

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗОК НА ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ¹

К.Н. Дайнеко, Д.Н. Дроздов, Т.А. Полякова, И.С. Мельникова

В статье рассмотрено влияние температурной и транспортной нагрузок на асфальтобетонное дорожное покрытие в летний период с учетом выполненного математического моделирования. Авторами даны некоторые рекомендации по проектированию и содержанию автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием с целью повышения сопротивления асфальтобетона сдвиговым деформациям.

Ключевые слова: покрытие, сдвигоустойчивость, метод конечных элементов.

Сеть автомобильных дорог Республики Беларусь главным образом представлена асфальтобетонными покрытиями. В летний период особенно актуальной является проблема образования на покрытиях сдвиговых деформаций в виде колеи и наплывов, вызванных нагревом покрытия и действием при этом нагрузки от транспортных средств. При повышении температуры асфальтобетона до 35–40 °С и выше материал за счет содержащегося битума переходит в пластичное состояние, что и приводит к образованию дефектов. Дополнительное воздействие транспортной нагрузки ускоряет процесс образования дефектов и ухудшает состояние покрытия.

Возникновение сдвиговых деформаций особенно быстро проявляется в черте населенных пунктов в местах разгона-торможения транспортных средств – на автобусных остановках, перед пешеходными переходами, светофорами. Повысить устойчивость асфальтобетонных покрытий к образованию дефектов в летний период можно на стадии проектирования смеси или во время эксплуатации автомобильной дороги.

Учеными США, Германии, России, Беларуси, Казахстана и др. проведено большое количество исследований взаимосвязи и влияния температуры атмосферного воздуха на температуру покрытия и образование дефектов дорожных покрытий. В частности И.И. Леоновичем, Я.Н. Ковалевым, Б.Б. Телтаевым, Л.И. Горецким и др. учеными предложены зависимости для расчета температуры покрытия на поверхности и в глубине слоя асфальтобетонного покрытия для повышения эффективности проектирования асфальтобетонных смесей. В то же время необходимо развить направление снижения дефектообразования на автомобильных дорогах на стадии содержания дороги.

На автомобильных дорогах высших категорий (автомагистрали) в Беларуси установлена сеть дорожно-измерительных станций (ДИС), которые круглосуточно фиксируют температуру атмосферного воздуха, поверхности покрытия, направление и силу ветра и др. метеорологические параметры. Авторами был проведен анализ температур воздуха и покрытия в жаркий период года по данными республиканских ДИС для автомобильных дорог Могилевской области [1]. Было установлено, что при самых высоких температурах воздуха летом покрытие прогревается до +50 °С. Также был проведен сравнительный анализ температуры покрытия по реальным данным ДИС и расчетных теоретических температур покрытия, определенных по формуле [2]:

$$T_{\text{покрытия}} = 1,63 \cdot T_{\text{воздуха}} - 3,16. \quad (1)$$

¹

Статья подготовлена в ходе выполнения научно-исследовательской работы студентов на кафедре «Автомобильные дороги»

Расчетные теоретические температуры на поверхности покрытия оказались на 5–7 °С выше, чем фактические температуры поверхности. Исключением является область наиболее высоких температур (43 °С и выше), где они практически совпадают.

Далее проводилось натурное определение температур асфальтобетонного покрытия в утреннее и вечернее время летом. Измерения проводились методом тепловизионного контроля с применением тепловизора производства компании FLIR марки T440. В вечернее время, при температуре воздуха +24 °С, измеренная температура покрытия в естественной тени от деревьев составила +28 °С, а на солнце +30,7 °С. Полученные термограммы приведены на *рисунке 1*. Причем, в затененности участок дороги находился лишь 2,5–3 часа. Можно отметить, что даже небольшое охлаждение покрытия (на 3 °С) за счет затенения может снизить возможность образования напряжений и сдвиговых деформаций на поверхности покрытия.

