

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №3, Том 6 / 2019, No 3, Vol 6 <https://t-s.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/09SATS319.pdf>

DOI: 10.15862/09SATS319 (<http://dx.doi.org/10.15862/09SATS319>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Поляков С.Ю. Проверка выносливости асфальтобетонного покрытия на ортотропной плите с учетом температурного фактора // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/09SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/09SATS319

For citation:

Poliakov S.Yu. (2019). Fatigue strength of asphalt concrete pavement on orthotropic steel deck considering temperature factor. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/09SATS319.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/09SATS319

УДК 624.21/.8

ГРНТИ 67.03.03

Поляков Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Новосибирск, Россия
Аспирант

E-mail: sergey19920@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=961964

Проверка выносливости асфальтобетонного покрытия на ортотропной плите с учетом температурного фактора

Аннотация. Усталость материала – процесс постепенного накопления микрповреждений в ходе многократного приложения нагрузки, со временем приводящий к образованию дефектов. Усталостному разрушению в существенной степени подвержено асфальтобетонное покрытие на ортотропной плите стальных пролетных строений автодорожных мостов. Оно, во-первых, испытывает большое число циклов воздействия транспортных средств в течение срока службы, а, во-вторых, уложено на относительно гибкие несущие элементы проезжей части, что приводит к возникновению в асфальтобетоне существенных напряжений.

В общем случае, не допустить возникновения усталостных дефектов можно путем ограничения напряжений, установленного по результатам расчета на выносливость. Соответствующие вычисления выполняются при проектировании несущих элементов, но для одежды ездового полотна подобные проверки не проводятся.

В статье обосновывается необходимость проведения расчетов асфальтобетонного покрытия на ортотропной плите на выносливость. Отмечены недостатки существующей методики расчета данного материала на растяжение с учетом усталостных явлений, используемой при проектировании нежестких дорожных одежд на земляном полотне, не позволяющие применить ее к покрытию на искусственных сооружениях. Проанализированы имеющиеся результаты экспериментальных исследований выносливости асфальтобетона, в результате чего установлена необходимость учета температурного фактора. Учитывать отличие в степени воздействия одной и той же нагрузки на материал при изменении температуры предлагается с помощью гипотезы о линейном суммировании повреждений.

В соответствии с описанным подходом оценена выносливость асфальтобетонного покрытия в составе типичной одежды ездового полотна на ортотропной плите пролетного строения. Поставлены задачи на будущее, решение которых будет способствовать дальнейшему развитию методики расчета асфальтобетонного покрытия на искусственных сооружениях.

Ключевые слова: мост; пролетное строение; ортотропная плита; одежда ездового полотна; асфальтобетон; напряженно-деформированное состояние; выносливость

Пролетные строения автодорожных и железнодорожных мостов – элементы, величина напряжений в которых непостоянна вследствие периодического воздействия подвижной нагрузки. Каждый из проездов транспортных средств по сооружению вызывает микроповреждения в материале, накапливающиеся с течением времени и способные стать причиной усталостного разрушения. Не допустить возникновения дефектов, вызванного многократностью приложения нагрузки, можно путем ограничения напряжений, установленного по результатам расчета на выносливость.

Одним из элементов искусственного сооружения, наиболее подверженных усталостному разрушению, является асфальтобетонное покрытие, уложенное на ортотропную плиту. Подобное основание одежды ездового полотна гораздо менее жесткое, чем земляное полотно или железобетонная плита, и этим обусловлен больший уровень возникающих в материале напряжений [1; 2]. На искусственных сооружениях с данным типом проезжей части усталостные дефекты в виде нисходящих трещин в местах возникновения наибольших растягивающих напряжений (как правило, над стенками главных или поперечных балок) проявляются по прошествии нескольких лет эксплуатации. Они зафиксированы, например, на некоторых стальных автодорожных мостах г. Новосибирска, г. Омска, г. Красноярска, Кемеровской области, на искусственных сооружениях дороги «Адлер – курорт Альпика-Сервис» в г. Сочи (см. рисунок 1).

а) покрытие Байдаевского моста
через р. Томь на а/д Ленинск-Кузнецкий –
Междуреченск



б) покрытие моста через р. Мзымта на
дороге Адлер – курорт «Альпика-Сервис»



Рисунок 1. Трещины в асфальтобетонном
покрытии автодорожных мостов (составлено автором)

Факт влияния деформаций ортотропной плиты на характер работы одежды ездового полотна нашел свое отражение в зарубежной нормативной документации. В странах ЕС¹

¹ Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 2: Steel Bridges. URL: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1993.2.2006.pdf> (Дата обращения: 21.01.2019).

