

УДК 625.852

**ВРАХУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ
В КУЗОВІ АВТОСАМОСКИДА ЗА ГЛИБИНОЮ****Мінаков О.С.**, мол. наук. співробітник*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ)*

Під час виконання робіт з влаштування шару дорожнього одягу з гарячої асфальтобетонної суміші транспортування матеріалу посідає важливу частину будівельного процесу. Саме від якості доставленої на об'єкт асфальтобетонної суміші залежить довговічність роботи шару з асфальтобетону.

Для транспортування асфальтобетонної суміші від асфальтозмішувальної установки до місця виконання будівельних робіт найбільше розповсюдження знайшли автомобілі-самоскиди із заднім розвантаженням. Всі сучасні автомобілі-самоскиди, що призначені для перевезення асфальтобетонної суміші, обладнано системою обігріву відпрацьованими газами двигуна та комплектуються теплозахисним тентом. Ці заходи при належній культурі виконання робіт по збереженню температури суміші в якійсь мірі дозволяють сповільнити інтенсивність втрат тепла з кузова транспортної машини. Проте, в будь-якому випадку за рахунок віддалення об'єкту будівництва від місця вироблення гарячої асфальтобетонної суміші та негативного впливу дії кліматичних факторів, в кузові транспортного засобу асфальтобетонна суміш остигає нерівномірно. В поверхневих шарах з усіх боків інтенсивність остигання значно більша за рахунок безпосереднього контакту асфальтобетонної суміші з оточувальним середовищем або через стінки металевого борту та захисного тенту. Зі збільшенням глибини швидкість остигання суміші знижується, але на глибині більше 20 см від поверхні температура майже не змінюється за весь період транспортування з врахуванням часу на зупинки, простої та очікування в черзі до розвантаження [1]. Перевезення суміші може відбуватися протягом декількох годин, якщо транспортування відбувається на великі відстані або виконується в умовах щільного транспортного потоку та великої кількості автомобілів. За цей час в поверхневих шарах асфальтобетонної суміші може утворюватися прошарок з температурою, при якій асфальтобетонна суміш втрачає рухомість і не може бути ретельно перемішана активними органами асфальтоукладальника після вивантаження її до приймального бункера. Низька теплопровідність асфальтобетонної суміші не дає змоги прогрітись цим прошарком до однорідної температури за час вивантаження і розподілу основної маси суміші шнеком асфальтоукладальника перед її укладанням в покриття. В результаті по площі укладання шару утворюються ділянки з низькою температурою, які при однаковому ущільнювальному навантаженні не досягають нормативного коефіцієнта ущільнення. Як наслідок, такі ділянки мають низькі фізико-механічні властивості матеріалу, підвищені пористість та показник водонасичення.

Метою дослідження є обґрунтування необхідності врахування та визначення показника розподілу температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида за глибиною.

Критерієм якості транспортних робіт за результатами аналізу літературних джерел прийнято вважати середню температуру асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида, доставленої на об'єкт будівництва [2,3,4]. Так, згідно з методикою, наведеною в [2], середня температура суміші в кузові транспортного засобу, доставленої до місця виконання робіт,

ОЦІНКА ЯКОСТІ

в залежності від виду в'язучого повинна бути не менше ніж значення температури суміші на початку її ущільнення та визначається за залежністю:

$$T = \frac{T_n + T_d}{2}$$

де T_n – температура суміші на поверхні – середнє арифметичне значення температур в зонах верхнього та середнього поясів (зона верхнього поясу знаходиться на поверхні, зона середнього поясу – на глибині 20 см);

T_d – температура ядра суміші за її об'ємом – середнє арифметичне значення температур в зоні нижнього поясу (в межах об'єму ядра, на глибині 50 см). Якщо умова $T \geq T_{\text{нач}}^{\text{асф}}$ не виконується, суміш бракується;

$T_{\text{нач}}^{\text{асф}}$ – температура асфальтобетонної суміші на час початку ущільнення.

Також, згідно з методикою [3] температуру асфальтобетонної суміші під час перевезення в автомобілях-самоскидах можна визначити за формулою:

$$t_i = (0.3 \cdot \ln t_{\text{нов}} - 1.3) \cdot \left(\frac{L \cdot 60}{V} + T \right) + t_{\text{нов}}$$

де t_i – температура суміші в бункері асфальтоукладача, °С;

$t_{\text{нов}}$ – температура повітря, °С;

L – відстань перевезення, км;

V – швидкість перевезення, км/год;

T – час перевезення, включаючи навантаження і розвантаження, хв;

$t_{\text{нов}}$ – температура суміші на виході зі змішувача, °С.

Більш детально розглянемо результати розрахунків за даними методиками на реальному об'єкті будівництва.

