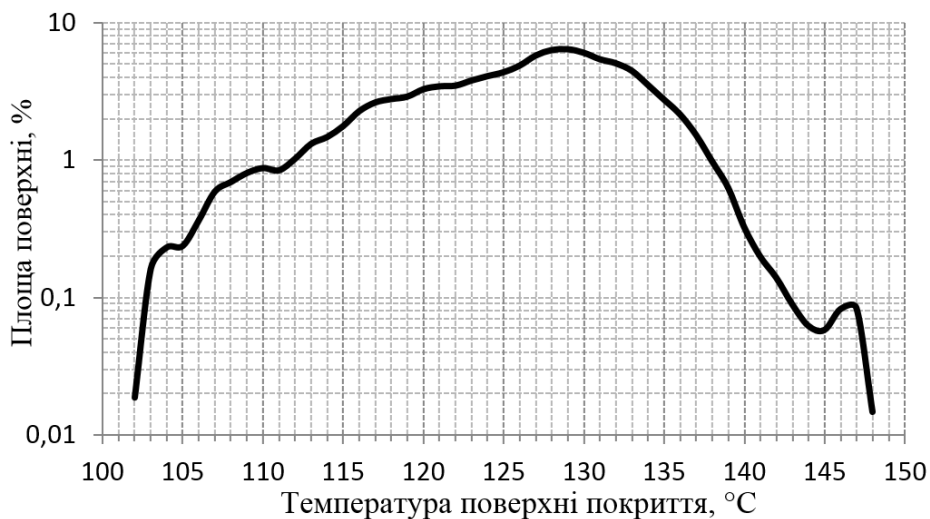


Рисунок 4 – Полігон розподілу температури асфальтобетонної суміші в асфальтобетонному шарі

Для кількісної оцінки дефектів в асфальтобетонному шарі за критерієм низької середньої температури поверхні в межах площі рівнозначній відбитку розрахункового навантаження доцільно полігон розподілу представити у вигляді кумулятиви розподілу температури асфальтобетонної суміші в

асфальтобетонному шарі (рис. 5). Вісь ординат наведено в логарифмічній шкалі. Кумулята розподілу температури дозволяє визначати площу поверхні асфальтобетонного шарі з середньою температурою менше обраної.

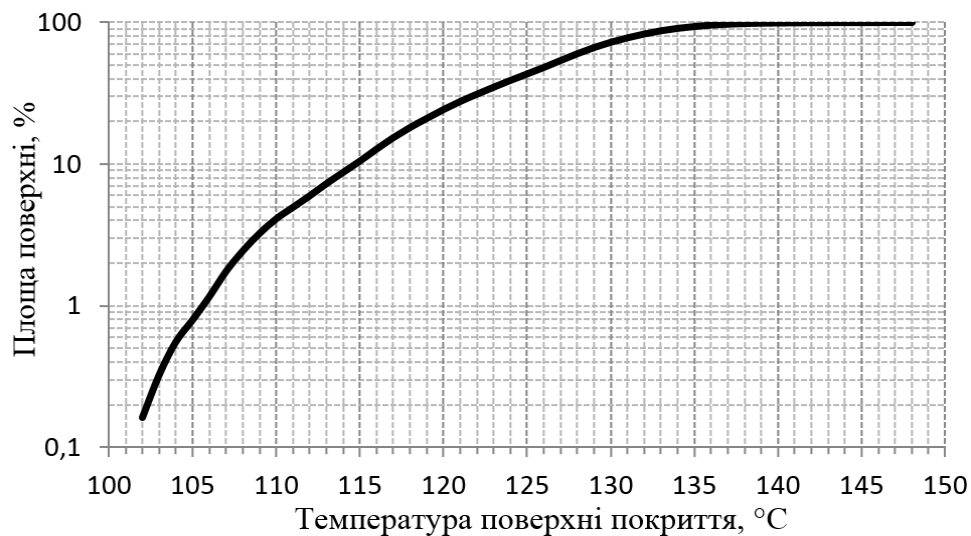


Рисунок 5 – Кумулята розподілу температури асфальтобетонної суміші в асфальтобетонному шарі

Тобто, задаючись мінімальною температурою суміші за умов можливості якісного ущільнення асфальтобетонного шару (досягнення асфальтобетоном необхідних показників міцності, щільності, пористості та водонасичення), можна визначити відсоток поверхні з браком.

Таким чином, виникає необхідність подальших досліджень з:

– розрахунку розподілу температур асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида на кінцевий момент транспортування перед вивантаженням до приймального бункера асфальтоукладача в залежності від кліматичних умов, типу й об'єму суміші, часу транспортування та параметрів кузова і засобів збереження температури суміші в кузові;

– визначення закономірностей між розподілом температур в кузові автосамоскида перед вивантаженням і розподілом температур в об'ємі асфальтобетонної суміші що укладається перед ущільненням;

– встановлення меж мінімальних температур асфальтобетонних сумішей різних типів на початку ущільнення;

– розробка рекомендацій, щодо організації транспортної роботи з метою підвищення якості влаштування асфальтобетонних шарів.

Це дає змогу на етапі організації транспортної роботи, маючи вихідні

дані, оцінити можливий відсоток дефектності влаштованих асфальтобетонних шарів за умов низької температури локальних ділянок нездатних до якісного ущільнення та прийняти заходи, щодо зниження температурної неоднорідності асфальтобетонної суміші на етапі перевезення.

Література

1. Р А.3.1-218-02070915-713:2007. Рекомендації з влаштування асфальтобетонних шарів покриття при низьких температурах. – К.: НТУ, 2007. – 13 с.
2. СТО НОСТРОЙ 2.25.37-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Часть 2. Устройство асфальтобетонных покрытий из горячего асфальтобетона. – М.: «МАДИ-плюс», 2011. – 41 с.
3. Зубко А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. М.: Машиностроение, 2009. – 224 с.
4. Мінаков О.С. Вплив етапу транспортування на якість шару з асфальтобетону / О.С. Мінаков // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – вип. 93. – Київ: НТУ. – 2015. – С. 290-297.
5. Минаков А.С. Лабораторное моделирование остывания асфальтобетонной смеси на этапе ее перевозки к месту укладки. / А.С. Минаков // Материалы научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». – Пермь, ПНИПИ, 2013. – Том 3 – С. 290-297.
6. Губин В.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных / В.И. Губин, В.Н. Осташков: Учеб. пособие для студентов технических вузов. – Тюмень: Изд-во «ТюмГНГУ», 2007. – 202 с.

Рецензенти

В.В. Мозговий, д-р техн. наук, НТУ (Київ)

О.Ю. Усиченко, канд. техн. наук, НТУ (Київ)

Reviewers

V.V. Mozgovyi, Dr.Tech.Sci., NTU (Kyiv)

O.Yu. Usychenko, Ph.D., NTU (Kyiv)