ограничивается минимально допустимая жесткость продольного ребра с участком листа настила (см. рисунок 2), причем у стенки главной балки она должна быть выше именно с целью предотвращения появления продольной трещины. Отметим, что данный график принят из немецких норм 1987 года DIN 18809 [3] и, возможно, уже нуждается в актуализации. В США² и Канаде [4] ограничивается не жесткость, а максимально допустимые деформации – прогиб продольного ребра между поперечными балками должен быть не более 1/1000 пролета, а смещение продольного ребра в вертикальном направлении относительно соседнего – не более 2,0 мм для США и 2,5 мм для Канады (см. рисунок 3). Первоначальные требования ограничивались величиной 1/300 пролета [4], но, ужесточились, вероятно, вследствие последующего негативного опыта.

Отечественная нормативная документация касательно проектирования мостов³ регламентирует лишь минимальные толщину асфальтобетона, листа настила и продольных ребер ортотропной плиты. Иные параметры, влияющие на напряженно-деформированное состояние конструкций проезжей части, не учитываются, но имеется требование о недопущении возникновения продольных трещин в покрытии над стенками главных балок. Для выполнения этого каждая проектная организация должна разрабатывать мероприятия самостоятельно, т. к. специализированные методики расчета одежды ездового полотна на искусственных сооружениях отсутствуют.

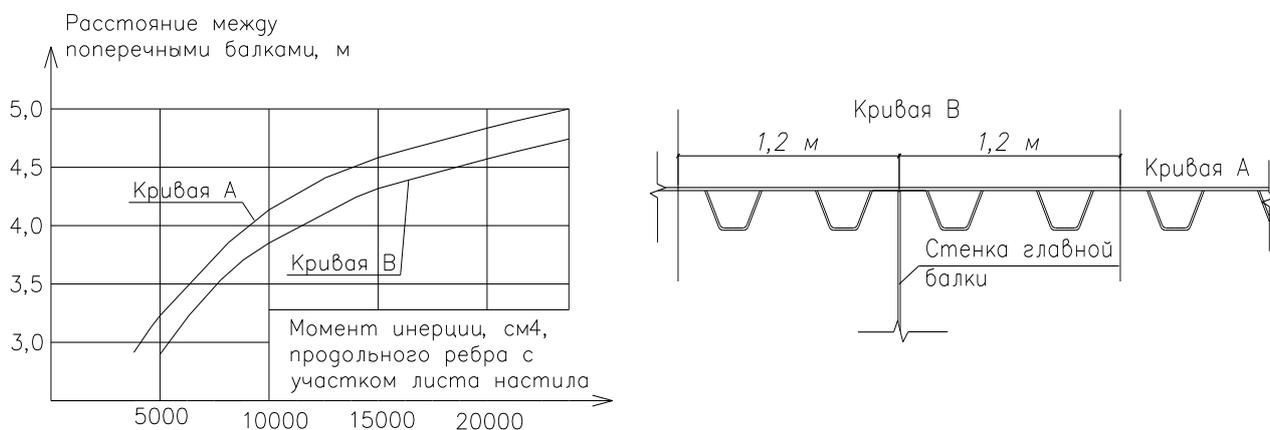


Рисунок 2. Требования минимальной изгибной жесткости продольных ребер ортотропной плиты в странах ЕС¹

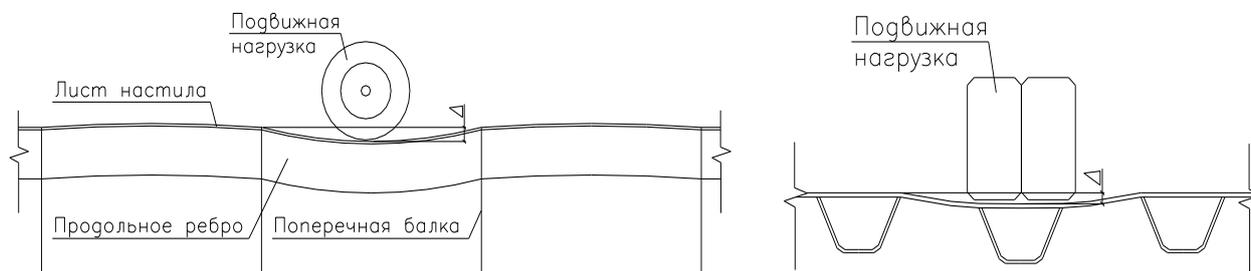


Рисунок 3. Критерии минимальной изгибной жесткости продольных ребер ортотропной плиты в США² и Канаде [4]

² Manual for design, construction, and maintenance of orthotropic steel deck bridges. US Department of Transportation Federal Highway Administration. – 2012. – 291 p.

³ СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / ОАО «ЦНИИС». М.: ОАО ЦПП, 2011. – 340 с.

Проверка асфальтобетона на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений имеется в методике проектирования нежестких дорожных одежд на земляном полотне⁴, но она неприменима к покрытию на ортотропной плите. Во-первых, кардинально различаются типы основания, а во-вторых, расчет проводится только при 0 °С. Возможно, для асфальтобетона на земляном полотне данная температура действительно является наиболее опасной с точки зрения усталостного разрушения – оттаявший грунт более деформативен, нежели зимой, но покрытие все еще сохраняет существенную жесткость в сравнении с летним периодом, и это способствует возникновению критических напряжений. На мостах характеристики основания (которым в данном случае является ортотропная плита) остаются неизменными в течение всего года. Кроме того, по опыту эксплуатации трещины могут возникать и в период сильных морозов [5], и на тех сооружениях, где большая часть проездов транспортных средств происходит при высоких температурах (см. рисунок 1, мосты на дороге «Адлер – курорт «Альпика-Сервис»). Это свидетельствует, что проверки асфальтобетона на искусственных сооружениях на выносливость только при 0 °С недостаточно.

Расчет на выносливость заключается в определении уровня напряжений, при котором материал способен воспринять требуемое число циклов приложения нагрузки без разрушения. Для асфальтобетона это количество тем больше, чем ниже относительное напряженное состояние σ / R , т. е. отношение возникающих в материале напряжений σ к пределу прочности при однократном нагружении R . Результаты подобных испытаний представлены, как правило, в виде прямой линии в полулогарифмических координатах (см. рисунок 4).

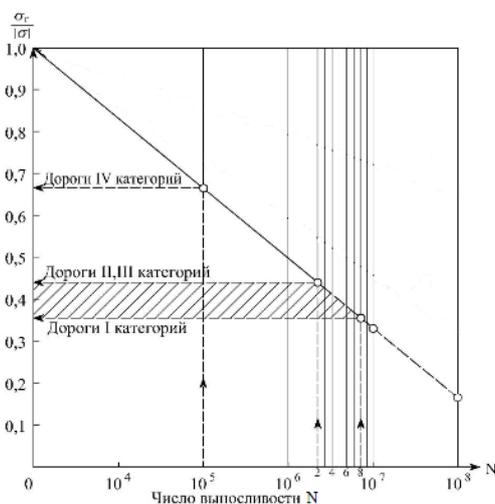


Рисунок 4. Зависимость количества циклов нагружения от уровня относительного напряженного состояния асфальтобетона [6]

Для применения этих результатов при проектировании одежды ездового полотна необходимо помимо многоцикловых испытаний проведение однократного нагружения материала при аналогичных условиях, поскольку в ходе расчетов определяются численные значения напряжений от воздействия временной нагрузки, а не относительное напряженное состояние.

График прочности асфальтобетона на растяжение при единичном изгибе в зависимости от температуры имеет выраженный экстремум [7; 8] (рисунок 5). Анализ имеющихся данных (см. рисунки 5 и 6) подтверждает, что расчет на выносливость необходим не только при температуре 0 °С, т. к. уровень относительного напряженного состояния материала в

⁴ ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд.

различных климатических условиях будет изменяться. Но определение максимального числа циклов с использованием приведенных графиков затруднительно. Во-первых, необходимо, чтобы графики на рисунках 4 и 5 были получены при одинаковых условиях деформирования материала. А во-вторых, данных по зависимости числа циклов воздействия от уровня относительного напряженного состояния при разных температурах в открытом доступе не найдено.

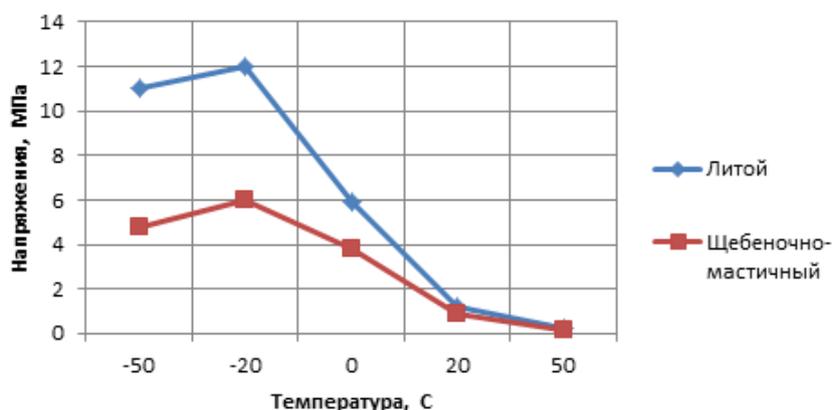


Рисунок 5. Графики предела прочности асфальтобетона на растяжение при изгибе при однократном приложении нагрузки [7]

