



17-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2014 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2014, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 17-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2014 г., Вильнюс, Литва

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЯХ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ ПРИ НАГРЕВАНИИ И ОХЛАЖДЕНИИ

Виталий Ряпухин¹, Евгений Дорожко²

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
Кафедра изысканий и проектирования дорог и аэродромов, Харьков, Украина
Эл. почта: ¹rp@khadi.kharkov.ua; ²Evgeniy.dorozhko@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены определения температурных напряжений в асфальтобетонных слоях на жестком основании при нагревании и охлаждении, которые возникают за счет разницы коэффициентов линейного расширения асфальтобетона и цементбетона. Приведены экспериментально определенные значения температурного коэффициента линейного расширения асфальтобетонов различных типов в режиме нагрева и охлаждения.

Ключевые слова: тонкий асфальтобетонный слой, жесткое основание, температурные напряжения, температурный коэффициент линейного расширения, деформация.

Введение

Развитие дорожной сети и обеспечение нормативного транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог стали важнейшими задачами дорожного хозяйства, существенно влияющими на темпы социально-экономического развития. Необходимость обеспечения прочности и надежности дорожных одежд в условиях интенсивного движения заставляют дорожников пересматривать существующие подходы к конструированию и расчету жесткой дорожной одежды. В последнее время конструкции тонкослойных асфальтобетонных покрытий на цементобетонных основаниях стали часто использоваться как при реконструкции дорог, так и при новом строительстве. Тонкослойные покрытия предназначены для увеличения межремонтного срока эксплуатации дорожных одежд. Почти не влияя на прочность такой конструкции тонкий асфальтобетонный слой должен обеспечивать возможность комфортного и безопасного движения транспортных средств по дороге, повышению ровности и сцепления. Обеспечение надежности таких конструкций не только важная практическая задача, но и сложная научная проблема. Одним из важных вопросов в этой проблеме является вопрос определения температурных напряжений в асфальтобетонных слоях.

1. Определение температурных напряжений в асфальтобетонных слоях

Для анализа напряженно-деформированного состояния комбинированной плиты (асфальтобетонный слой на цементобетонном основании) принято условие постоянного совместного деформирования асфальтобетонного слоя (покрытия) и жесткого основания, то есть монолитного контакта слоев. Если асфальтобетонный слой и цементобетонная плита омоноличены (спаянный контакт) у них будут одинаковые температурные деформации плит. Одновременно с этим следует учитывать, что температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) цементобетонных плит значительно меньше, чем ТКЛР асфальтобетона (Горецкий 1965; Богуславский 1961; Сюньи 1941; Ряпухин, Дорожко 2013). Тонкий слой асфальтобетона имеет модуль упругости значительно меньше, чем цементобетонная плита, поэтому асфальтобетонный слой деформируется вместе с цементобетонной плитой, почти не влияя на деформацию последней. Вследствие этого происходит ограничение температурного расширения или сжатия асфальтобетонного слоя. Температурные напряжения по низу асфальтобетонного слоя вследствие ограничения температурного деформирования, в сезонном и суточном цикле температур можно определить следующей зависимостью (Ryapuhin, Dorozhko 2013):

$$\sigma_{\text{ТКЛР}}^a = \frac{R_t}{1 - \mu_{\text{аб}}^t} (\alpha_{\text{аб}} \times \Delta T_{\text{аб}} - \alpha_{\text{цб}} \times \Delta T_{\text{цб}}), \quad (1)$$

где $\mu_{\text{аб}}^t$ – коэффициент Пуассона асфальтобетона; $\alpha_{\text{аб}}$ – температурный коэффициент линейного расширения асфальтобетона, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; R_t – функция релаксации асфальтобетона, определяется для длительного действия напряжений (статическая нагрузка), МПа; $\Delta T_{\text{аб}}$ – температурный градиент (температурный перепад) в середине асфальтобетонного слоя, $^{\circ}\text{C}$; $\alpha_{\text{цб}}$ – температурный коэффициент линейного расширения цементобетона, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; $\Delta T_{\text{цб}}$ – температурный градиент (температурный перепад) в середине цементобетонной плиты, $^{\circ}\text{C}$.

Температурное деформирование наблюдается постоянно на протяжении длительного времени (часы, сутки). За это же время изменяются температура и свойства асфальтобетона, поэтому при расчете температурных напряжений возникает необходимость учета функции релаксации. Функция релаксации имеет определенные граничные условия: при $t = 0$, $R(t) = E_0$ (E_0 – мгновенный модуль упругости), при $t = \infty$, $R(t) = E_{\infty}$ (E_{∞} – долговременный модуль упругости) (Ищенко 2003).

