

# ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

## WAYS OF IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POROUS ASPHALT CONCRETE

*В статье рассматривается применение в составе пористых асфальтобетонов модифицирующих добавок, приведены результаты лабораторных исследований.*

*The article covers the use of modifying agents in the porous asphalt concrete, gives the results of the laboratory studies.*

### ВВЕДЕНИЕ

Традиционные методы конструирования дорожной одежды предусматривают расположение слоев с убыванием прочностных характеристик материала по глубине. При этом в нижний слой покрытия укладывают пористый либо высокопористый асфальтобетон, обладающий наименьшим сопротивлением усталостному разрушению на растяжение при изгибе, что и определяет зарождение первоначальных очагов разрушения именно в этих слоях.

Проведенные исследования и опыт эксплуатации автомобильных дорог позволяют сделать вывод о том, что далеко не во всех случаях увеличение толщины конструктивных слоев дорожной одежды в условиях интенсивного скоростного движения обеспечивает требуемый срок службы дорожных конструкций, хотя и повышает их общий модуль упругости.

В настоящее время имеются апробированные конструкции дорожной одежды, устойчивые к усталостному разрушению и запроектированные по принципу возрастания прочностных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды по глубине [1].

Одним из направлений повышения долговечности дорожных конструкций может быть применение в нижних слоях дорожных покрытий плотных асфальтобетонов либо улучшение физико-механических свойств пористых асфальтобетонов. Как варианты

**С.А. Тимофеев,**  
заместитель начальника лаборатории республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь  
**С.Е. Кравченко,**  
кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

улучшения физико-механических свойств пористых асфальтобетонов можно рассматривать: 1) снижение показателя остаточной пористости за счет оптимизации их состава, в первую очередь, рационально подобранного зернового состава; 2) введение в состав пористых асфальтобетонов модифицирующих добавок.

### ВЛИЯНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ОСТАТОЧНОЙ ПОРИСТОСТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Для определения влияния показателя остаточной пористости на физико-механические свойства пористых асфальтобетонов в лаборатории государственного предприятия «БелдорНИИ» был подобран состав пористого мелкозернистого асфальтобетона с содержанием щебня 60 % и с использованием гранитных отсевов дробления. Зерновой состав пористого асфальтобетона подбирался с учетом требований, предъявляемых к зерновым составам плотных асфальтобетонов типа А. Содержание битума составило 3,5 %, 4 % и 4,5 %. Составы пористого асфальтобетона приведены в таблице 1.

Физико-механические свойства пористых асфальтобетонов определяли согласно СТБ 1115 [2].

Таблица 1 - Составы пористого асфальтобетона

Щебень фр. 5-20 мм, %	40
Щебень фр. 5-10 мм, %	20
Отсев дробления, %	40
Битум БНД 90/130, %	3,5
	4,0
	4,5

Результаты испытаний приведены в таблице 2. Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что физико-механические свойства исследуемых асфальтобетонов соответствуют требованиям СТБ 1033 [3] для пористого асфальтобетона марки I.

Так как прочностные характеристики по пределу прочности при растяжении при 0 °С и пределе

характеристики пористых асфальтобетонов представлены в таблице 3.

Анализ физико-механических свойств пористых асфальтобетонов (таблица 3) показывает, что составы с высоким содержанием щебня и с использованием гранитных отсеков дробления обладают высокими сдвиговыми характеристиками при каждом исследуемом содержании битума. Одна-

Таблица 2 – Показатели физико-механических свойств пористых асфальтобетонов

Наименование показателя	Фактическое значение			Требования СТБ 1033 [3] для пористого асфальтобетона марки I
	Содержание битума, %			
	3,5	4,0	4,5	
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,42	2,45	2,46	-
Пористость минерального остова, % по объему	16,9	16,3	16,1	Не более 23,0
Остаточная пористость, % по объему	8,7	6,9	5,8	5,0-12,0
Водонасыщение, % по объему	5,6	4,7	4,0	Не более 12,0
Набухание, % по объему	0	0	0	Не более 1,0
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 20 °С	2,4	3,1	3,5	Не менее 1,8
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	0,86	1,21	1,34	Не менее 0,7

ду прочности при сдвиге при 50 °С для пористых асфальтобетонов не нормируются, то в качестве предварительных критериев оценки этих характеристик использовались требования, предъявляемые к плотным асфальтобетонам. Прочностные

ко асфальтобетон с низким содержанием битума (высоким значением остаточной пористости) обладает низкими значениями показателей предела прочности при растяжении при 0 °С и предела прочности при сжатии при 50 °С и не соответ-