Избежать подобных трудностей позволяет подход, реализованный О.В. Дровалевой при подготовке диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук [9]. Ей определялось число циклов воздействия нагрузки, которое может выдержать асфальтобетон до разрушения при нескольких конкретных и постоянно поддерживаемых величинах напряжений, и полученные данные экстраполировались на неохваченные в ходе экспериментов условия (рисунок 6). В качестве критерия отказа принимался момент, когда фиксируемая в середине образца деформация в процессе загрузки увеличивалась в два раза по отношению к первоначальной – было отмечено, что в этот момент образованная трещина начинает расти лавинообразно.

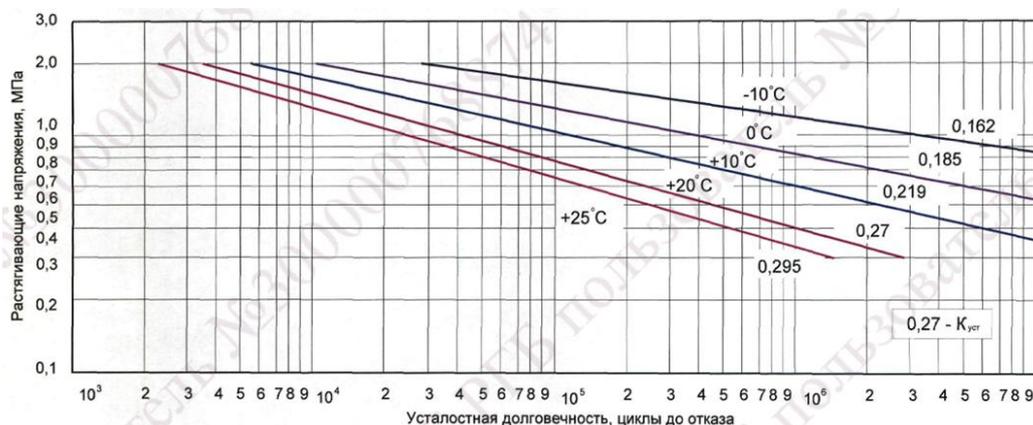


Рисунок 6. Выносливость асфальтобетона типа Б при разных температурах [9]

Схожие эксперименты по оценке выносливости асфальтобетона путем прямого определения количества циклов приложения нагрузки также широко проводятся за рубежом, при этом фиксируются не напряжения, а деформации образца [10]. Результаты подобных испытаний нашли свое отражение в положениях зарубежных нормативов по проектированию нежестких дорожных одежд на земляном полотне, где предельные деформации ограничиваются в зависимости от планируемого количества приложений нагрузки.

В ходе экспериментов О.В. Дровалевой определялась выносливость асфальтобетона типа Б при температурах, изменяющихся в пределах от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температуры выше не рассматривались, поскольку тогда наблюдалось проявление пластических свойств материала, предопределяющих иные виды дефектов. Но остается неясным, почему за рамками остались низкие зимние температуры. Вероятно, предполагалось, что в этом случае выносливость материала резко возрастает, и усталостные явления будут проявляться незначительно.

Эксперименты, проведенные О.В. Дровалевой, свидетельствуют, что выносливость асфальтобетона зависит от частоты приложения нагрузки. Поэтому данные, используемые при проведении расчетов покрытия, должны быть получены в условиях, максимально приближенных к фактической эксплуатации. Графики на рисунке 6 получены при частоте воздействия 20 Гц, назначенной О.В. Дровалевой по результатам анализа частотного спектра отклика покрытий при проезде транспортных средств по различным участкам дорог.

В ходе испытаний характер деформирования каждого образца поддерживался неизменным до разрушения материала. При этом в действительности одежда ездового полотна на искусственном сооружении эксплуатируется в различных условиях, и одно и то же нагружение асфальтобетона при разных температурах будет вызывать различную долю повреждения. Учесть это позволяет правило Пальмгрена-Майнера о линейном суммировании повреждений.

В ходе испытаний на выносливость образец разрушается за N циклов воздействия. Тогда за n циклов материал накопит определенную долю повреждений, которую можно назвать поврежденностью d :

$$d = \frac{n}{N}, \quad (1)$$

где n – количество циклов приложения нагрузки к материалу;

N – общее количество циклов до разрушения материала, полученное в ходе испытаний.