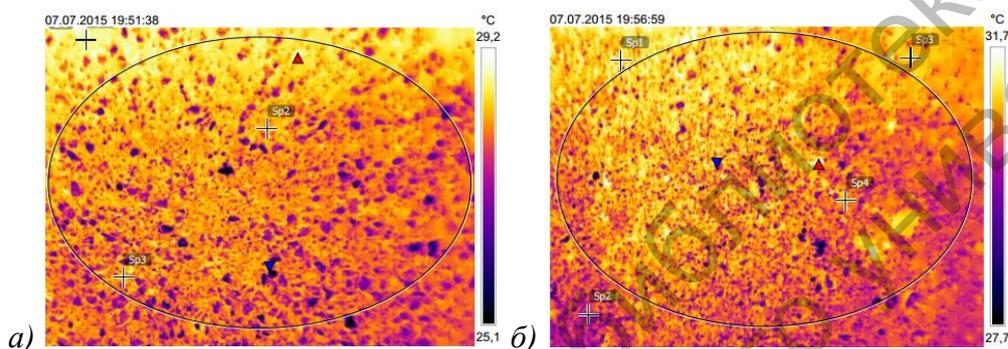


Рис. 1. Распределение температуры на поверхности асфальтобетонного покрытия: а – в тени; б – на солнце

Затем мы провели расчет распределения температур для двухслойного асфальтобетонного покрытия по толщине покрытия 10 см в тени и на солнце. Для расчетов использовали эмпирическое уравнение (2), используемое в нормах Германии [3]:

$$T_h = b \cdot \ln(0,01 \cdot h + 1,0) + T_n, \quad (2)$$

где T_h – температура на глубине h , b – параметр, зависящий от T_n , h – глубина слоя от поверхности, T_n – температура поверхности слоя.

По результатам расчетов построен график (*рисунок 2*). Можно отметить, что наибольшая разница в температурах наблюдается на поверхности покрытия и на глубине до 7,5 см. Таким образом, вся зона верхнего слоя покрытия из плотного асфальтобетона (4 см) подвержена активному сдвигообразованию. Этот период наблюдается в промежутке времени с 13 до 17 часов.

Также был выполнен расчет поля распределения температур покрытия по глубине и поля напряжений при воздействии транспортной нагрузки методом конечных элементов. Моделировалось двухслойное асфальтобетонное покрытие: верхний слой толщиной 4 см из плотного асфальтобетона и нижний слой 6 см из пористого асфальтобетона. Распределение поля температур в летнее время представлено на *рисунке 3, а*. Максимальные растягивающие напряжения при действии высокой положительной температуры наблюдаются в нижнем слое из пористого асфальтобетона, точнее – в середине этого слоя. Действие на дорожное покрытие транспортной нагрузки моделировалось отпечатком колеса транспортного средства КАМАЗ-65117 с нагрузкой на заднюю наиболее нагруженную ось в 115 кН, результаты представлены на *рисунке 3, б*. Максимальные растягивающие напряжения наблюдаются в верхней зоне верхнего слоя покрытия из плотного асфальтобетона вблизи приложения нагрузки в виде отпечатка колеса.

