

**Гончаренко В.В. ,
Хлебникова О.С.**

УСТАЛОСТНОЕ РАЗРУШЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЙ

В процессе эксплуатации под воздействием повторяющейся транспортной нагрузки в асфальтобетоне одновременно возникают упругие и пластические деформации [1, 2].

В стадии обратимых (упруго-вязких) деформаций в дорожной одежде в первоначальный период службы могут накапливаться очень незначительные остаточные деформации от эксплуатационных нагрузок. В стадии упруго-вязко-пластических деформаций в материалах дорожной одежды одновременно могут проявляться как упруго-вязкие, так и вязко-пластические деформации. А, учитывая, что продолжительность действия нагрузки очень мала (сотые доли секунды), то в дорожной одежде могут возникать лишь незначительные деформации. Однако ввиду многократной повторяемости нагрузки в материалах дорожной одежды постепенно накапливаются остаточные деформации, которые, при определенной критической величине, в конечном счете, приводят к усталостному разрушению дорожного покрытия.

Особенностью усталостного разрушения асфальтобетона является то, что под действием повторных нагрузок асфальтобетон, являясь упруго-вязко-пластичным материалом, разрушается хрупко [2].

Разрушение материала весьма сложный процесс, начало которого зависит от присущих материалу структурных особенностей (наличие трещин и концентраций напряжений) и от последовательности воздействия внешних нагрузок.

Учитывая то, что структуроформирующие материалы асфальтобетона, обладают анизотропией, напряженное состояние отдельных структурных элементов будет существенно отличаться друг от друга. Уже на ранних стадиях деформирования возникают пластические деформации структуры асфальтобетона. На определенной стадии деформирования в структурных элементах

асфальтобетона, появляются линии скольжения. До определенного момента процесс пластической деформации вызывает упрочнение и блокировку плоскостей скольжения. Для дальнейшего развития процесса деформирования и возможности возникновения разрушения необходимо, чтобы напряжения достигли такого уровня, при котором в отдельных структурных элементах способность к дальнейшему упрочнению будет исчерпана и нарушена прочность, следствием чего и явится образование зародыша трещины по одной из плоскостей скольжения.

Дальнейшее развитие зародыша трещины связано с характером распределения напряжений. Если условия возникновения трещины, зависят главным образом от действия касательных напряжений, то ее развитие зависит в большинстве случаев от действия нормальных напряжений. При действии переменного растяжения - сжатия или изгиба трещина развивается по поверхностям действия наибольших нормальных напряжений

Процесс разрушения асфальтобетона при повторных нагружениях можно разделить на три этапа: зарождение микротрещины, медленный рост микротрещины, и, наконец, быстрое распространение трещины до катастрофического разрушения. Можно предположить, что большая часть времени жизни дорожного покрытия приходится на второй этап медленного роста трещины. Обычно 70 - 90 % общего числа циклов, необходимых для разрушения при неизменной амплитуде напряжений, материал работает без трещины и лишь в последние 30 - 10 % общей длительности службы развивается трещина, приводящая к окончательному разрыву. Следовательно, уяснение и описание медленного роста трещины при повторных нагружениях будет способствовать более надежному предсказанию долговечности и срока службы дорожного покрытия.

При рассмотрении распространения трещины при повторном нагружении асфальтобетона следует учитывать три основных фактора: процесс вязкоупругого разрушения, история роста трещины, локальное изменение материала вблизи кончика трещины. Так как процессы медленного устойчивого роста трещины и усталости зависят от времени, их следует описывать процессом разрушения анизотропного вязкоупругого материала.

Рассматривая процесс деформирования материала монолитного слоя под воздействием транспортной нагрузки во времени, можно отметить, что в любом расчетном сечении цикл деформирования включает три стадии (рис. 1), в которых растянутая зона материала возникает [3]:

- в верхней части слоя при расположении нагрузки (по направлению движения) слева от рассматриваемого сечения;
- в нижней части слоя при расположении над рассматриваемым сечением и одновременном воздействии вертикальных сжимающих напряжений по всей толщине слоя;
- в верхней части слоя при расположении нагрузки справа от рассматриваемого сечения.

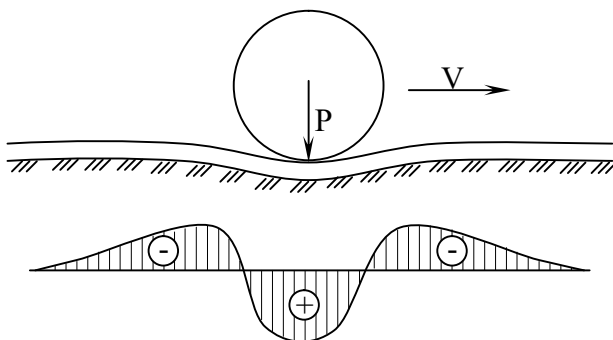


Рисунок 1 - Распределение растягивающих (сжимающих) напряжений в нижней части слоя монолитного материала

Таким образом, можно констатировать, что в процессе воздействия подвижной нагрузки монолитные материалы конструктивных слоев дорожных одежд подвергаются периодическому знакопеременному изгибу, причем растянутая зона в верхней части слоя образуется два раза за один цикл деформирования [3].

