

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА УЧАСТКАХ С ПЕРИОДИЧЕСКИМ ЗАМЕДЛЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**ASPHALT CONCRETE PAVEMENT DURABILITY ON ROAD SECTIONS WITH VEHICLE ALTERNATING DECELERATION**

Темир жол кесилиштеринин алдындагы жол участкарунун жол төшөлгөлөрүнүн бузуларынын өзгөчөлүктөрү аныкталган. Катуу эмес жол төшөлгөлөрүн эсептөө үчүн асфальт бетон катмарларынын чыналган деформациялык жана пределдик абалын баалоодо реологиялык процесстерди эсебке алуу муктаждыгы көрсөтүлгөн. Бир катар күч келүүдөгү таасирлеринин натыйжасын 0,1 эсебинен жогору узак мөөнөттүү абалы сунушталган.

***Ачкыч сөздөр:** асфальт бетон жабуусу, реологиялык процесстер, бекемдүүлүгү, узак мөөнөттүүлүгү.*

Выявлены особенности разрушений покрытий дорожных одежд на участках перед железнодорожными переездами. Показана необходимость учёта реологических процессов при оценке напряжённо-деформированного и предельного состояния асфальтобетонных слоёв для расчета нежёстких дорожных одежд. Предложено учитывать в расчётах на усталостную прочность многократное воздействие нагрузок, длительность действия которых превышает расчётное значение 0,1 с.

***Ключевые слова:** асфальтобетонное покрытие, реологические процессы, прочность, долговечность.*

The peculiarities of road surface pavement damages on road accesses to railroad grade crossings are revealed. The necessity of taking into account rheological processes, when evaluating stress, strain and limit state of asphalt concrete layers, for calculating non-rigid road pavement is justified. The multi-loading, the duration of which exceeds estimated value of 0,1 sec., is proposed to be considered when calculating fatigue strength.

***Keywords:** asphalt concrete pavement, rheological processes, strength, durability.*

Интенсивность дорожного движения за последние годы увеличилась в десятки раз. В транспортном потоке увеличилась также доля тяжёлых транспортных средств. Теперь состав тяжёлых транспортных средств мало отличается от состава транспортных средств на дорогах ведущих стран Европейского союза. На дорогах, запроектированных без учёта лавинообразного роста интенсивности дорожного движения, повысился уровень загрузки и риск заторов. Например, на автомобильных дорогах М7 «Волга» на участке от Москвы до Владимира и М10 «Россия» на участке Москва - Санкт-Петербург в августе 2015 года в период между 17 и 18 часами максимальная длина заторов составила более 4 км, а средняя длина 1,8 – 2 км. На двухполосной дороге А108 «Московское большое кольцо» в период с 9:00 до 20:00 ч перед переездом через Павелецкую железную дорогу средняя длина заторов около 1 км.

Опираясь на базу данных по диагностике автомобильных дорог федерального значения, удалось выявить некоторые особенности разрушений покрытий дорожных одежд на участках перед железнодорожными переездами. В таблице 1 показана динамика развития усталостных трещин в зависимости от расстояния до места, в котором начинает образовываться затор. При проведении диагностики на перегонах некоторых автомобильных дорог вблизи железнодорожных переездов обнаружено, что количество и

картина усталостного трещинообразования разрастается с приближением к переезду. Если на расстоянии около 1 км от переезда на покрытии трещины отсутствовали (объекты 1, 2, 3 и 4), то на небольшом расстоянии от него появляются продольные боковые трещины или сетки трещин с ячейками разного размера. Если же на дальних подступах к переезду уже появились усталостные продольные трещины (объекты 5, 6, 7 и 8), то вблизи его обнаруживается в дополнении к боковым продольным трещинам сочетание различных видов усталостных сеток трещин. На объектах 9 и 10 видно, что с приближением к переезду крупные ячейки сетки усталостных трещин покрытия дробятся на мелкие ячейки. Эффект нарастания объёмов разрушения асфальтобетонного покрытия при приближении к железнодорожному переезду связан с изменяющимся качеством нагружения дорожной одежды. Действительно, скорости транспортных средств на этом участке отличаются большим разнообразием: они могут быть как высокими, так и очень малыми, вплоть до остановки на длительное время. И на протяжении многих лет эксплуатации дороги эти процессы происходят многократно.