В литературных источниках ТКЛР асфальтобетона приводится преимущественно для решения вопросов температурной трещиностойкости и экспериментально численные значения ТКЛР определялись в режиме охлаждения, для диапазона температур от $+20^{\circ}\text{C}$ до -20°C (-30°C) (Богуславский 1961; Сюньи 1941; Ищенко 2003; Сюньи 1962; Гезенцевой 1976). Поэтому возникает необходимость экспериментального исследования по определению численного значения ТКЛР для различных типов асфальтобетонов при нагреве и охлаждении в диапазоне положительных температур от 0°C и выше.

2. Экспериментальное определение ТКЛР асфальтобетона при нагреве и охлаждении

С учетом требований к определению ТКЛР твердых тел и специфических требований к асфальтобетону разработана следующая схема dilatометра, предназначенного для измерений при нагревании и охлаждении (рис. 1) (ГОСТ 2007; Амадуни 1972; Ряпухин, Дорожко 2013). ТКЛР асфальтобетона различен для разных диапазонов температур (Богуславский 1961; Ищенко 2003; Сюньи 1962; Гезенцевой 1976). В результате анализа литературных данных предыдущих исследователей и выполнения поисковых экспериментов приняты следующие температурные интервалы внутри которых ТКЛР можно считать постоянным: от 0°C до $+5^{\circ}\text{C}$, от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$, от $+20^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$. Максимальная температура $+40^{\circ}\text{C}$ выбрана из условия, чтобы при нагревании образца не превысить температуру размягчения битума (Ряпухин, Дорожко 2013).

Для определения среднего дифференциального ТКЛР асфальтобетона в интервале температур используется зависимость (Амадуни 1972):

$$\alpha = \frac{1}{L_1} \cdot \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1}, \quad (2)$$

где L_1 – размер образца в начале испытания, при температуре t_1 , мм; L_2 – размер образца в конце испытания, при температуре t_2 , мм.

При испытании подбиралось не менее 3-х образцов одного типа, для учета структурной неоднородности асфальтобетона и возможного брака при формировании.

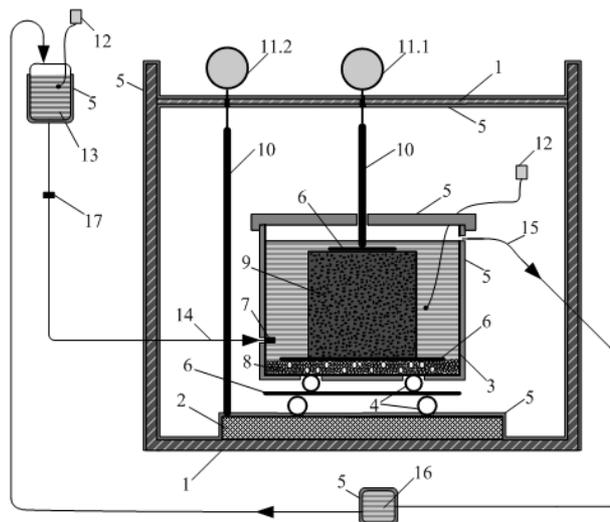


Рис. 1. Схема установки для определения ТКЛР асфальтобетона

1 – металлический каркас установки; 2 – бетонная подставка; 3 – емкость из кварцевого стекла; 4 – трубочки из кварцевого стекла; 5 – теплоизолирующий материал; 6 – пластина из кварцевого стекла; 7 – устройство для распределения теплоносителя; 8 – крошки из кварцевого стекла; 9 – асфальтобетонный образец; 10 – толкатель из кварцевого стекла; 11.1 – электронный индикатор для фиксации деформации образца; 11.2 – контрольный индикатор; 12 – термометр; 13 – терморегуляционная камера теплоносителя; 14 – трубочка для подачи теплоносителя; 15 – трубочка для отвода теплоносителя; 16 – устройство для перекачки теплоносителя; 17 – регулятор скорости движения теплоносителя

После этого, проверив наличие грубых ошибок, рассчитаны величины доверительного интервала для среднеарифметического значения ТКЛР. Результаты полученные при испытании сведены в таблице 1 (Ряпухин, Дорожко 2013).