Таблица 3 – Прочностные характеристики пористых асфальтобетонов

Наименование показателя	Фактическое значение			Требования СТБ 1033 [3] для плотных асфальтобетонов типа А марки I
	Содержание битума, %			
	3,5	4,0	4,5	
Остаточная пористость, % по объему	8,7	6,9	5,8	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	0,86	1,21	1,34	Не менее 1,1
Предел прочности при растяжении, МПа, при температуре 0 °С	1,72	2,1	2,68	2,0-3,5
Предел прочности при сдвиге, МПа, при температуре 50 °С	3,51	3,32	3,29	Не менее 2,75

ствуует требованиям, предъявляемым к плотным асфальтобетонам. Снижение показателя остаточной пористости ведет к увеличению прочностных характеристик пористого асфальтобетона, в частности предела прочности при растяжении при 0 °С, который при содержании битума 4 %-4,5 % соответствует требованиям, предъявляемым к плотным асфальтобетонам, что говорит о повышении трещиностойкости пористых асфальтобетонов.

### ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Традиционные асфальтобетоны, приготовленные с использованием обычного битума, не способны обеспечить достаточный срок службы дорожных покрытий при существующих условиях эксплуатации автомобильных дорог. Недостаточный интервал пластичности обычных битумов приводит к образованию трещин на покрытии при отрицательных температурах и к колееобразованию при высоких положительных.

Общепринятым способом улучшения эксплуатационных свойств асфальтобетона во всем мире является технология модификации битума полимерными добавками. Модифицированные битумы и асфальтобетоны на их основе хорошо зарекомендовали себя в самых тяжелых условиях эксплуатации. Однако модификация битума требует значительных затрат на полимеры, дополнительного специального оборудования, возникают сложности при транспортировке и хранении модифицированного битума, что ограничивает применение этой технологии.

Технология введения модификатора непосредственно в смеситель существенно проще и не имеет этих недостатков. Добавка вводится в состав асфальтобетонной смеси непосредственно на АБЗ, при этом не требуется специальное дорогостоящее оборудование и существенно упрощается технология.

В качестве модифицирующих добавок использовались резиновая крошка марки «Модус-0,63» белорусского производства, получаемая механическим измельчением изношенных автомобильных шин и других резиновых отходов и швейцарская добавка «tecRoad».

«tecRoad» - многокомпонентная система в виде сыпучего композиционного материала, состоящая из различных полимеров и специальных добавок.

Исследования проводились на составах, приве-

денных в таблице 1.

Содержание модифицирующих добавок составило 1 % от массы минеральной части.

Приготовление асфальтобетонных смесей осуществлялось по СТБ 1033 [3]. Минеральные материалы разогревались до температуры 200 °С-210 °С при использовании резиновой крошки марки «Модус-0,63» и до 180 °С-190 °С при использовании добавки «tecRoad». К разогретым минеральным материалам добавлялись модифицирующие добавки, после чего производилось предварительное перемешивание в лабораторной мешалке. Затем в мешалку добавлялся битум, и производилось окончательное перемешивание.

Температура смеси при приготовлении образцов составила 180 °С.

Физико-механические свойства пористых асфальтобетонов с модифицирующими добавками определяли согласно СТБ 1115 [2].

В таблицах 4-6 представлены результаты сравнительных испытаний пористого асфальтобетона с резиновой крошкой, добавкой «tecRoad» и без добавок. Содержание битума составило 3,5 % (таблица 4), 4 % (таблица 5) и 4,5 % (таблица 6). Для сравнения в таблицах 4-6 приведены требования СТБ 1033 [3] к прочностным характеристикам плотных асфальтобетонов типа А марки I.

Анализируя результаты испытаний, можно сделать вывод, что введение в состав пористого асфальтобетона резиновой крошки улучшает его физико-механические свойства. Наблюдается уменьшение показателя водонасыщения и рост показателей предела прочности при сжатии при 50 °С и предела прочности при сдвиге при 50 °С. Прочность при растяжении при 0 °С возрастает при низком содержании битума, что имеет положительную тенденцию, и снижается при увеличении его содержания. Так, при содержании битума 4,5 % прочность при растяжении при 0 °С снижается на 20 % при росте предела прочности при сжатии при 50 °С на 15 % по сравнению с исходным пористым асфальтобетоном.

Использование в составе пористого асфальтобетона добавки «tecRoad» ведет к снижению показателя водонасыщения, увеличению показателей предела прочности при сдвиге при 50 °С на 20 %-25 % и предела прочности при сжатии при 50 °С на 25 %-30 % по сравнению с исходным пористым асфальтобетоном.

Прочность при растяжении при 0 °С возрастает, что при содержании битума от 3,5 % до 4 % имеет положительную тенденцию. При дальнейшем увеличении содержания битума наблюдается значительный рост показателя предела прочности при растяжении при 0 °С с приближением его к верхнему пределу нормативного значения.

