

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРИСТОГО КРУПНОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF COARSE POROUS ASPHALT CONCRETE ON ITS PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND APPOINTMENT OF CRITERIA OF ITS OPTIMISATION



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

В статье исследуется влияние состава пористого крупнозернистого асфальтобетона на его физико-механические свойства, а также устанавливаются критерии его оптимизации.

The article presents the investigation of the influence of the composition of coarse porous asphalt concrete on its physical and mechanical properties as well as appoints the criteria of its optimisation

Введение

В настоящее время наиболее широко применяемым материалом для устройства нижних конструктивных слоев дорожных одежд является пористый крупнозернистый асфальтобетон, имеющий более низкую стоимость по сравнению с плотными асфальтобетонами. При этом свойства данного асфальтобетона с учетом его конструктивного положения и, соответственно, характера действующих напряжений являются недостаточно изученными. Основная причина этого – отсутствие требований к прочностным показателям пористых крупнозернистых асфальтобетонов, что не позволяет оценивать и оптимизировать их свойства. На данный момент, в соответствии с действующими нормативными документами [1], качество пористых крупнозернистых асфальтобетонов оценивается в основном по показателю водонасыщения, который имеет весьма широкие рамки нормируемого значения – до 12 %. Столь широкие рамки позволяют варьировать содержание битума в пористых крупнозернистых асфальтобетонах в весьма значительном диапазоне, но не позволяют оптимизировать его содержание.

Также следует учитывать, что пористые асфальтобетоны обладают весьма широкими рамками зернового состава (содержание щебня варьируется от 35 % до 73 %), полностью или частично охватывающими зерновые составы плотных асфальтобетонов типов С, А, Б и В. Очевидно, что пористые асфальтобетоны с различным зерновым составом, соответствующим разным типам плотных асфальтобетонов, будут иметь разные физико-механические свойства.

Для объективной оценки свойств пористых крупнозернистых асфальтобетонов необходимо расширение перечня нормируемых показателей с назначением требований к их прочностным характеристикам, что позволит аргументованно подбирать их состав и располагать в дорожной конструкции с учетом напряженно-деформированного состояния конструктивного слоя, устроенного из этих асфальтобетонов.

Исследование влияния состава пористого крупнозернистого асфальтобетона на его физико-механические свойства

Для определения влияния состава пористого крупнозернистого асфальтобетона на его физико-механические свойства в лаборатории государственного предприятия «БелдорНИИ» были исследованы пористые асфальтобетоны различного зернового состава с разным содержанием вяжущего.

Для проведения исследований были взяты асфальтобетоны с составами, традиционными для пористых асфальтобетонов, т. е. содержащие гранитные отсеvy дробления, песок природный, гранитный щебень разных фракций, взятых в различном соотношении, общим количеством менее 50 % и с содержанием битума менее 4 % (составы № 5–7), а также асфальтобетоны с повышенным содержанием щебня (более 50 %) разных фракций, взятых в различном соотношении, и битума – от 4 % до 4,5 % и содержащие в своем составе гранитные отсеvy дробления (составы № 1–4).

Составы пористых крупнозернистых асфальтобетонов представлены в таблице 1.

В соответствии с СТБ 1115 [2] для каждого состава были изготовлены образцы размером 101 мм. Полученные образцы испытывали по показателям средней плотности и водонасыщения.

Результаты определения физико-механических свойств пористых крупнозернистых асфальтобетонов представлены в таблице 2.

Результаты, приведенные в таблице 2, показывают, что физико-механические свойства пористых крупнозернистых асфальтобетонов существенным образом отличаются в зависимости от их состава.

Так, средняя плотность пористых асфальтобетонов, содержащих в своем составе гранитные отсеvy дробления, гранитный щебень свыше 50 % и битум более 4 % (составы № 1–4, таблица 1), имеет высокие значения (для исследуемых составов от 2,47 до 2,51 г/см³), характерные для плотных асфальтобетонов. Для традиционных пористых асфальтобетонов (составы № 5–7, таблица 1) значение средней плот-

Таблица 1 – Составы пористых асфальтобетонов

Номер состава	Содержание компонентов в составе
1	Щебень фр. 20-40 мм – 20 % Щебень фр. 5-20 мм – 25 % Щебень фр. 5-10 мм – 20 % Отсев дробления – 35 % Битум 70/100 – 4,0 % Битум 70/100 – 4,2 % Битум 70/100 – 4,5 %
2	Щебень фр. 20-40 мм – 15 % Щебень фр. 5-20 мм – 50 % Отсев дробления – 35 % Битум 70/100 – 4,0 % Битум 70/100 – 4,2 % Битум 70/100 – 4,5 %
3	Щебень фр. 20-40 мм – 35 % Щебень фр. 5-20 мм – 25 % Отсев дробления – 40 % Битум 70/100 – 4,0 % Битум 70/100 – 4,2 % Битум 70/100 – 4,5 %
4	Щебень фр. 20-40 мм – 20 % Щебень фр. 5-20 мм – 40 % Отсев дробления – 40 % Битум 70/100 – 4,0 % Битум 70/100 – 4,2 % Битум 70/100 – 4,5 %
5	Щебень фр. 20-40 мм – 15 % Щебень фр. 5-20 мм – 30 % Отсев дробления – 35 % Песок природный – 20 % Битум 70/100 – 3,7 % Битум 70/100 – 3,5 % Битум 70/100 – 3,3 %
6	Щебень фр. 20-40 мм – 25 % Щебень фр. 5-20 мм – 20 % Отсев дробления – 20 % Песок природный – 35 % Битум 70/100 – 3,7 % Битум 70/100 – 3,5 % Битум 70/100 – 3,3 %
7	Щебень фр. 20-40 мм – 20 % Щебень фр. 5-20 мм – 20 % Отсев дробления – 35 % Песок природный – 25 % Битум 70/100 – 3,7 % Битум 70/100 – 3,5 % Битум 70/100 – 3,3 %

