

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕТНЕГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО СУХОГО КЛИМАТА

Ковалев Я.Н., Нагиб Али Мухли Мохамед

БГПА, г. Минск

Одной из актуальных проблем дорожного строительства является обеспечение прочности и долговечности асфальтобетонных покрытий. Важную часть этой проблемы представляет проектирование сдвигоустойчивых покрытий, стабильно работающих в условиях жаркого сухого климата, когда асфальтобетон нагревается до значительных температур.

Асфальтобетонные покрытия имеют небольшую толщину и значительную поверхность, контактирующую с внешней средой, которая периодически изменяется по своим тепловым характеристикам. Поэтому для таких конструкций главное значение приобретает правильный учет температурных воздействий внешней среды. В связи с этим, большой и сложной задачей является расчет их летнего температурного режима (ЛТР), формирующегося под действием солнечного облучения и температуры окружающей среды.

Однако следует отметить, что расчет ЛТР в научно-технической литературе (инструкции, ГОСТы, пособия, учебники) освещен до сих пор неполно. Такое положение объясняется тем, что вопросы изучены и разработаны не так детально, как, например, воздействие транспортных нагрузок на дорожные покрытия.

Учитывая, что одной из главных причин снижения ровности дорожных асфальтобетонных покрытий является образование на них поверхностных колеи и волн под воздействием транспортных нагрузок в условиях высоких летних температур, указанная проблема применительно к условиям южных регионов мира с сухим, жарким климатом приобретает особую актуальность.

В СССР исследованием температурного режима асфальтобетонных покрытий занимались Л.И.Грецкий, Б.И.Ладыгин, Я.Н.Яковлев, Я.Б.Махмудов, М.Г.Бабаев, Н.В.Матлаков, В.Н.Гайворонский, А.М.Алиев и др., а за рубежом Д.Дунстан, Б.Каллс, П.Манжлин, Е.Дикинсон, А.Бисада, А.Страйб, А.Трост и др.

Анализ исследований, выполненных большинством указанных авторов, показал, что предложенные ими эмпирические зависимости для определения ЛТР носят местный характер: они основаны на парной корреляции температур воздуха и покрытия, без учета физических процессов теплообмена нагреваемой солнечной радиацией поверхности асфальтобетона с воздушной средой. При этом нигде не рассмотрена методика определения суммарной солнечной радиации в течение дневного светового дня. Это обстоятельство имеет принципиальное значение, поскольку не позволяет аналитически прогнозировать значение, поскольку не позволяет аналитически прогнозировать дневной

ход температуры покрытия в летний период, а, следовательно, не позволяет определить как расчетную температуру, так и продолжительность ее стояния в течение летнего дня.

Подробные расчеты по имеющимся формулам различных авторов и сопоставление полученных результатов с замерами температур, проведенных Абдельбаги Ахмед Хамад Эльнил в Судане, а также с данными таких замеров, проведенных на дорогах Кувейта, показали, что наибольшую сходимость результатов дает формула Я.Н.Ковалева [1]:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{впс}} + \frac{\mathfrak{I}_c (1 - A) K_{\text{п}}}{\alpha_c} \quad (1)$$

где: $t_{\text{п}}$ – температура асфальтобетонного покрытия, °С;

$t_{\text{впс}}$ – температура воздуха в пограничном слое, °С;

\mathfrak{I}_c – суммарная солнечная радиация, Вт/м²;

A – альbedo покрытия;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент (0.16÷0.20),

α_c – суммарный коэффициент теплоотдачи на границе "покрытие–воздух".

Зависимость (1) была принята в качестве основной для исследований температурного режима асфальтобетонных покрытий в условиях жаркого, сухого климата стран Аравийского полуострова с учетом уточнения входящих в нее параметров.

В качестве расчетной формулы для определения солнечной радиации применительно к условиям Республики Йемен была использована зависимость, предложенная М.Е.Берлянд:

$$\mathfrak{I} = S_0 \frac{\sin^2 h}{\sin h + \epsilon_j \tau_0} \quad (2)$$

где: S_0 – солнечная постоянная;

h – высота Солнца;

ϵ_j – коэффициент, характеризующий асимметрию индикатриссы рассеяния;

τ_0 – оптическая плотность атмосферы.

Полученные по формуле (2) значения часового хода солнечной радиации были использованы для исследования температурного режима асфальтобетонных покрытий.