Согласно правилу линейного суммирования повреждений, разрушение материала произойдет, когда сумма поврежденностей будет равна единице:

$$\sum d = 1, \quad (2)$$

В случае возникновения в образце напряжений с различными амплитудами (т. е. при различных режимах нагружения, что имеет место для асфальтобетона на искусственном сооружении) формула (2) может быть записана следующим образом:

$$\sum d_i = \frac{n_i}{N_i} = 1, \quad (3)$$

где i – порядковый номер режима нагружения;

n_i – количество циклов, осуществленных при i -м режиме нагружения;

N_i – общее количество циклов до разрушения материала при i -м режиме нагружения.

Климатические условия эксплуатации одежды ездового полотна в течение года могут быть разделены на три температурно-временных периода – зимний со средней температурой ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$), летний ($+25\text{ }^{\circ}\text{C}$) и два переходных ($+10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Данное деление условно и выполнено применительно к имеющимся экспериментальным данным по выносливости асфальтобетона [9]. С учетом этого поврежденность покрытия на искусственном сооружении за весь срок эксплуатации составит:

$$d = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + 2 \frac{n_3}{N_3}, \quad (4)$$

где d – накопленная поврежденность материала после требуемого количества циклов приложения нагрузки;

$n_{1,2,3}$ – количество циклов загрузки покрытия в зимний, летний и переходной периоды;

$N_{1,2,3}$ – предельное количество циклов до разрушения в зимний, летний и переходной периоды.

А условие обеспечения выносливости асфальтобетона за требуемый срок службы примет вид:

$$d = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + 2 \frac{n_3}{N_3} \leq 1. \quad (5)$$

Ниже оценим выносливость асфальтобетонного покрытия на типичной конструкции проезжей части искусственного сооружения в соответствии с предлагаемым выше подходом.

Рассмотрена конструкция стального пролетного строения моста через р. Тобол в Тюменской области. Главные несущие элементы – две двутавровые балки, в поперечном направлении объединенные ортотропной плитой поверху и поперечными балками понизу. Конструкция проезжей части – стальной лист настила, поддерживаемый продольными коробчатыми и полосовыми стрингерами и тавровыми поперечными балками. Одежда ездового полотна принята из гидроизоляции «Техноэластмост» и двух слоев асфальтобетона типа Б толщиной 11 см (фактически на мосту уложен щебеночно-мастичный асфальтобетон, но для него отсутствуют данные по выносливости при различных температурах).

При расчетах выполнялось определение напряжений в сечении над стенкой главной балки как в наиболее вероятном месте возникновения продольных усталостных трещин (см. рисунок 1б). Наиболее невыгодное положение подвижной нагрузки получено путем анализа вида линии влияния поперечных растягивающих напряжений в верхней фибре покрытия (рисунок 7). При этом учитывалось, что положение нагрузки должно одновременно вызывать существенные (но необязательно максимальные) напряжения в сечении и обеспечивать возможно большее число проездов по данной полосе наката.

Схема принятой расчетной нагрузки приведена на рисунке 8. Весовые параметры и применяемые к ней коэффициенты обоснованы в одной из прошлых работ [11].

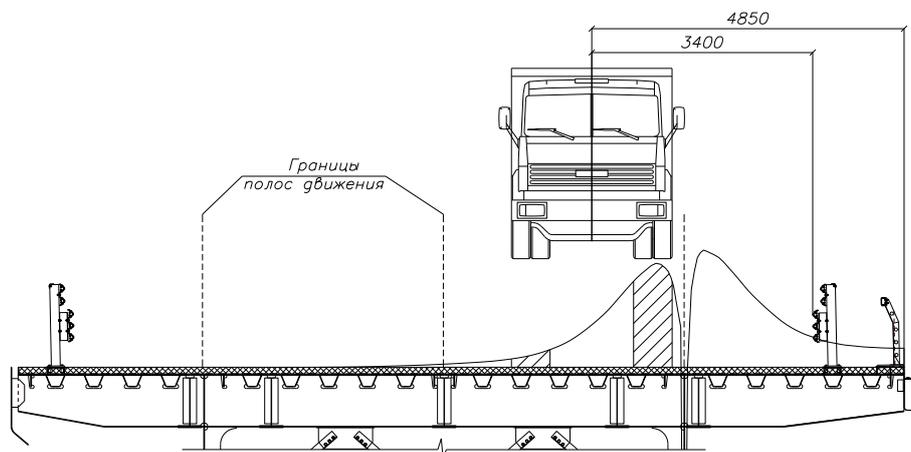


Рисунок 7. Загрузка линии влияния поперечных напряжений в верхней фибре асфальтобетона подвижной нагрузкой (составлено автором)