Таблица 1 - Усталостные трещины на покрытии в зависимости от расстояния до железнодорожного переезда

| № объекта | Описание усталостных трещин на участке длиной 1 км перед участком, которому принадлежит железнодорожный переезд | Усталостные трещины на участке длиной 1 км, которому принадлежит железнодорожный переезд |
|-----------|---|--|
| 1 | Трещины отсутствуют | Продольные боковые |
| 2 | | Продольные боковые + сетка с мелкими ячейками |
| 3 | | Сетка с крупными ячейками |
| 4 | | Сетка с мелкими ячейками |
| 5 | Продольные боковые | Продольные боковые + «крокодиловая кожа» |
| 6 | | Продольные боковые + «крокодиловая кожа» + сетка с крупными ячейками |
| 7 | | Продольные боковые + «крокодиловая кожа» + сетка с мелкими ячейками |
| 8 | | Продольные боковые + сетка с мелкими ячейками |
| 9 | Сетка с крупными трещинами | Сетка с мелкими ячейками |
| 10 | | Сетка с крупными ячейками + «крокодиловая кожа» |
| 11 | Волосяные | Сетка с мелкими ячейками |
| 12 | | Сетка с крупными ячейками |

Можно полагать, что подобный эффект проявится и на остановках, на пересечениях дорог в одном уровне и на перегонах с уровнем загрузки движением¹ более 0,7. Следовательно, асфальтобетонное покрытие на этих участках нагружается многократно циклами различной продолжительности и на протяжении срока службы дорожной одежды встречаются серии циклов не только продолжительностью 0,1 с, которые характерны для перегонов, но и серии с временными периодами в десятки или сотни раз большие.

На вопрос о возможности инженерной оценки и прогнозирования долговечности при различных временных режимах нагружения материалов, которые обладают

¹ «уровень (коэффициент) загрузки движением» - отношение фактической интенсивности движения по автомобильной дороге, приведённой к легковому автомобилю, к пропускной способности за заданный промежуток времени.

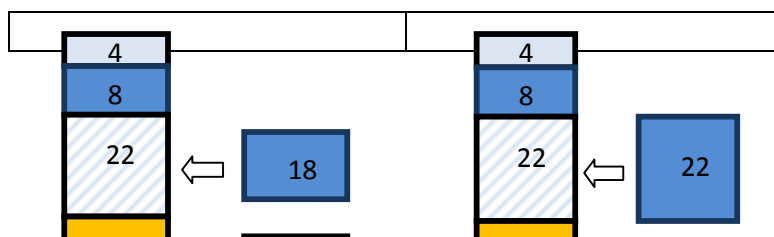
вязкоупругостью и имеют кинетический характер разрушения (прочность зависит от длительности и скорости нагружения или деформирования), отвечает, так называемый, критерий Бейли. Асфальтобетон является ярким представителем вязкоупругих композиционных материалов. Специфику применения критерия Бейли к работе асфальтобетонных покрытий исследовали М.И.Волков и В.А.Золотарев (1970) [1], Т.Н.Калашникова (1975) [2], Б.С.Радовский и А.В.Руденский (1975) [3], а также некоторые зарубежные специалисты. Взяв за основу подходы, изложенные в работах [4-9], оценили влияние расчётных характеристик асфальтобетонов на напряженно-деформированное состояние и долговечность покрытия дорожной одежды при многократном статическом и кратковременном нагружениях. Провели сравнительный анализ полученных результатов с существующей методикой проектирования ОДН 218.046-01. Для примера рассчитали дорожную одежду на трёх участках: 1) на перегоне с уровнем загрузки движением менее 0,7 при длительности действия нагрузки 0,1 с; 2) на таком же перегоне, но на дороге с уровнем загрузки движением более 0,7 при длительности действия нагрузки 1 с, а также 3) на подступах к пересечению дорог в одном уровне, когда уровень загрузки одной из дорог менее 0,7 и при этом нагрузки воздействуют многократно при длительности действия 1 с и 10 с. Для последнего участка, гипотетически, приняли долевое соотношение автомобилей, движущихся медленно и очень медленно, как 80% и 20%. На рисунке 1-а показано, что на участке с затором на перегоне в дорожной одежде необходимо верхний слой основания устроить не из высокопористого, а из пористого асфальтобетона меньшей толщины (на 4 см), имеющего повышенную прочность и устойчивость к повторным нагружениям. При этом толщину нижнего слоя основания также следует уменьшить на 4 см. Такие мероприятия обеспечат заданный срок службы дорожной одежды при минимальных приведённых денежных затратах. На рисунке 1-б показано, что для обеспечения заданного срока службы дороги, на которой уровень загрузки соответствует проектным значениям, на участке перед пересечением дорог в одном уровне следует верхний слой основания устраивать не из высокопористого, а из пористого асфальтобетона, имеющего повышенную прочность и устойчивость к повторным нагружениям.

