

Канд. техн. наук **Г.С. Бахрах**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Контакт. информация: bakhrakh35@mail.ru

Рассмотрено явление пристеночного эффекта, возникающего при формировании асфальтобетонных и асфальтогранулобетонных образцов. Показана существенно меньшая прочность при расколе образцов-«десяток» по сравнению с образцами-«семерками» во втором случае.

Ключевые слова: асфальтобетон, асфальтогранулобетон, испытание на раскол.

В последнее время в системе стандартизации дорожного хозяйства в рамках разработки предварительных национальных стандартов (ПНСТ) появилось большое число методов испытаний асфальтобетона, но вопросам приготовления и подготовки образцов не уделялось должного внимания.

В 2002 г. был введен в действие документ, регламентирующий восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодной регенерации [1], которым руководствуются до сих пор. Недавно этот документ был переработан (второй год находится на утверждении в Росавтодоре). Основные положения переработанного документа изложены в [2].

Хотя в асфальтогранулобетоне (АГБ) наибольшая крупность минеральных зерен может превышать 20 мм, диаметр лабораторных образцов-цилиндров принят равным 71,4 мм (образец-«семерка»). Большинство рецензентов документа [2] считают, что диаметр лабораторного образца должен быть принят равным 101 мм (образец-«десятка»), ссылаясь на ГОСТ 12801. Напомню, что «семерка» весит около 0,7 кг, а «десятка» около 2 кг.

Геометрия образца должна соответствовать требованиям *представительного элементарного объема* (англ. representative volume element – RVE). Это наименьший объем материала, который достаточно крупен, чтобы представлять общие свойства материала [3]. На **рис. 1** схематично показано уменьшение определяемого показателя с увеличением размера образца. С некоторого значения размера образца определяемый показатель перестает изменяться. Это и есть RVE. Например, для гиратрона установлен диаметр 150 мм для максимального размера зерен 40 мм.

Последующие исследования показали, что распределение пор в уплотненном образце не является равномерным. На наружных участках и торцах пористость образца гораздо больше, чем на внутреннем участке (*пристеночный эффект*). Б.С. Радовский объясняет это явление тем, что у стенки, в отличие от внутренней части образца, упаковка зерен более рыхлая из-за отсутствия в пристеночных порах выпуклостей соседних зерен [4].

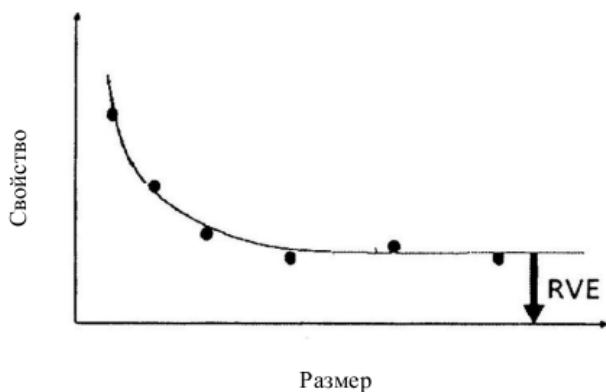


Рис. 1. Схематическое представление определения RVE (из [3])

С учетом исследований NCHRP 9-19 (англ. National Cooperative Highway Research Program – Национальная кооперативная дорожно-исследовательская программа США) окончательные размеры асфальтобетонных образцов для испытания на сжатие составляют 100 мм в диаметре и 150 мм по высоте (вырезанные из образца диаметром 150 мм и высотой 165 мм). Для испытания на растяжение образец вырезают из цилиндра высотой 178 мм. Это делается для удаления у торцов материала с более высокой пористостью, чем в центральной части. Пристеночный эффект в торцевых областях образца более критичен для испытания на растяжение, чем на сжатие. Для испытания на раскол (метод IDT – англ. Indirect Tensile – не прямое растяжение) используют образцы диаметром 101,6 мм или 152,4 мм. От керна диаметром 101,6 мм отрезают образец толщиной 50,5 мм.

Таким образом, геометрия образца зависит также от метода испытания.