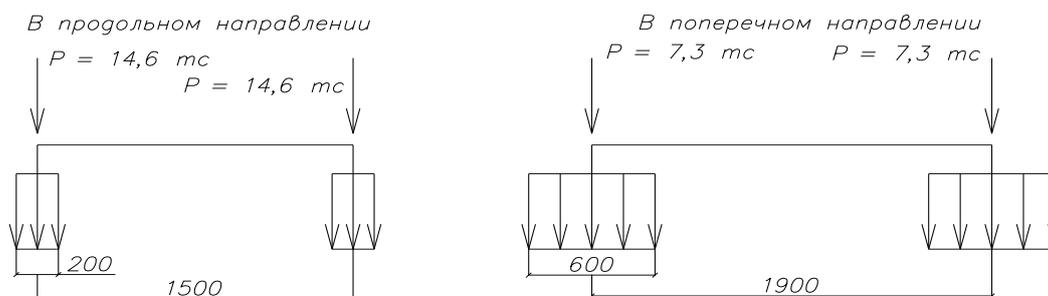


Рисунок 8. Предлагаемая схема расчетной нагрузки (составлено автором)

Нагрузка на рисунке 8 моделирует воздействие всего транспортного потока, состоящего из различных по массе и колесным схемам автомобилей, поэтому для приведения степени воздействия реальных транспортных средств на асфальтобетон к степени воздействия расчетной нагрузки применяют систему специальных коэффициентов⁵ [12]. Однако результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что состав транспортного потока разнообразен и может быть различным даже в пределах одной автодороги, соответственно, доля грузовых автомобилей в потоке, сопоставимых по величине осевой нагрузки с расчетной, также будет изменяться. В данной работе принята осредненная доля тяжелых транспортных средств в 5 % от общего количества автомобилей. Суточная интенсивность движения на мосту по данным автоматизированной базы данных мостов (АБДМ ФДА) – 7035 автомобилей. Тогда за 12 лет эксплуатации асфальтобетон испытает около 1500000 циклов загрузки или 375000 циклов в каждом рассматриваемом температурном диапазоне (см. формулу (5)). Но здесь необходимо отметить, что рассмотрен наиболее невыгодный случай, когда все автомашины движутся по одному следу (см. рисунок 7), что маловероятно. В действительности проезды транспортных средств могут быть рассредоточены в пределах всей полосы движения, а с удалением точек приложения нагрузки от сечения напряжения в нем, а вместе с тем и поврежденность асфальтобетона будут снижаться. Подобные исследования, но применительно к дорогам на земляном полотне проводились ранее Б.С. Радовским [13]. Им установлено, что фактический проезд 1000 автомобилей, распределенных по полосе движения, эквивалентен по своему воздействию приложению нагрузки от 78 автомобилей, движущихся по одному следу.

Величина напряжений в покрытии зависит от значений модуля деформации и коэффициента Пуассона асфальтобетона. Они определены с помощью модели, прошедшей апробацию на практике и показавшей удовлетворительную сходимость ожидаемых результатов с полученными в ходе эксперимента [2]. Вычисленные механические характеристики асфальтобетона на БНД 60/90 для тех же условий загрузки, при которых экспериментально определялась его выносливость, приведены в таблице.

Таблица

Принятые в расчет механические характеристики асфальтобетона

Параметры	Температура, °С		
	-10	10	25
Содержание битума по массе каменного материала, %	5,0		
Индекс пенетрации	-1,0		
Температура размягчения по методу кольца и шара, °С	47		
Модуль деформации, МПа	20369	9215	1789
Коэффициент Пуассона	0,18	0,21	0,329

Разработано автором

⁵ ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд.

Расчеты проведены в программе *MidasCivil*. Детально моделировался фрагмент блока пролетного строения. Общие принципы построения расчетной модели описаны в [2]. По результатам вычислений установлено, что при температуре (10 °С) величина растягивающих напряжений составила 2,08 МПа, при +10 °С – 1,62 МПа, при +25 °С – 0,86 МПа. Используя график на рисунке 6 и полученные данные, можно определить количество циклов до разрушения асфальтобетона при той или иной температуре и далее подставить их в формулу (5):

$$d = \frac{375000}{11000} + \frac{375000}{40000} + 2 \frac{375000}{10000} = 118,4 > 1.$$

