

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Добиться снижения материальных и энергетических ресурсов в дорожном строительстве можно двумя путями:

- 1) повышением надежности и долговечности материалов дорожных покрытий, продлением их ресурса и получением за счет этого экономического эффекта, несмотря на более высокую строительную стоимость;
- 2) снижением стоимости материалов дорожных покрытий и дорожных одежд при сохранении действующего уровня надежности и межремонтных сроков.

В первом случае эффект достигается за счет применения новой конструкции дорожного покрытия и долговечных материалов. Сущность заключается в устройстве двухслойного покрытия, состоящего из нижнего несущего слоя и верхнего слоя износа. Несущий слой устраивают из плотных, высокощелебенистых смесей на битумах повышенной вязкости. Слой износа должен обладать высокой гибкостью, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Дорожные покрытия работают в сложных условиях при одновременном воздействии транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов. Поэтому структурные параметры асфальтобетона находятся в диалектическом противоречии с точки зрения их влияния на надежность и долговечность асфальтобетона. Например, повышая прочность асфальтобетона на действие транспортных нагрузок, мы снижаем его устойчивость к погодно-климатическим факторам. На рис. 1 представлена зависимость общего уровня надежности асфальтобетона от содержания щебня и вязкости битума.

Как видно из данных рисунка, асфальтобетоны с повышенным содержанием щебня имеют достаточно низкий уровень надежности (в

пределах 50%), при этом оптимальная вязкость битума составляет около 90 П. Подобные асфальтобетоны недостаточно устойчивы к повышенным транспортным нагрузкам и имеют невысокую прочность. Такое положение обусловлено падением устойчивости асфальтобетона к действию погоднo-климатических факторов с повышением содержания щебня. Если каким-либо способом обеспечить достаточный уровень надежности по коррозионной стойкости, наблюдается совершенно иная картина зависимости общего уровня надежности от структурообразующих компонент (рис. 2). Преимущество начинают иметь асфальтобетоны на битумах повышенной вязкости с содержанием щебня 50–60%. Это позволяет получить асфальтобетоны повышенной прочности и деформационной устойчивости с высокими расчетными характеристиками (модулем упругости и прочностью на изгиб).

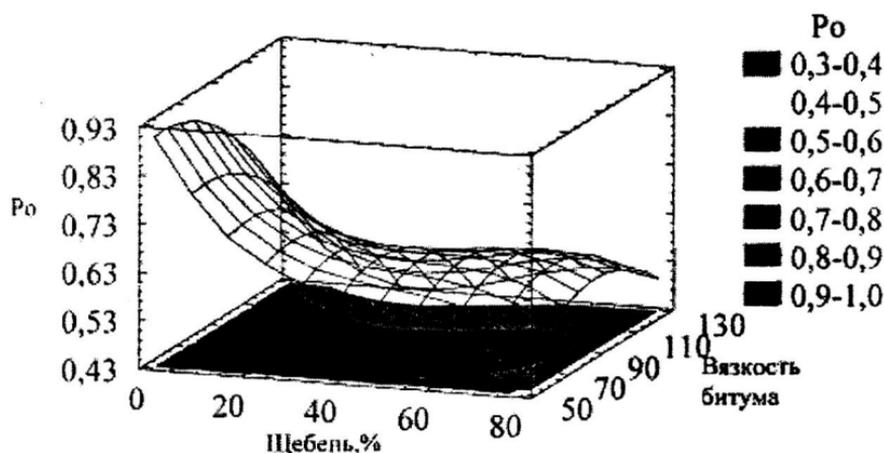


Рис. 1. Зависимость общего уровня надежности асфальтобетона от содержания щебня и вязкости битума

Защита от коррозии осуществляется конструктивными мерами — путем устройства качественных защитных слоев износа не позже чем через месяц после устройства покрытия. В качестве слоев износа рекомендуется использовать:

литые асфальтобетоны с втапливанием щебня;

тонкослойные покрытия из горячих смесей и щебнемастичных асфальтобетонов;

двойные поверхностные обработки;

одиночные поверхностные обработки на модифицированных битумах.

Наиболее эффективны для условий РБ первые два вида материалов.

Подобные асфальтобетонные смеси нашли отражение в ТУ РБ 100649721.001/2000 "Смеси асфальтобетонные повышенной деформационной устойчивости и асфальтобетон для покрытий городских улиц" под маркой А1. В качестве защитных слоев рекомендуется использовать тип смеси А3.

Срок службы подобных покрытий может достигать 12–20 лет.