Приготовление и испытание лабораторных образцов не обеспечивает хорошего прогнозирования эксплуатационных свойств асфальтобетона в полевых условиях анизотропии. В [3, с. 149] сообщается:

«Если мониторинг показывает, что лабораторный способ уплотнения систематически дает плотности существенно меньшие или большие, чем те, которые достигаются в полевых условиях под воздействием транспортной нагрузки, агентство, составляющее технические условия, должно обдумать возможность изменения методики лабораторного уплотнения...». С этим явлением автор настоящей статьи столкнулся в начале 90-х гг. XX века, изучая свойства АГБ. При сравнении плотности лабораторных образцов-«семерок», изготовленных прессованием при разных давлениях, и кернов, выяснилось, что в лабораторных условиях удастся достичь близких результатов при давлении прессования 5-10 МПа [5]. В дальнейшем было принято давление 7 МПа. Это значение включено в ГОСТ 30491– 2012, п. 6.4 [6].

В переработанном ОДМ в качестве прочностного показателя фигурирует прочность при расколе [2]. Этот показатель более информативен, чем прочность при сжатии. На рис. 2 показано испытание на раскол по методу IDT.

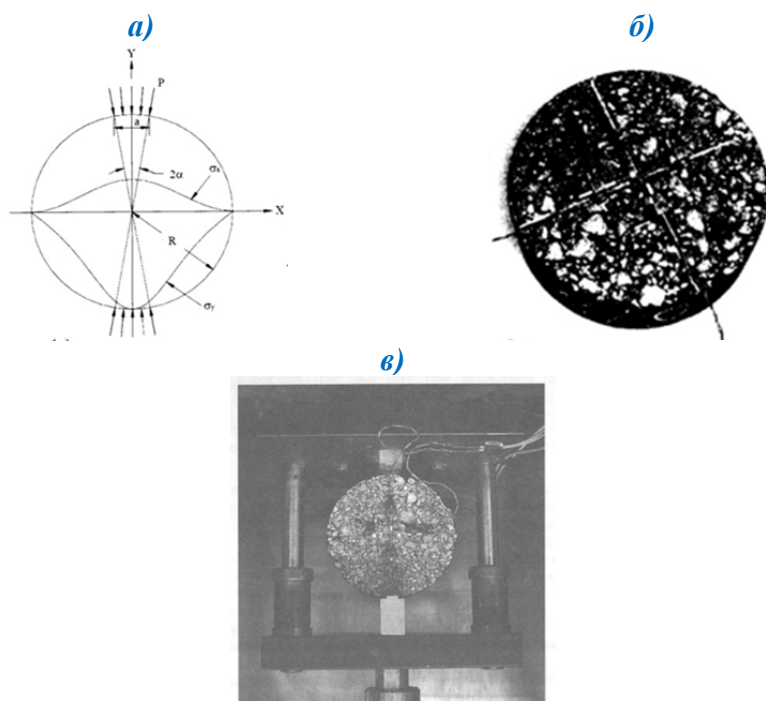


Рис. 2. Испытание образца на раскол (из [3]):
 а) распределение напряжений в нагружаемом образце;
 б) разметка образца;
 в) нагружение образца в испытательной установке

Прочность при расколе R_p , МПа, определяют по формуле;

$$R_p = 10 \cdot 2P / (\pi dh) = 6,37P / (dh) \quad (1)$$

где

P – разрушающая нагрузка, кН;
 d – диаметр образца, см;
 h – высота образца, см;
 10 – коэффициент пересчета в МПа.

Образцы испытывают при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и скорости холостого хода поршня 50 мм/мин.

Из **рис. 2 а** видно, что максимальное растягивающее напряжение возникает вдоль оси горизонтально лежащего образца, где плотность максимальна. В плоскость раскола попадают только две приторцевые зоны с повышенной пористостью. Поэтому не следует ожидать значительной разницы в плотности и прочности между образцами-«десятками» и образцами-«семерками».

Для проверки этой гипотезы в лаборатории РОСДОРНИИ была приготовлена мелкозернистая асфальтобетонная смесь, из которой отформовали образцы-«семерки» и -«десятки» (по четыре образца). Кроме того, для проверки влияния зерен крупнее 20 мм была приготовлена крупнозернистая смесь, содержащая 10% зерен крупнее 20 мм. Асфальтобетон относился к виду высокопористого и содержал 65% щебня, 31% песка, 4% минерального порошка и 3,5% битума БНД 60/90. Результаты испытаний при прочих равных условиях представлены в **табл. 1**.

Таблица 1

<i>Вид смеси</i>	<i>Размер образцов</i>	<i>Наименование показателя</i>	
		<i>Плотность (γ), г/см³</i>	<i>Прочность при расколе (R_p), МПа</i>
<i>Мелкозернистая</i>	«семерка»	2,47 ± 0,04	0,79 ± 0,13
	«десятка»	2,52 ± 0,01	0,80 ± 0,02
<i>Крупнозернистая</i>	«семерка»	2,49 ± 0,06	0,83 ± 0,10
	«десятка»	2,52 ± 0,02	0,79 ± 0,04

Примечание: плотность определяли геометрическим методом.