Таблица 2 – Результаты определения физико-механических свойств пористых крупнозернистых асфальтобетонов

Номер состава	Содержание битума, %	Средняя плотность ρ_m , г/см ³	Водонасыщение, W, %
1	4,0	2,49	5,0
	4,2	2,50	4,3
	4,5	2,51	3,7
2	4,0	2,47	5,8
	4,2	2,48	5,3
	4,5	2,49	4,8
3	4,0	2,49	4,5
	4,2	2,50	3,8
	4,5	2,51	3,1
4	4,0	2,49	4,8
	4,2	2,50	4,0
	4,5	2,51	3,5
5	3,3	2,37	8,3
	3,5	2,39	7,1
	3,7	2,41	6,5
6	3,3	2,35	8,7
	3,5	2,38	7,4
	3,7	2,40	6,8
7	3,3	2,34	9,6
	3,5	2,36	8,2
	3,7	2,38	7,5

ности составляло 2,34-2,41 г/см³. Это объясняется тем, что средняя плотность асфальтобетона зависит от истинной плотности его компонентов и их содержания. Данный факт необходимо учитывать при назначении норм расхода смеси при устройстве слоев асфальтобетонных покрытий и оснований из пористого асфальтобетона.

Показатель водонасыщения также очень зависит от состава пористого асфальтобетона. Пористые асфальтобетоны, содержащие в своем составе гранитные отсеvy дробления, гранитный щебень свыше 50 % и битум более 4 % (составы № 1–4, таблица 1) имеют более низкие значения водонасыщения (для исследуемых составов от 3,1 % до 5,8 %), чем традиционные пористые асфальтобетоны с содержанием щебня ниже 50 %, с низким содержанием битума и применением в составе в значительном количестве песка природного (составы № 5–7, таблица 1). Для составов № 5–7 показатель водонасыщения варьировался от 6,5 % до 9,6 %.

Значение водонасыщения пористых асфальтобетонов (составы № 1–4) приближается либо соответствует значениям водонасыщения для плотных асфальтобетонов.

Значения показателя водонасыщения всех исследуемых составов не превышают 12 %, что соответствует требованиям СТБ 1033 [1], следовательно, эти составы могут использоваться

при устройстве нижних конструктивных слоев дорожных одежд. Очевидно, что данного показателя недостаточно для объективной оценки качества пористых крупнозернистых асфальтобетонов.

Назначение критериев оптимизации состава пористого крупнозернистого асфальтобетона

Для возможности оптимизации зернового состава и содержания битума необходимо установить требования к прочностным показателям пористых крупнозернистых асфальтобетонов исходя из их конструктивного положения и характера действующих напряжений. Так, при применении в нижнем слое покрытия пористый асфальтобетон попадает в зону максимальных сдвигающих напряжений, поэтому для оптимизации его состава необходимо использовать показатель, характеризующий его сдвигоустойчивость.

В настоящее время к показателям, характеризующим сдвигоустойчивость асфальтобетонов по СТБ 1033 [1], относятся: предел прочности при сжатии, предел прочности при сдвиге и индекс сопротивления пластическим деформациям.

Метод определения предела прочности при сдвиге и метод определения индекса сопротивления пластическим деформациям являются малоприменимыми и неудобными для крупнозернистых асфальтобетонов, так как при увеличении крупности зерен заполнителя (при испытании крупнозернистых асфальтобетонов) метод становится громоздким. Увеличение размера образца для испытаний требует увеличения размеров формы для испытаний и ее массы, а также мощности испытательного оборудования (пресса).

Наиболее приемлемым методом определения сдвигоустойчивости пористых крупнозернистых асфальтобетонов является определение предела прочности при сжатии. Данный метод является весьма простым и широко распространенным в странах постсоветского пространства. Он может применяться без дополнительных трудозатрат.