Основываясь на экспериментальных и теоретических исследованиях, представленных в работах [1 - 5] процесс усталостного разрушения асфальтобетона от переменного действия транспортной нагрузки можно представить в следующем виде.

При проходе колеса автомобиля максимальные растягивающие напряжения, возникающие в основании покрытия существенно меньше критических. Из-за неоднородности материала локальные напряжения часто существенно отклоняются от среднего значения, и в местах, где они превышают предел упругости пленок битума, связи рвутся. Повторные приложения нагрузок приводят к накоплению разорванных связей. В результате через определенное число циклов приложения нагрузок в нижней части покрытия под колеями движения возникают мелкие трещины, объединяющиеся затем в большие трещины.

Трещины растут одновременно в двух направлениях: вверх и параллельно плоскости покрытия. При дальнейшем нагружении трещина проходит сквозь покрытие и становится видимой на его поверхности. С увеличением интенсивности движения соответственно растет число приложений нагрузки к покрытию, и это вызывает ускоренное накопление усталостных повреждений.

Отдельные микротрещины, возникшие при нагружении, при разгрузке полностью не закрываются, материал не возвращается к начальному состоянию и поэтому, при новом нагружении эти дефекты изменяют вторичное поле напряжений. В результате резко возрастают деформации виброползучести, процесс разрыхления охватывает все больший объем материала, подготавливая образование сплошной трещины отрыва.

Микротрещины в бетоне при, многократном нагружении в первую очередь возникают в местах концентрации напряжений у дефектов структуры и на границах компонентов с разными свойствами, т. е. в контактной зоне.

Именно отсюда чаще всего начинается разрыхление материала и его усталостное разрушение.

На интенсивность процесса микротрещинообразования большое влияние оказывает пластичность материала в перенапряженных микрообъемах. Вследствие пластических сдвигов и деформации ползучести происходит перераспределение напряжений и заметно снижается их концентрация в опасных местах. Поэтому бетоны повышенной пластичности несколько лучше сопротивляются воздействию многократной повторной нагрузке.

Процесс усталостного разрушения тесно связан с частотой приложения нагрузки, вызванной плотностью и скоростью транспортного потока. Исследования показывают, что когда транспортные средства идут большим плотным потоком, растягивающие напряжения, возникающие в нижней части покрытия при проезде колеса, не успевают полностью исчезнуть до очередного наезда - приложения нагрузки. В результате длительность напряженного состояния покрытия увеличивается, что приводит к уменьшению срока службы и изменению его эксплуатационного состояния. Чем быстрее прикладывается пульсирующая нагрузка, т.е. выше ее частота, тем меньше возможность выравнивания концентраций напряжений, так как для перераспределения напряжений, обусловленного кинетикой дислокаций и пластическими сдвигами, необходимо определенное время. Но с другой стороны, с ускорением деформирования развитие деформаций в материале запаздывает, т. е. за короткий промежуток времени, пока нагрузка действует, не успевает образоваться столько вакансий и микротрещин, сколько возникает при медленном приложении нагрузки. Это обстоятельство имеет большое значение и несколько повышает выносливость материала, хотя в меньшей степени, чем при однократном нагружении.

Из рассмотренных теоретических положений следует, что наименьшей усталостью обладают материалы, которые имеют хорошее сцепление между структурообразующими компонентами, высокое сопротивление отрыву, повышенную однородность и пластичность, меньшее количество дефектов структуры и повышенную способность к самозалечиванию вследствие химического и физического взаимодействия между компонентами асфальтобетона.

Таким образом, механизм усталостного разрушения асфальтобетона можно представить в 4 стадиях.

1. Асфальтобетон при циклическом нагружении разрушается вследствие образования и развития микротрещин отрыва. Этот процесс развивается в местах концентрации напряжений, которые возникают вследствие неоднородности структуры.

Микропластические деформации в перенапряженных участках способствуют перераспределению и выравниванию напряжений и тормозят процесс образования микротрещин.

2. Образованию и раскрытию микротрещин предшествует разрыхление структуры асфальтобетона вследствие движения дислокаций и накопления вакансий. При циклическом нагружении вторичное поле напряжений претерпевает большие изменения и колебания, что резко ускоряет движение дислокаций, накопление вакансий и образование микротрещин; до предельного состояния доводится относительно больший объем материала. Все это приводит к более быстрому росту деформаций, повышает вероятность разрушения материала и обуславливает снижение предела прочности с увеличением числа нагружений.

3. Процесс усталостного разрушения наиболее сильно развивается в контактной зоне, а также в окрестностях дефектов структуры.

4. Скорость нагружения или деформации оказывает заметное влияние на поведение материала при пульсирующем нагружении.

Литература

1. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. - М.: Транспорт, 1992. - 253 с.

2. Корсунский М.Б. Оценка прочности дорог с нежесткими покрытиями. - М.: Транспорт, 1966. - 151 с.

3. Смирнов В.М. Определение усталостной прочности материалов монолитных слоев дорожных одежд / Конструирование, расчет и испытания дорожных одежд // Тр. СоюздорНИИ, 1990. - С. 110 - 115.

4. Вейбул В. Усталостные испытания и анализ их результатов. М.: Машиностроение, 1964. - 276с.

5. Браутман Л., Крок Р. Разрушение и усталость. - М.: Мир, 1978. - 483 с.