Расчеты свидетельствуют, что на данном сооружении в течение срока службы покрытия неизбежно возникновение усталостных трещин. Но формула (5) предполагает, что на выносливость асфальтобетона не влияет величина пауз между приложениями нагрузки. Согласно [12], этот материал чувствителен к данному показателю, но до определенного предела, составляющего, например, около 0,5 с при температурах 10–40 °С и частоте приложения нагрузки 10 Гц. А эксперимент О.В. Дровалевой проходил при синусоидальном характере воздействия нагрузки, соответственно, период отдыха отсутствовал. Кроме того, за цикл одна и та же фибра испытывала переход от максимальных сжимающих к максимальным растягивающим напряжениям и обратно, хотя фактически в рассматриваемом сечении при проезде знакопеременность напряжений отсутствует. Это должно занижать выносливость асфальтобетона в сравнении с реальной эксплуатацией, но может быть принято в запас.

Таким образом, поскольку поврежденность асфальтобетона за требуемый срок службы существенно больше единицы, выносливость данного материала не обеспечена. В дальнейшем планируется разработка мер по снижению напряжений в одежде ездового полотна и оценка их эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Телегин М.А. Особенности расчета цельнометаллических пролетных строений автодорожных мостов с учетом совместной работы ортотропной плиты с главными балками и одеждой ездового полотна: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Телегин Максим Александрович. Омск, 2016. – 213 с.
2. Яшнов А.Н. Экспериментальное определение напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного покрытия на металлических мостах / А.Н. Яшнов, С.Ю. Поляков // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. – № 2 (50). – С. 82–93.
3. Корнеев М.М. Стальные мосты: Теоретическое и практическое пособие по проектированию мостов. – В двух томах. К.: Изд-во «Академпрес», 2010. – Т.1. – 532 с.
4. Телегин М.А. Методика расчета дорожной одежды на ортотропной плите стальных мостов / М.А. Телегин // Дороги и мосты. – № 26. – С. 205–211.
5. Беляев Н.Н. Проблемы асфальтобетонных покрытий и пути их решения на примере КАД вокруг Санкт-Петербурга / Н.Н. Беляев // Дороги. Инновации в строительстве. – 2014. – № 39. – С. 60–63.

6. Смирнов А.В. Расчет дорожных конструкций автомагистралей на прочность и выносливость: монография / А.В. Смирнов. – Омск: СибАДИ, 2012. – 116 с.
7. Беляев Н.Н. Опыт численного моделирования работы асфальтобетонных покрытий на ортотропной плите / Н.Н. Беляев // Труды первого всеросс. дорожн. конгр. – Москва, 2009. – С. 60–70.
8. Кирюхин Г.Н. Современные подходы к прогнозированию долговечности асфальтобетона в дорожных покрытиях / Г.Н. Кирюхин // Мир дорог. – 2017. – № 95. – С. 63–67.
9. Дровалева О.В. Усталостная долговечность асфальтобетона при воздействии интенсивных транспортных нагрузок: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Дровалева Ольга Валериевна. Ростов-на-Дону, 2009. – 201 с.
10. Wojciech Bankowski. Evaluation of Fatigue Life of Asphalt Concrete Mixtures with Reclaimed Asphalt Pavement. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/8/3/469/htm> (Дата обращения 21.01.2019).
11. Иванов А.Н., Поляков С.Ю., Яшнов Л.А. Оценка влияния параметров ортотропной плиты на напряженно-деформированное состояние асфальтобетонного покрытия // Интеллектуальный потенциал Сибири: 26-я Региональная научная студенческая конференция (г. Новосибирск): сб. научн. трудов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – С. 200–201.
12. Акулов В.В., Тиратурян А.Н., Бодров И.В., Симакова А.А., Фарниева М.В. Анализ распределения количества приложений расчетной нагрузки на федеральных автомобильных дорогах в течение года // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/20SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/20SATS418 (дата обращения 21.01.19).
13. Радовский Б.С. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей / Б.С. Радовский, А.С. Супрун, И.И. Козаков. – К.: Будивэльнык, 1989. – 168 с.

Poliakov Sergei Yur'evich

Siberian transport university, Novosibirsk, Russia
E-mail: sergey19920@mail.ru

Fatigue strength of asphalt concrete pavement on orthotropic steel deck considering temperature factor

Abstract. Fatigue of any material is a process when micro-damage accumulates because of multiple load applications. The result is the appearance of defects after a while. Asphalt concrete pavement on orthotropic steel deck (OSD) of roadway bridges is prone to fatigue failure. There are several reasons for this. Firstly, there is a large number of vehicle impacts for pavement service life. Secondly, the pavement lies on the flexible load-bearing elements of the roadway deck. This leads to high stresses in the asphalt concrete.