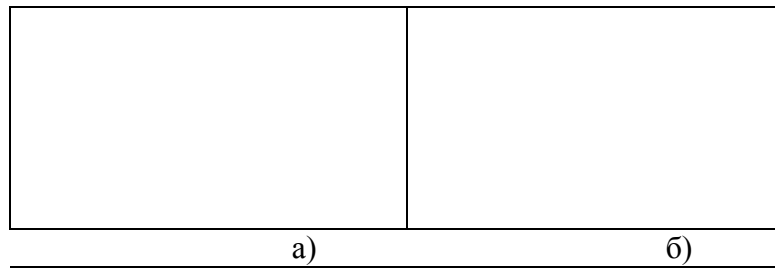
С увеличением длительности действия нагрузки уменьшается модуль упругости асфальтобетона (таблица 2) и других материалов, что приводит к уменьшению максимальных горизонтальных растягивающих напряжений σ_{\max} в верхнем слое основания из высокопористого асфальтобетона дорожной одежды, представленной на рисунке 1.

Таблица 2 – Деформационные и прочностные характеристики высокопористого асфальтобетона на битуме БНД марки 60/90 при различной длительности действия нагрузки

| Расчётные характеристики | Длительность действия нагрузки, с | | | |
|--|-----------------------------------|------|------|-------|
| | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 600,0 |
| Модуль упругости, E , МПа | 2100 | 1510 | 1050 | 510 |
| Прочность на растяжение при изгибе, $R_{изг.}$, МПа | 5,65 | 3,18 | 1,79 | 0,64 |

При этом уменьшаются значения прочности на растяжение при изгибе $R_{изг.}$ материала (таблица 2), в котором возникают σ_{\max} . На рисунке 2 показано, что прочность на растяжение при изгибе $R_{изг.}$ при увеличении длительности действия нагрузки уменьшается гораздо быстрее, чем максимальные горизонтальные растягивающие напряжения σ_{\max} . Именно по этой причине происходит преждевременное появление усталостных трещин на участках, где многократно замедляется движение тяжёлых транспортных средств.





- Асфальтобетон плотный на битуме БНД марки 60/90
 - Асфальтобетон пористый на битуме БНД марки 60/90
 - Асфальтобетон высокопористый на битуме БНД марки 60/90
 - Щебеночно-гравийно-песчаная смесь, обработанная цементом, М20
 - Супесь пылеватая $W_0 = 0,7W_T$
- Цифры на пиктограммах слоёв – толщины слоёв в см

Рис. 1. Необходимые конструктивные мероприятия для обеспечения заданного срока службы дорожных одежд на дороге с уровнем загрузки движением более 0,7 (а) и перед пересечением дорог в одном уровне на участке дороги с уровнем загрузки движением менее 0,7 (б)