Таблица 4 – Физико-механические свойства пористых асфальтобетонов с добавлением резиновой крошки и добавкой «tecRoad» при содержании битума 3,5 %

Наименование показателя	Пористый асфальтобетон	Пористый асфальтобетон с резиновой крошкой	Пористый асфальтобетон с добавкой «tecRoad»	Требования СТБ 1033 [3] для плотных асфальтобетонов типа А марки I
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,42	2,43	2,44	
Остаточная пористость, % по объему	8,7	6,9	6,5	
Водонасыщение, % по объему	5,6	5,4	4,6	
Набухание, % по объему	0	0	0	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	0,86	1,19	1,49	Не менее 1,1
Предел прочности при растяжении, МПа, при температуре 0 °С	1,72	1,94	2,50	2,0-3,5
Предел прочности при сдвиге, МПа, при температуре 50 °С	3,51	3,65	4,36	Не менее 2,75

При этом пористые асфальтобетоны с добавлением резиновой крошки и добавки «tecRoad» имеют прочностные характеристики, соответствующие требованиям СТБ 1033 [3] для плотных асфальтобетонов типа А марки I.

Таблица 5 – Физико-механические свойства пористых асфальтобетонов с добавлением резиновой крошки и добавкой «tecRoad» при содержании битума 4 %

Наименование показателя	Пористый асфальтобетон	Пористый асфальтобетон с резиновой крошкой	Пористый асфальтобетон с добавкой «tecRoad»	Требования СТБ 1033 [3] для плотных асфальтобетонов типа А марки I
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,45	2,46	2,46	
Остаточная пористость, % по объему	6,9	5,0	5,0	
Водонасыщение, % по объему	4,7	4,5	3,6	
Набухание, % по объему	0	0	0	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,21	1,37	1,65	Не менее 1,1
Предел прочности при растяжении, МПа, при температуре 0 °С	2,10	2,00	2,60	2,0-3,5
Предел прочности при сдвиге, МПа, при температуре 50 °С	3,32	3,40	4,34	Не менее 2,75

Таблица 6 – Физико-механические свойства пористых асфальтобетонов с добавлением резиновой крошки и добавкой «tecRoad» при содержании битума 4,5 %

Наименование показателя	Пористый асфальтобетон	Пористый асфальтобетон с резиновой крошкой	Пористый асфальтобетон с добавкой «tecRoad»	Требования СТБ 1033 [3] для плотных асфальтобетонов типа А марки I
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,46	2,48	2,50	
Остаточная пористость, % по объему	5,8	3,5	2,8	
Водонасыщение, % по объему	4,0	2,8	1,8	
Набухание, % по объему	0	0	0	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,34	1,57	2,03	Не менее 1,1
Предел прочности при растяжении, МПа, при температуре 0 °С	2,68	2,26	3,24	2,0-3,5
Предел прочности при сдвиге, МПа, при температуре 50 °С	3,29	3,32	4,32	Не менее 2,75

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снижение показателя остаточной пористости ведет к увеличению прочностных характеристик пористого асфальтобетона. Пористые асфальтобетоны с рационально подобранным зерновым составом и оптимальным содержанием битума имеют прочностные характеристики, сопоставимые с прочностными характеристиками плотных асфальтобетонов. При проведении работ по подбору составов пористых асфальтобетонов для устройства нижних слоев покрытий магистральных дорог необходимо, чтобы показатель остаточной пористости стремился к нижнему пределу нормативных значений. Это особенно актуально для крупнозернистых смесей, для которых прочностные характеристики на сегодняшний день не нормируются.

Применение в составе пористого асфальтобетона резиновой крошки позволяет повысить его трещиностойкость при соответствии прочностных характеристик требованиям, предъявляемым к плотным асфальтобетонам первой марки.

Применение в составе пористого асфальтобетона добавки «tecRoad» позволяет значительно повысить его сдвигоустойчивость при соответствии прочностных характеристик требованиям, предъ-

являемым к плотным асфальтобетонам первой марки. Предел прочности при сдвиге при 50 °С имеет запас прочности порядка 40 % по сравнению с минимальными требованиями СТБ 1033 [3] для плотных асфальтобетонов типа А марки I для первой категории автомобильной дороги.

В дальнейшем необходимо провести исследования реологических свойств пористых асфальтобетонов с модифицирующими добавками, изучить их сопротивляемость растягивающим напряжениям и усталостному разрушению, что позволит обоснованно определять состав и конструктивное положение пористых асфальтобетонов в дорожной одежде.

## Литература

1. Радовский, Б.С. Проблема повышения долговечности дорожных одежд и методы ее решения в США // Дорожная техника: каталог-справочник / ООО «Славутич». – СПб., 2006. – С. 108-118.
2. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний: СТБ 1115-2004.
3. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033-2004.