Минусом данного метода является его недостаточная объективность. Определение прочности на сжатие цилиндрических образцов является условной характеристикой сдвигоустойчивости асфальтобетона, которая косвенно и не всегда объективно характеризует поведение асфальтобетона в реальных условиях его работы. Так, песчаные асфальтобетоны обладают большим пределом прочности при сжатии, чем щебеночные асфальтобетоны, а с увеличением содержания щебня в щебеночных асфальтобето-

нах прочность асфальтобетона при сжатии снижается. Поэтому при подборе составов асфальтобетонов с высоким содержанием щебня нужно стремиться к повышению предела прочности при сжатии не за счет уменьшения содержания щебня, а за счет оптимизации соотношения его фракций и создания плотного и сдвигоустойчивого каркаса. В этом случае высокое значение предела прочности при сжатии у высокощебенистых асфальтобетонов будет являться показателем их высокой сдвигоустойчивости.

Для исследуемых составов определяли показатель «предел прочности при сжатии при температуре 50 °С» для возможности сопоставления с требованиями, предъявляемыми к плотным асфальтобетонам.

Результаты определения предела прочности при сжатии при 50 °С представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения предела прочности при сжатии при 50 °С

Номер состава	Содержание битума, %	Предел прочности при сжатии при 50 °С $R_{сж}^{50}$, МПа
1	4,0	1,20
	4,2	1,23
	4,5	1,12
2	4,0	0,92
	4,2	1,04
	4,5	0,90
3	4,0	0,93
	4,2	1,01
	4,5	1,27
4	4,0	0,89
	4,2	0,95
	4,5	1,21
5	3,3	0,59
	3,5	0,73
	3,7	0,98
6	3,3	0,56
	3,5	0,62
	3,7	0,70
7	3,3	0,58
	3,5	0,65
	3,7	0,76

Данные, приведенные в таблице 3, показывают, что пористые крупнозернистые асфальтобетоны, содержащие в своем составе гранитные отсеы дробления, гранитный щебень общим количеством более 50 % и более 4 % битума, обладают большей прочностью при сжатии при 50 °С, нежели традиционные пористые асфальтобетоны с содержанием щебня ниже 50 %, с низким содержанием битума и использованием в составе в значительном количестве песка природного.

Низкие значения прочности при сжатии традиционных пористых асфальтобетонов объясняются высоким содержанием песка природного и низким содержанием битума.

Однако использование в составе пористых асфальтобетонов гранитных отсеов дробления и высокое содержание битума не гарантируют высокого значения предела прочности при сжатии при 50 °С. Высокое значение данного показателя обеспечивается при рационально подобранном зерновом составе и оптимальном содержании битума.

Составы № 1 и № 2 (таблица 2) содержат одинаковое количество отсева дробления и одинаковое общее количество щебня, но взятое в различном соотношении фракций. При одинаковом содержании битума состав № 1 имеет более высокое значение прочности при сжатии, чем состав № 2. Максимальная прочность асфальтобетона достигается при оптимальном содержании битума и сопоставима с прочностью плотных асфальтобетонов.

Заключение

Средняя плотность и водонасыщение пористых крупнозернистых асфальтобетонов существенным образом варьируются в зависимости от их состава, поэтому в отношении этих показателей пористых асфальтобетонов некорректно использовать усредненные значения.

Средняя плотность асфальтобетона зависит от истинной плотности его компонентов и их содержания, поэтому средняя плотность пористого асфальтобетона может варьироваться в очень широком диапазоне. Пористые асфальтобетоны, содержащие в своем составе гранитные отсеы дробления, гранитный щебень свыше 50 % и битум более 4 %, имеют высокие значения средней плотности, сопоставимые со значениями средней плотности плотных асфальтобетонов. Это необходимо учитывать при назначении норм расхода смеси при устройстве слоев асфальтобетонных покрытий и оснований из пористого асфальтобетона.

Показатель водонасыщения не может являться объективным критерием оценки качества пористых крупнозернистых асфальтобетонов. Он должен приниматься исходя из максимальной прочности (сдвигоустойчивости) пористых крупнозернистых асфальтобетонов. Наиболее приемлемым показателем для оптимизации состава пористых крупнозернистых асфальтобетонов по критерию сдвигоустойчивости является показатель «предел прочности при сжатии при 50 °С». Нормируемая величина данного показателя для пори-

стых асфальтобетонов, применяемых для дорог с высокой грузонапряженностью и интенсивностью движения, должна быть не ниже, чем для плотных асфальтобетонов [3]. Высокое значение предела прочности при сжатии пористых асфальтобетонов с высоким содержанием щебня должно обеспечиваться за счет оптимизации соотношения его фракций и создания плотного и сдвигоустойчивого каркаса, а также

оптимального содержания битума. В этом случае высокое значение предела прочности при сжатии у высокощебенистых асфальтобетонов будет являться показателем их высокой сдвигоустойчивости.

Показатель «предел прочности при сжатии при 50 °С» внесен в перечень нормируемых показателей для пористых крупнозернистых асфальтобетонов при переработке СТБ 1033 [1].

Список использованной литературы

1. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия : СТБ 1033-2004.
2. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний : СТБ 1115-2013.
3. Тимофеев, С. А., Кравченко, С. Е. Пути улучшения физико-механических свойств пористых асфальтобетонов // Автомобильные дороги и мосты. – 2011. – № 1 (7). – С. 54–58.

Статья поступила в редакцию 06.09.2015.