In general, stress limitation prevents fatigue defects. The value of this limit is set according to the results of fatigue calculation. This calculation is performed for main load-bearing elements but not for the pavement on the roadway.

In this article the necessity of fatigue strength calculation of pavement on orthotropic steel deck is justified. Also, disadvantages of the existing fatigue calculation method of pavement on the ground are noted. This design method is not applied for fatigue strength calculation for OSD pavement because of these disadvantages. Available experimental results of fatigue strength of asphalt concrete are analyzed. As a result, the need to take into account the temperature factor is established. The hypothesis of linear summation of damages allows to take into account the change of fatigue strength of asphalt concrete at different temperatures.

In the article the endurance of asphalt concrete as part of the typical pavement system on OSD is evaluated in accordance with the described approach. In addition, the tasks for the future are set. Solution of these tasks will allow to developing the method of pavement calculation on different bridges.

Keywords: bridge; superstructure; orthotropic steel deck; pavement; asphalt; stress-strain state; fatigue strength

REFERENCES

1. Telegin M.A. (2016). Osobennosti rascheta tsel'nometallicheskih proletrykh stroeniy avtodorozhnykh mostov s uchetom sovmestnoy raboty ortotropnoy plity s glavnymi balkami i odezhdoy ezdovogo polotna. [*Features of the calculation of all-metal span structures of road bridges, taking into account the joint work of the orthotropic plate with the main beams and clothes of the driving bed.*] Omsk, p. 213.
2. Yashnov A.N., Polyakov S.Yu. (2018). Experimental determination of the stress-strain state of asphalt concrete pavement on metal bridges. *Scientific journal of construction and architecture*, 2(50), pp. 82–93 (in Russian).
3. Korneev M.M. (2011). Stal'nye mosty: Teoreticheskoe i prakticheskoe posobie po proektirovaniyu mostov. V dvukh tomakh. Tom 1. [*Steel bridges: Theoretical and practical guide to the design of bridges. Two volumes. Volume 1.*] Kiev: Akadempres publishing house, p. 532.
4. Telegin M.A. (2011). Design method of pavement on orthotropic deck of steel bridges. *Roads and Bridges*, 26, pp. 205–211 (in Russian).

5. Belyaev N.N. (2014). Problems of asphalt concrete pavements and ways to solve them using the example of the Ring Road around St. Petersburg. *Roads. Building Innovation*, 39, pp. 60–63 (in Russian).
6. Smirnov A.V. (2012). Raschet dorozhnykh konstrukttsii avtomagistrali na prochnost' i vyнослиvost'. [*Calculation of highway road structures for strength and endurance.*] Omsk: Siberian State Automobile and Highway University, p. 116.
7. Belyaev N.N. (2009). Opyt chislennogo modelirovaniya raboty asfal'tobetonnykh pokrytii na ortotropnoi plite. [*Experience in numerical simulation of asphalt concrete pavement on an orthotropic plate.*] Moscow, pp. 60–70.
8. Kiryukhin G.N. (2017). Modern approaches to forecasting the durability of asphalt concrete in road surfaces. *World of Roads*, 95, pp. 63–67 (in Russian).
9. Drovaleva O.V. (2009). Ustalostnaya dolgovechnost' asfal'tobetona pri vozdeistvii intensivnykh transportnykh nagruzok. [*Fatigue life of asphalt concrete under the influence of intensive transport loads.*] Rostov-on-Don, p. 201.
10. Wojciech Bankowski. (n.d.). *Evaluation of Fatigue Life of Asphalt Concrete Mixtures with Reclaimed Asphalt Pavement*. [online] Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/8/3/469/htm> [Accessed 21.01.2019].
11. Ivanov A.N., Polyakov S.Yu., Yashnov L.A. (2018). Otsenka vliyaniya parametrov ortotropnoi plity na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie asfal'tobetonnoho pokrytiya. [*Influence of orthotropic steel deck parameters on the stress-strain state of asphalt concrete pavement*]. Novosibirsk: Publishing house Novosibirsk State Technical University, pp. 200–201.
12. Akulov V.V., Tiraturyan A.N., Bodrov I.V., Simakova A.A., Farnieva M.V. (2018). Analysis of the distribution of the number of applications of the estimated load on the Federal roads during the year. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/20SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/20SATS418 [Accessed 21.01.2019].
13. Radovskii B.S., Suprun A.S., Kozakov I.I. (1989). Proektirovanie dorozhnykh odezhd dlya dvizheniya bol'shegruznykh avtomobilei. [*Design of pavement for the movement of heavy vehicles.*] Kiev: Budivel'nik publishing house, p. 168.