Під час виконання капітального ремонту ділянки автомобільної дороги в Харкові проведено комплекс досліджень з реєстрації та оцінки температури гарячої асфальтобетонної суміші за глибиною, що знаходилась в кузові автосамоскида КАМАЗ-6520-029 на кінцевий момент транспортування перед вивантаженням її до приймального бункера асфальтоукладача за допомогою термовимірювального зонду, розробленого в ХНАДУ [5]. За отриманими даними побудовано залежність розподілу температури суміші за глибиною (рис. 1). Умови перевезення суміші наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Умови перевезення асфальтобетонної суміші

| | |
|--|--------------------|
| Відстань перевезення, км | 10 |
| Маса суміші в кузові, т | 20 |
| Час перевезення та очікування в черзі, хв. | 62 |
| Температура повітря, °С | -4 |
| Вологість повітря, % | 90 |
| Швидкість вітру, м/с | 3 |
| Температура асфальтобетонної суміші на виході зі змішувача, °С | 180-185 |
| Заходи щодо збереження температури суміші | Використання тенту |

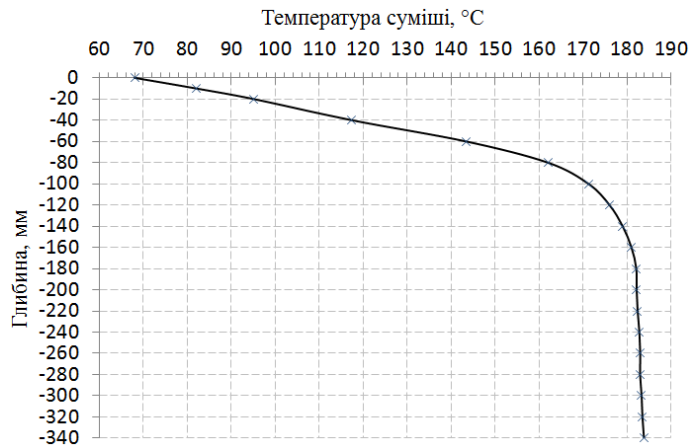


Рисунок 1 – Розподіл температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида за глибиною перед вивантаженням

Аналізуючи отриманий розподіл температури в кузові автосамоскида за глибиною, розраховано середню температуру в шарі товщиною 34 см, яка становить близько 168 °C. Інтенсивне остигання шару асфальтобетону у верхній його частині за зазначений час перевезення відбувається на глибині до 10–14 см, зі збільшенням глибини температура залишається незмінною. Отже, якщо вирахувати середню температуру на весь об'єм суміші, враховуючи втрати тепла через стінки і дно кузова, які за результатами тепловізійної діагностики менше втрат з поверхні, навіть вкритої теплоізоляційним прошарком, отримаємо значення температури суміші близьке до початкової температури на виході зі змішувача. При збільшенні часу на транспортування поверхневий шар починає виконувати функцію теплоізолятора, так як знижується градієнт температур між ним і оточувальчим середовищем, тобто середня температура асфальтобетонної суміші не може бути показником якості транспортних робіт.

Використовуючи отриманий розподіл температур в кузові автосамоскида, розрахуємо середню температуру асфальтобетонної суміші за методикою [2]:

$$T = \frac{(68 + 182)/2 + 182}{2} = 153,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

За методикою [3]:

$$t_i = (0,3 \cdot \ln 1 - 1,3) \cdot 62 + 182 = 101,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значення температури повітря згідно з наведеною формулою може бути тільки позитивним, тому має обмеження щодо використання за температурою навколишнього середовища.

Розрахунки за даними методиками дають неоднозначні результати, не враховують комплексний вплив дії факторів оточувального середовища, параметрів і геометрії кузова транспортного засобу, об'єму суміші, обігріву кузова відпрацьованими газами двигуна, ефективності теплоізоляційного тенту на поверхні та часу знаходження суміші в кузові автосамоскида при транспортуванні.

Всі ці фактори впливають на змінювання температури поверхневого шару суміші в кузові автосамоскида за товщиною суміші, що може привести до зниження її температури нижче допустимої за умовою укладання та ущільнення. Цей поверхневий шар в кузові

ОЦІНКА ЯКОСТІ

автосамоскида називають «коркою», і саме його товщина та температура безпосередньо впливають на температурну неоднорідність, яка утворюється на покритті після укладання суміші та на якість шару асфальтобетону після його ущільнення.

Під час розвантаження асфальтобетонної суміші з автосамоскида, який використовувався при даних дослідженнях до приймального бункера асфальтоукладача, зафіксовано температури суміші в кузові (рис. 2), а також безпосередньо після її укладання виконана реєстрація та оцінка температурних полів покриття за площею (рис. 3), з використанням інфрачервоної камери виробництва FLIR моделі E4.