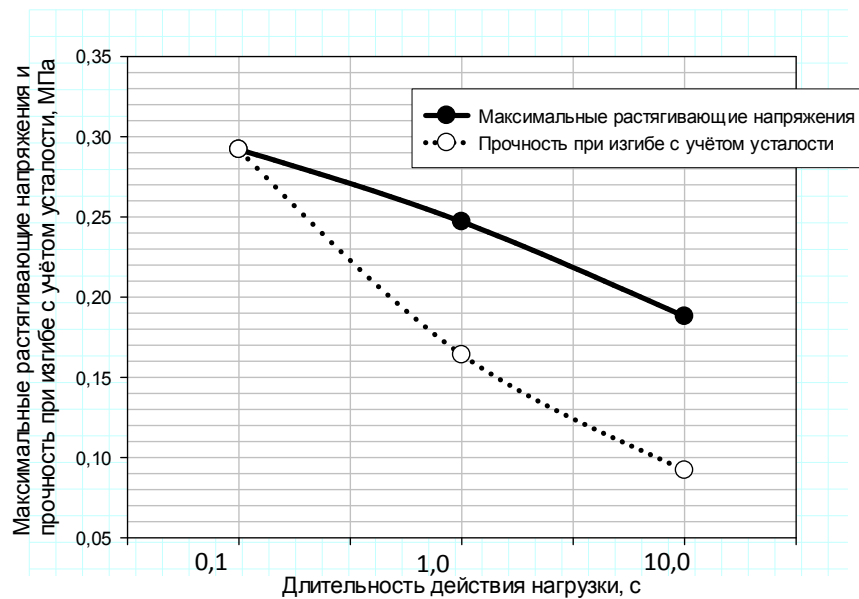


Рис. 2. Тенденция изменения $\sigma_{\text{макс}}$ и $R_{\text{изг}}$ при увеличении длительности действия нагрузки

Таким образом, на участках автомобильных дорог, на которых периодически появляются заторы, дорожные одежды следует проектировать с учётом расчётных характеристик асфальтобетона, полученных при длительности действия нагрузки более 0,1 с. При конструировании дорожной одежды нижние слои покрытия или верхние слои основания желательно назначать из асфальтобетона, имеющего повышенную прочность и устойчивость к повторным нагружениям. Для этих целей эффективно применение пористого, плотного, высокоплотного или дисперсно-армированного асфальтобетон. Основание желательно устраивать из материалов, обработанных минеральным вяжущим.

Список литературы

1. Волков М.И. О температурно-временной зависимости прочности асфальтобетона [Текст] / М.И.Волков, В.А.Золотарев // Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1970. - № 3.
2. Калашникова Т.Н. Прочностные и деформативные характеристики песчаного асфальтобетона при воздействии повторных нагрузок [Текст] / Т.Н.Калашникова // Труды ГипродорНИИ. – 1970. - вып. 1.
3. Радовский Б.С. О связи между длительной и усталостной прочностью дорожно-строительных материалов [Текст] / Б.С.Радовский, А.Н.Руденский // В кн.: Автомобільні дороги і дорожні будівництво, Киев, 1975.
4. Радовский Б.С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд [Текст]: Избранные труды / Б.С.Радовский. – Киев: ООО «ПолиграфКонсалтинг», 2003.
5. Радовский Б.С. Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям [Текст] Б.С. Радовский, Б.Б. Телтаев. – Алматы: «Білім» баспасы, 2013.
6. Мозговой В.В. и др. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд. - Дорожная техника, 2007.
7. Сюньи Г.К. О расчете асфальтобетонных покрытий на трещиностойкость [Текст] / Г.К. Сюньи, Б.С.Радовский, В.В.Мозговой // VII Всесоюзное совещание дорожников. Тезисы докладов и сообщений. – М.: 1981.
8. Мозговой В.В., Смолянец В.В., Прудкий А.В. Усовершенствование проектирования асфальтобетонных слоев городских дорожных одежд [Текст] / В.В.Мозговой, В.В.Смолянец, А.В. Прудкий. // Автомобильные дороги и мосты. - Минск: 2007. - №1.
9. Radovsky B.S., Mozgovoy V.V., Gamelyak I.P., Sabo H., Shevchuk V.R., Merzlikin A.E., Babak O.G. Forecasting the formation of reflective cracking in asphalt pavement reinforced with glass fiber mech // Reflective cracking in pavement. Design and performance of overlay systems / Maastricht, The Netherlands. 2-4 October, 1996.