Анализируя результаты испытаний выявлена закономерность, что ТКЛР асфальтобетонов различных типов отличается при нагревании и охлаждении, и отличается для различных интервалов температур. Это объясняется тем, что при изменении температур изменяются свойства битума и как следствие асфальтобетона. Из результатов проведенного испытания можно сделать вывод, что при расчете температурных напряжений в асфальтобетонных слоях на жестком основании необходимо учитывать в каком режиме (нагрева или охлаждения) работает конструкция и в каком именно температурном интервале.

Таблица 1. Сводная таблица экспериментально полученных значений ТКЛР асфальтобетонов

Тип асфальтобетона	Температурный режим					
	нагрев, °С			охлаждение, °С		
	0 →+5	+5 →+20	+20 →+40	+40 →+20	+20 →+5	+5 →0
Песчаный, тип Г с размером зерна до 2,5 мм. БНД 40/60 8% битума	$(41,3 \div 44,7) \cdot 10^{-6}$	$(39,4 \div 42,6) \cdot 10^{-6}$	$(35,6 \div 38,4) \cdot 10^{-6}$	$(43,5 \div 46,5) \cdot 10^{-6}$	$(45,6 \div 48,4) \cdot 10^{-6}$	$(46,4 \div 49,6) \cdot 10^{-6}$
Мелкозернистый, тип Б с размером зерна до 20 мм. БНД 40/60 6% битума	$(28,8 \div 31,2) \cdot 10^{-6}$	$(26,9 \div 29,1) \cdot 10^{-6}$	$(19,1 \div 20,9) \cdot 10^{-6}$	$(23,0 \div 25,0) \cdot 10^{-6}$	$(30,7 \div 33,3) \cdot 10^{-6}$	$(32,7 \div 35,3) \cdot 10^{-6}$
ЩМА – 5. 60/90 7,2 % битума	$(32,1 \div 34,7) \cdot 10^{-6}$	$(27,9 \div 30,1) \cdot 10^{-6}$	$(21 \div 23) \cdot 10^{-6}$	$(23,7 \div 26,3) \cdot 10^{-6}$	$(31,8 \div 34,2) \cdot 10^{-6}$	$(35,6 \div 38,4) \cdot 10^{-6}$
ЩМА – 5. 90/130 7,2 % битума	$(30,7 \div 33,3) \cdot 10^{-6}$	$(26,9 \div 29,1) \cdot 10^{-6}$	$(18,1 \div 19,9) \cdot 10^{-6}$	$(21,9 \div 24,1) \cdot 10^{-6}$	$(30,7 \div 33,3) \cdot 10^{-6}$	$(34,8 \div 37,2) \cdot 10^{-6}$
ЩМА – 15. 60/90 6,2 % битума	$(24,9 \div 27,1) \cdot 10^{-6}$	$(23,8 \div 26,2) \cdot 10^{-6}$	$(17,3 \div 18,7) \cdot 10^{-6}$	$(22,0 \div 24,0) \cdot 10^{-6}$	$(25,8 \div 28,2) \cdot 10^{-6}$	$(26,8 \div 29,2) \cdot 10^{-6}$
ЩМА – 15. 90/130 6,2 % битума	$(24,9 \div 27,1) \cdot 10^{-6}$	$(19,8 \div 22,2) \cdot 10^{-6}$	$(13,3 \div 14,7) \cdot 10^{-6}$	$(18,9 \div 21,1) \cdot 10^{-6}$	$(23,8 \div 26,2) \cdot 10^{-6}$	$(26,8 \div 29,2) \cdot 10^{-6}$

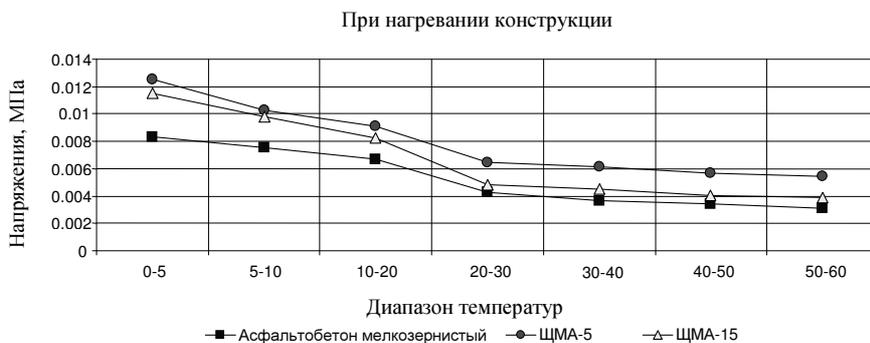


Рис. 2. Температурные напряжения в асфальтобетонном слое при нагреве конструкции на 1 °С для различных интервалов температур