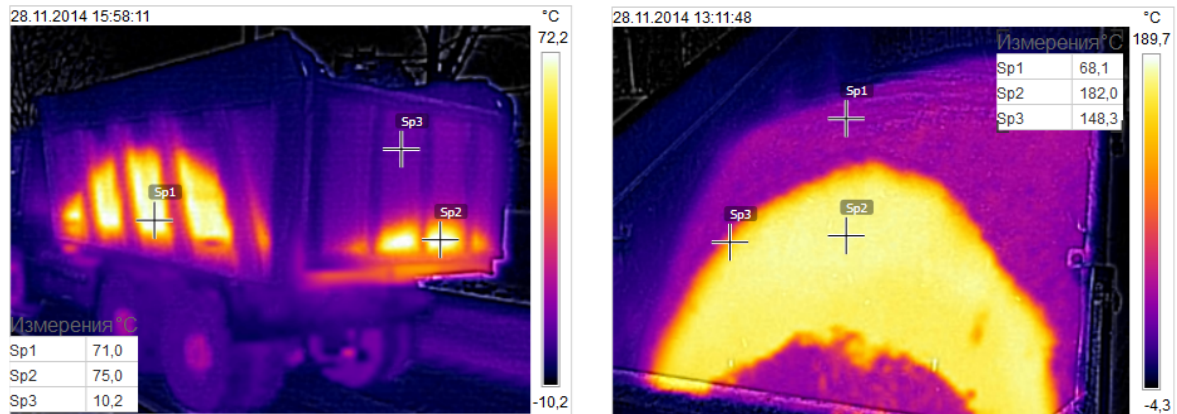


Рисунок 2 – Термограма кузова автосамоскида та асфальтобетонної суміші під час вивантаження її до приймального бункера асфальтоукладацьника

За аналізом отриманих термограм на рисунку 2 (зліва) можна спостерігати зону контакту бортів кузова з гарячою асфальтобетонною сумішшю. Температура прогріву борта в зоні контакту з сумішшю складає 70–75 °C. На рисунку 2 (справа) температура поверхні суміші, яка була вкрита тентом, становить 68 °C, а в перерізі під час вивантаження суміші до приймального бункера спостерігається однорідна температура ядра 180–185 °C.

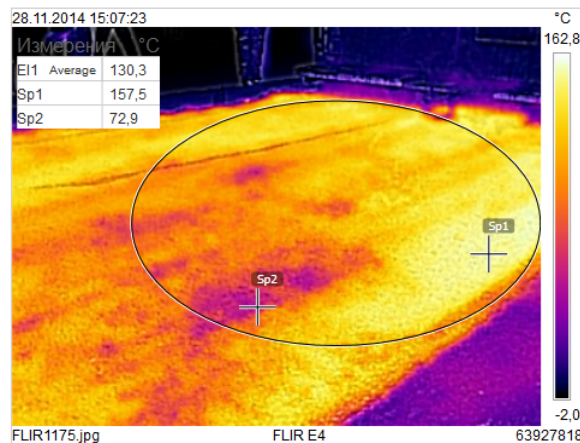


Рисунок 3 – Термограма асфальтобетонної суміші на покритті перед ущільненням

В результаті обробки термограми покриття (рис. 3), отриманої тепловізором за допомогою програмного забезпечення FLIR Tools оцінена неоднорідність за температурою асфальтобетонного шару по площі покриття. Різниця між максимальною та мінімальною

температурами становить 57°C, середня температура суміші в покритті після її укладання складає близько 130°C. Не викликає заперечень той факт, що зі збільшенням товщини «корки» в кузові автосамоскида одночасно буде збільшуватися і площа ділянок з низькою температурою після укладання суміші в покритті. Звичайно, при такій температурній неоднорідності досягти якісного ущільнення асфальтобетонного шару практично неможливо. Такі дефектні ділянки в процесі експлуатації будуть джерелами передчасних руйнувань.

Висновки

1. Результати польових досліджень показали, що середня температура асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида не може бути критерієм придатності асфальтобетонної суміші до укладання та ущільнення, так як за діючими методиками її визначення отримуються неоднозначні результати.

2. Остигання асфальтобетонної суміші відбувається тільки в поверхневих шарах за її об'ємом. Товщина «корки» асфальтобетонної суміші обумовлена комплексним впливом дії різноманітних факторів.

3. Найбільш об'єктивним показником, який характеризує придатність асфальтобетонної суміші до її укладання та ущільнення, є розподіл зміни температури суміші за глибиною в кузові автосамоскида.

4. На основі аналізу розподілу температур, властивостей асфальтобетонної суміші і марки бітуму, з якого вона виготовлена, можна визначити товщину корки на поверхні асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида та прийняти заходи щодо коригування технології укладання асфальтобетонного шару.

Література

1. Мінаков О.С. Експериментальне дослідження щодо розподілу температури асфальтобетонної суміші за глибиною в кузові транспортного засобу під час транспортування. О.С. Мінаков, І.В. Кіяшко // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – С. 359–364.
2. Р А.3.1-218-02070915-713:2007. Рекомендації з влаштування асфальтобетонних шарів покриття при низьких температурах. – К.: НТУ, 2007. – 13с.
3. СТО НОСТРОЙ 2.25.37-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Часть 2. Устройство асфальтобетонных покрытий из горячего асфальтобетона. – М.: «МАДИ-плюс», 2011. – 41с.
4. Зубко А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. – М.: Машиностроение, 2009. – 224 с.
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.