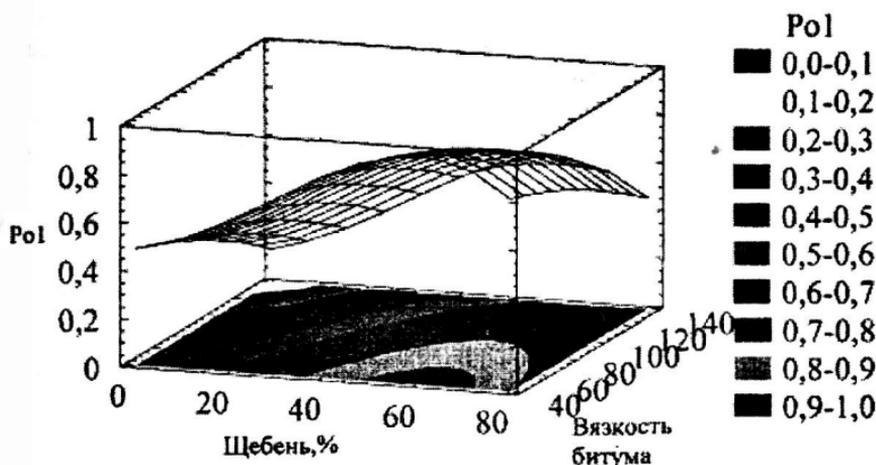


Рис. 2. Зависимость общего уровня надежности от содержания щебня и вязкости битума (без учета коррозионной стойкости)

Второй способ связан с изменением принципов конструирования дорожной одежды и применением более дешевых материалов. Повысить надежность дорожной одежды (или снизить ее стоимость) возможно путем:

замены многослойного асфальтобетонного покрытия с убывающей по толщине прочностью на покрытие с возрастающей прочностью с общим расходом битума не более 4% и устройством поверхностной обработки;

устройством покрытий из асфальтобетонов дискретной структуры с устройством поверхностной обработки;

применением различных прослоек между конструктивными слоями на основе синтетических материалов.

Первые два пункта предполагают устройство по покрытию замыкающего слоя в виде поверхностной обработки.

Это принципиально новый подход к конструированию дорожных покрытий. Дело в том, что защитный слой создает совершенно иные условия работы материала покрытия и позволяет решить следующие задачи:

1. Замедлить старение материала покрытия, а следовательно, повысить вязкость битума, применяемого для устройства покрытия. Это, в свою очередь, позволяет повысить расчетные характеристики и снизить толщину слоя.

2. Более широко использовать местные материалы (песчано-гравийные смеси и отсев), сохраняя равнопрочность дорожной одежды. Достигается это за счет повышения вязкости битума и применения асфальтобетонов дискретной структуры.

Первый пункт предполагает нетрадиционное проектирование дорожной одежды. В нижний слой укладывается песчаный плотный бетон (ПГС и отсев) с расходом битума повышенной вязкости 4,5%. Верхний же слой состоит из жесткой щебеночной смеси с расходом битума 3,5–4%. Благодаря такому подходу улучшается напряженное состояние дорожной одежды и возникает возможность снижения ее толщины.

Рассмотрим две равнопрочные конструкции дорожной одежды (рис. 3.) — "эталон" (слева) и по пункту 1 (справа).

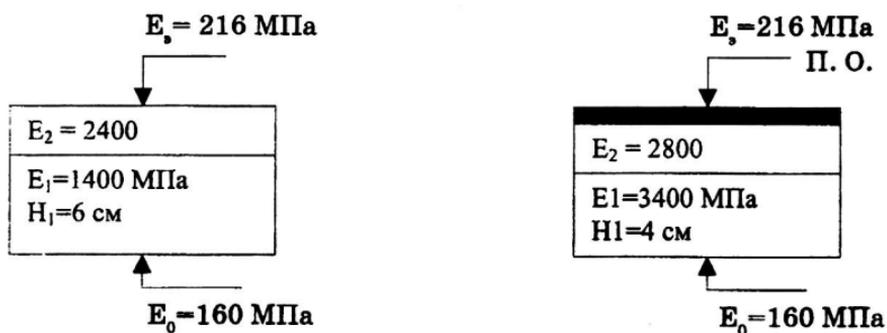


Рис. 3. Равнопрочные конструкции дорожных одежд при различных схемах расположения слоев

Из представленных расчетом данных видно, что эталонная конструкция толщиной 10 см может быть заменена конструкцией в 7 см без ущерба для прочности.

Второй и третий пункты основаны на применении бетонов дискретной структуры.

Асфальтобетоны дискретной структуры — разновидность композитов, состоящих из обогащенной вяжущим матрицы и минеральных частиц с пониженной толщиной пленки вяжущего либо его отсутствием вообще.

Можно предложить три технологических приема получения материалов дискретной структуры.

1. Органическим вяжущим обрабатывают 70–90% общей массы минеральных частиц, затем подают оставшиеся 10–30% частиц и водный раствор ПАВ. В результате наличия водного раствора ПАВ вторично подаваемые частицы не покрываются вяжущим в процессе смешения. Однако при транспортировке и укладке вода испаряется, и при уплотнении за счет наличия ПАВ частицы прочно сцепляются с остальной массой конгломерата.

2. Органическим вяжущим обрабатывают 70–98% общей массы минеральных частиц при температуре 120–160 °С, затем подают оставшиеся частицы естественной температуры и влажности. В этом случае роль "барьера", препятствующего прилипанию вяжущего в процессе смешения, выполняют пониженная температура и пленка влаги на поверхности вторично подаваемых частиц.