Экспериментальные исследования, выполненные Абдельбаги А.Х., позволили установить границы применимости формулы (1) для построения графика дневного изменения температуры поверхности покрытия в зависимости от величины солнечной радиации и скорости ветра. При $v > 1.1$ м/с во всем временном интервале (τ) изменение солнечной радиации для построения температурной кривой $t_{\text{п}} = f(\tau)$ рекомендуется использовать формулу (1).

При скорости ветра в диапазоне от 0 до 1.1 м/с формула может быть использована лишь до достижения солнечной радиацией ее максимума ($\mathfrak{I}_{\text{max}}$). После достижения $\mathfrak{I}_{\text{max}}$ в этом же диапазоне скоростей ветра для построения нисходящей ветви температурной кривой рекомендуется использовать следующую формулу:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{впс}} + \theta (t_{\text{впс}} - t_0) \quad (3)$$

где: t_n – температура поверхности покрытия в рассматриваемый момент времени дня,
 $t_{впс}$ – температура воздуха в пограничном слое, определяется по графику
 $t_{впс} = f(\mathcal{Z}, \upsilon, t_n)$,
 t_0 – начальная температура покрытия;
 θ – относительная температура, определяемая с помощью специального графика

$$\theta = f(B_i, F_0), \text{ где } B_i \text{ и } F_0 \text{ соответственно критерии Био и Фурье.}$$

Предлагается более простой метод построения летнего дневного хода температуры покрытия. Метод пригоден для ориентировочных оценок и заключается в следующем. Температура поверхности покрытия в дневное время определяется по формуле (1) в два приема: в начале строится восходящая ветвь $t_n = f(\tau)$ до 12 часов дня (когда $\mathcal{Z}_c = \mathcal{Z}_{\max}$), а затем t_n^{\max} сохраняет свое значение (вследствие тепловой инерции) еще 2 часа и после этого начинается охлаждение (нисходящая ветвь температурной кривой).

Расчет высокой летней температуры асфальтобетонных покрытий не представляет технической сложности и его можно использовать для районирования территорий с сухим жарким климатом с приложением необходимых расчетных характеристик асфальтобетона, повышающих его сдвигоустойчивость.

Таким образом, расчетная летняя температура асфальтобетонных покрытий (t_n) является исходным параметром, учитывающим при повышении сдвигоустойчивости асфальтобетона. Данный тезис был положен в основу материаловедческого аспекта всех дальнейших исследований в этом направлении. Из него, в частности, вытекает необходимость в разработке таких уточненных методов испытаний асфальтобетона и битумов, как: коэффициент теплоустойчивости (k_T); требуемая температура размягчения битума ($t_{киш}$); нормируемый нижний предел водонасыщения (W_{\min}). Все эти показатели должны быть увязаны с расчетной летней температурой асфальтобетонных покрытий для рассматриваемого региона.

Предлагается в качестве первого приближения определять требуемое значение коэффициента теплоустойчивости асфальтобетона по зависимости:

$$k_T = 2.5 \pm \left(1 - \frac{t_n}{50}\right)$$

где: t_n – расчетная летняя температура асфальтобетонных покрытий;
знак "+" используется для широт, где есть зимние отрицательные температуры покрытий;
знак "-" – для широт, где отсутствуют отрицательные температуры.

Требуемую температуру размягчения битума можно определить по эмпирической формуле

$$t_{(к\ ищ)} = \frac{0.94 \cdot t_n}{k}$$

где: k – коэффициент, зависящий от соотношения "битум – минеральный порошок".

Для ориентировочного определения нижнего предела водонасыщения асфальтобетона, ограничивающего количество свободного битума, предлагается зависимость:

$$W_{\min} = 1.5 + \left(\frac{t_n}{50} - \frac{N_p}{50} \right)$$

где: N_p – градусы северной широты территорий с сухим жарким климатом, где расположена автомобильная дорога.

В настоящей работе впервые сделана попытка летний температурный режим (ЛТР) дорожных асфальтобетонных покрытий с расчетными характеристиками проектируемых составов асфальтобетона, реализация которых повысит его сдвигоустойчивость.

Литература

1. Абдельбаги А.Х. К вопросу определения температурного режима асфальтобетонных покрытий в условиях Судана. Сб. "Автомобильный транспорт и дороги", вып. 3. Минск: "Высэйшая школа", с. 143–148.