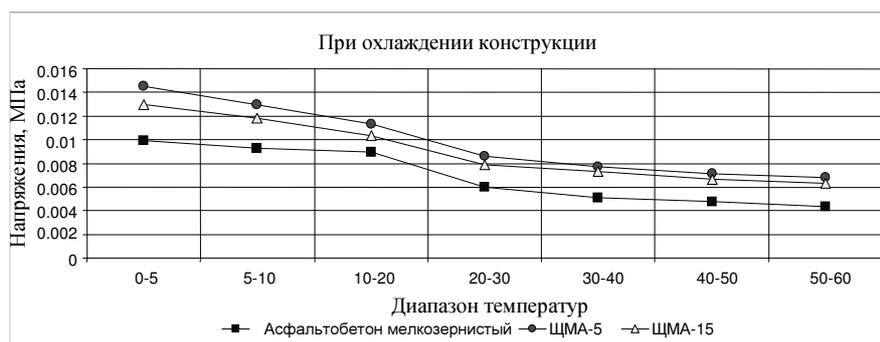


Рис. 3. Температурные напряжения в асфальтобетонном слое при охлаждении конструкции на 1 °С для различных интервалов температур

Для определения влияния температурного режима и интервала температур в котором работает конструкция выполнен расчет температурных напряжений в асфальтобетоне по формуле (1) для трех различных типов асфальтобетона при изменении температуры всей конструкции на 1 °С. Полученные результаты расчетов представлены на рис. 2 и рис. 3.

Выводы

ТКЛР асфальтобетона изменяется с изменением температуры материала, следовательно при расчете температурных напряжений необходимо учитывать в каком конкретно температурном интервале работает конструкция.

Величина температурных напряжений в асфальтобетонном слое на жестком основании отличается при нагреве конструкции и при охлаждении конструкции. Это связано с тем, что ТКЛР асфальтобетона отличается для нагрева и охлаждения. Следовательно при расчете температурных напряжений необходимо учитывать нагревается кон-

струкция или охлаждается.

Температурные напряжения в асфальтобетонном слое на жестком основании значительно уменьшаются с повышением температуры конструкции. Это связано с тем, что при повышении температуры уменьшаются значения ТКЛР асфальтобетона и функции релаксации.

Литература

- Ryapuhin, V.; Dorozhko, E. 2013 Basic theoretical background for calculation of thin asphalt concrete coverings on a rigid base [Основные теоретические предпосылки расчета тонких асфальтобетонных покрытий на жестком основании]. *Proceedings of the 8 international scientific conference, Transbaltica 2013*, 9–10 may 2013. Vilnius: Technika, p. 182–185.
- Аматуни, А. Н. 1972. Методы и приборы для определения температурных коэффициентов линейного расширения материалов. Изд-во стандартов. Москва. 140 с.
- Богуславский, А. М. 1961. О деформативной способности асфальтобетона при охлаждении / Труды ХАДИ, вып. 26. Харьков, с. 81–90.
- Гезенцевей, Л. Б. 1976. Дорожный асфальтобетон. Транспорт. Москва. 351 с.
- Горецкий, Л. И. 1965. Теория и расчет цементобетонных покрытий на температурные воздействия. Москва: Транспорт. 284 стр.
- ГОСТ 8.018-2007. 2007. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температурного коэффициента линейного расширения твердых тел в диапазоне температуры от 90 до 1800 К.
- Ищенко, О. М. 2003. Розробка методики розрахунку на температурну тріщиностійкість асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг [Разработка методики расчета на температурную трещиностойкость асфальтобетонного покрытия искусственных сооружений автомобильных дорог]: дис. канд. техн. наук: 05.22.11. Київ. 180 стр.
- Ряпухин, В. М.; Дорожко, С. В. 2013. Експериментальне визначення чисельного значення температурного коефіцієнта лінійного розширення асфальтобетону [Экспериментальное определение численного значения температурного коэффициента линейного расширения асфальтобетона]. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, № 89 НТУ. Київ, с. 61–71.
- Сюньи, Г. К. 1941. К вопросу об определении коэффициента линейного расширения асфальтобетона. Труды ХАДИ сборник 7. Харьков, с. 95–102.
- Сюньи, Г. К. 1962. Дорожный асфальтовый бетон. Госиздат литературы по строит. и архитектуре. Киев. 235 стр.