3. Минеральный материал обрабатывают 40–70% общей массы органического вяжущего, затем подают водный раствор ПАВ и оставшиеся 30–50% вяжущего. Такой способ позволяет получить частицы с пониженной толщиной пленки вяжущего за счет концентрации органического вяжущего на частицах, обработанных первой порцией вяжущего.

На поведении материалов дискретной структуры будут сказываться одновременно два процесса; упрочнение за счет обогащения вяжущим определенного объема материала и разупрочнение за счет появления неоднородностей и снижения эффективной площади сечения материала. При оптимальном сочетании указанных факторов конгломераты с дискретной структурой будут иметь улучшенные свойства.

Теоретические расчеты показали, что оптимальное количество необработанных вяжущим частиц составляет 5–20% в зависимости от количества вяжущего. Такое положение соответствует и выводам теории

перколяции, поскольку перколяционные "мостики" из необработанных частиц могут возникать при объемной их концентрации не менее 17%.

Свойства материалов на основе органических вяжущих существенно зависят от температуры и скорости деформирования (нагружения). В общем случае данная зависимость имеет вид S-образной кривой (рис. 4).

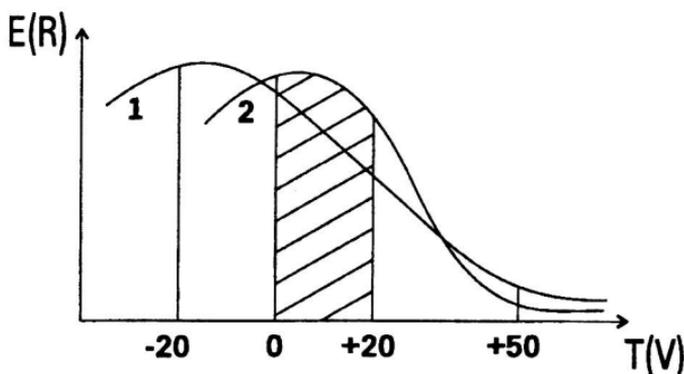


Рис. 4. Зависимость свойств материала (прочности, модуля) от температуры (скорости деформации: 1 — асфальтобетон на модифицированном битуме; 2 — асфальтобетон на битуме БН 2-го типа. Заштрихованная область — расчетный период

Поэтому расчетные характеристики материала очень сильно зависят от расчетной температуры. Поскольку расчетный температурный интервал очень узок, возможны случаи, когда материалы менее качественные имеют более высокие расчетные характеристики по сравнению с более качественными. Подобная ситуация относится к дегтебетону, асфальтобетонам на битумах второго структурно-реологического (менее теплоустойчивого) типа и др. Обусловлено это именно "попаданием" максимальных свойств данного материала в расчетный интервал. Схематически это показано на рис. 4, из данных которого видно, что материалы с низкой прочностью при высоких и низких температурах имеют более высокие расчетные характеристики. Таким образом, используя менее качественные материалы, можно повысить надежность дорожных одежд.

Данной парадоксальной ситуацией необходимо правильно распоряжаться. Поскольку подобные слои не устойчивы к пластическим деформациям в летний период и к хрупким — в зимний, их следует ис-

пользовать в нижних слоях дорожной одежды. Тем самым будут сняты отрицательные моменты (деформационная устойчивость) и выделены положительные моменты (несущая способность).

Повысить надежность дорожной одежды (при той же материалоемкости) можно путем увеличения расчетных характеристик материалов конструктивных слоев.

У монолитных материалов основными структурными факторами являются: вязкость применяемого органического вяжущего и его свойства, плотность, содержание макрочастиц (щебня). У несвязных материалов такими факторами выступают: содержание частиц крупнее 5 мм, степень шероховатости частиц, плотность.

Повышая вязкость органического вяжущего, мы повышаем и расчетные характеристики (модуль упругости и прочность на изгиб). Поэтому, применяя битумы более высокой вязкости, можно добиться повышения надежности дорожной одежды в целом.

Расчетные характеристики зависят от макро- и микроструктуры материалов. Чем плотнее и однороднее структура, тем выше и расчетные характеристики. Поэтому песчаные асфальтобетоны способствуют более высокой надежности дорожной одежды, чем щебеночные. Данная ситуация снова обусловлена несоответствием периода расчета дорожной одежды и эксплуатации. Для устранения данного несоответствия следует правильно конструировать дорожную одежду. Расчетные характеристики зернистых материалов (щебня, гравия, песка) можно повысить за счет ввода дробленных частиц, содержание которых должно быть не менее 25% по массе. При этом следует иметь в виду, что модуль упругости выше у материалов с более плотной структурой. В этом плане эффективны смеси подобранного состава (смеси щебня, гравия, гранитного отсева и т. д.).

Универсальным приемом повышения надежности дорожной одежды является применение новых конструкционных материалов. К подобным материалам следует отнести: бетоны на органомеханических вяжущих, армированные асфальто- и цементбетоны, асфальтобетоны на твердых битумах и другие.