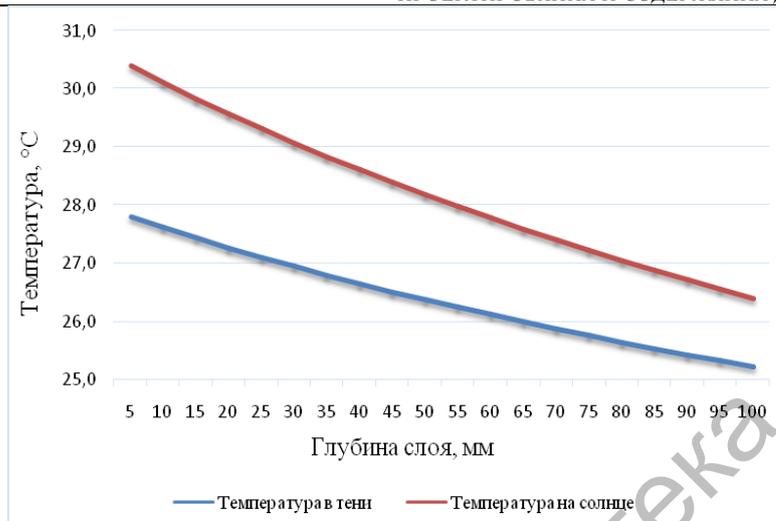


Рис. 2. График изменения температуры покрытия по глубине в разных условиях

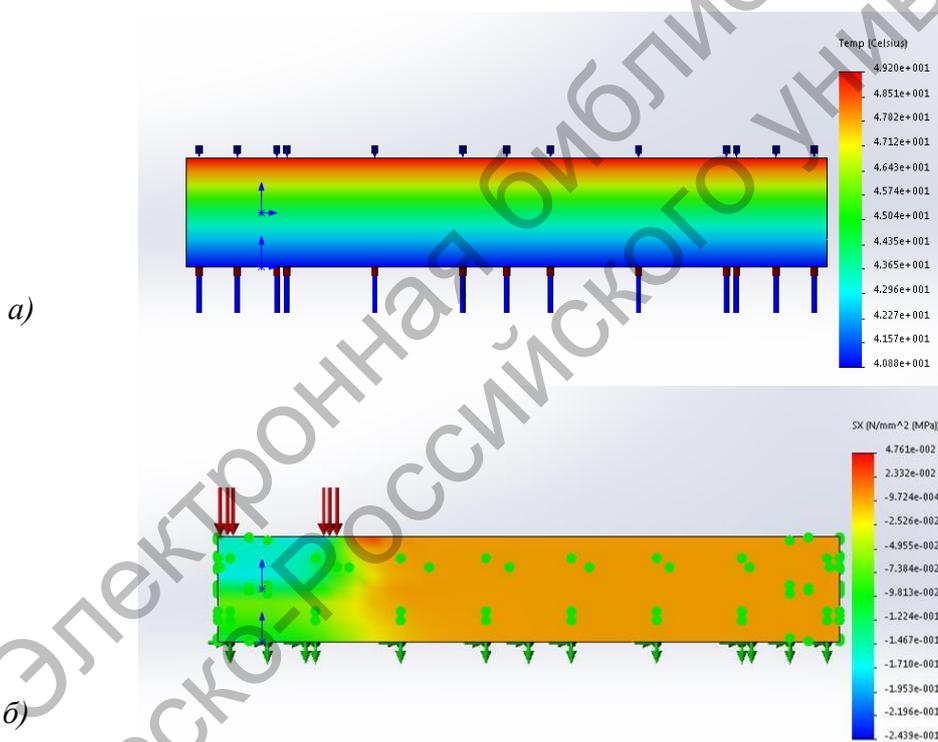


Рис. 3. Результаты расчета методом конечных элементов:

а – температурное поле при воздействии положительной температуры; б – поле напряжений при воздействии статической нагрузки от колеса автомобиля

Для улучшения условий работы асфальтобетонного покрытия в жаркий период года мы предлагаем более широко применять регулярный полив покрытия водой, выполнять затенение покрытия, использовать посадку деревьев (особенно вблизи и на остановках общественного транспорта). При проектировании состава асфальтобетонной смеси предлагаем применять битумы с более высокой температурой размягчения, например, модифицированные битумы марок БМП, БМА. Для снижения возникающих растягивающих напряжений предлагаем проектировать армирующие прослойки из геосинтетических материалов в средней зоне слоя из пористого асфальтобетона.

Литература

1. Дайнеко К. Н. Реальная помощь дорожным покрытиям в летний период / К. Н. Дайнеко, И. С. Мельникова, Т. А. Полякова // Междунар. конф.-конкурс. – Брянск, 2016. С.86 – 98.
2. Леонович И. И. Инновации в системе эксплуатации автомобильных дорог, направленные на предупреждение и ликвидацию поверхностных дефектов / И. И. Леонович, И. С. Мельникова // Журнал «Труды БГТУ». – 2012. - № 2 (149). – С. 130-133.
3. Кирюхин Г. Н. Температурные режимы работы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Г. Н. Кирюхин // Дороги и мосты: сб. науч. тр. – 2013. - № 2. – С. 309-328.

Дайнеко Константин Николаевич

Студент строительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(44) 703-88-38

E-mail: mercedeshome@mail.ru

Дроздов Дмитрий Николаевич

Студент строительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(33) 627-69-41

Полякова Татьяна Анатольевна

Студент строительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(29) 302-88-75

E-mail: 123-321-456-654@mail.ru

Мельникова Ирина Сергеевна

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги» строительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(29) 747-86-87

E-mail: rin_m@mail.ru