Из **табл. 1** следует, что разница в значениях показателей для «семерок» и «десяток» находится в пределах разброса результатов, хотя тенденция влияния размеров образца на его плотность, слабо, но прослеживается.

А как поведет себя в этом плане АГБ?

ФАУ «РОСДОРНИИ» были проведены испытания переданных сторонними организациями образцов АГБ. В **табл. 2** показаны результаты данных испытаний.

Из **табл. 2** видно, что плотность и прочность у «семерок» для всех АГБ-смесей больше, чем у «десяток», что явно указывает на наличие пристеночного эффекта. В отличие от асфальтобетона для АГБ разница в прочности оказалась существенной. В процентах ее можно вычислить по формуле:

$$\Delta R_p = 100(R_{p7} - R_{p10}) / R_{p10} , \quad (2)$$

где

R_{p7} – прочность «семерки»;

R_{p10} – прочность «десятки».

Даже для одинакового содержания щебня она может колебаться в пределах 7-17% (серии 1 и 2). Обращает на себя внимание высокое значение этого показателя для смеси с 30% щебня фракции 20/40 (35-36%) (серии 3 и 4).

Здесь, вероятно, в большей степени сказалось наличие зерен щебня крупнее 20 мм. Итак, при определении прочности АГБ с использованием «семерок» она может оказаться завышенной примерно на 15% для АГБ с крупностью зерен щебня до 20 мм и на 35% для АГБ с крупностью зерен щебня до 40 мм. Чем это может грозить?

С течением времени прочность АГБ (даже без добавки цемента) увеличивается. Из **табл. 2**, например, следует, что в возрасте 18 суток, по сравнению с возрастом 7 суток, прочность АГБ при расколе возросла на $(0,25 - 0,20)100 / 0,20 = 25\%$! Это компенсирует разницу в прочности между образцами-«семерка» и -«десятка».

Что касается АГБ с добавкой более 10% щебня крупнее 20 мм, то, после подбора состава с использованием образцов-«семерок» (без добавки щебня), образцы из подобранной смеси с добавкой щебня следует формировать размером «десятка».

Таблица 2

Результаты испытаний образцов асфальтогранулобетона

№ серии	Организация, предоставившая образцы	Состав смеси	Возраст образцов, сутки	Размер образцов	Число образцов	Наименование показателя		
						γ , г/см ³	R_p , МПа	ΔR_p , %
1	АО «Орелдорстрой»	Щ. изв. 5-20 мм – 41%; эм. – 3,1%	18	«Семерка»	3	2,29 ± 0,02	0,27 ± 0,01	17
				«Десятка»	3	2,22 ± 0,02	0,23 ± 0,01	
2		То же, но щ. гранит.; известь – 2,1%	18	«Семерка»	3	2,28 ± 0,01	0,29 ± 0,06	7
				«Десятка»	3	2,25 ± 0,00	0,27 ± 0,01	
3	ООО РГ СП «Автобан»	Щ. 20-40 мм – 30%; эм. – 2-3%	7	«Семерка»	4	2,23 ± 0,01	0,27 ± 0,04	35
«Десятка»				4	2,21 ± 0,01	0,20 ± 0,03		
4			18	«Семерка»	4	2,24 ± 0,01	0,34 ± 0,03	36
				«Десятка»	4	2,25 ± 0,01	0,25 ± 0,03	

Примечание: плотность определяли геометрическим методом; щ. изв. – щебень известняковый; эм. – эмульсия битумная ЭБДК С; щ. гранит. – щебень гранитный; щ. – щебень.

ВЫВОДЫ

1. При испытании образцов на раскол пристеночный эффект, влияющий на прочность образца, проявляется в его торцевых зонах.
2. Для асфальтобетонных образцов при испытании на раскол пристеночный эффект оказался в пределах разброса полученных результатов.
3. При испытании образцов АГБ на раскол пристеночный эффект оказался существенно значимым. Разница в прочности образцов-«десяток» и -«семерок» для мелкозернистых смесей составила 15%, а для крупнозернистых смесей – 35%.
4. Пристеночный эффект зависит от содержания щебня в АГБ.
5. Испытание мелкозернистых смесей АГБ можно проводить на образцах-«семерках». Более высокую прочность образцов-«семерок» компенсирует увеличение прочности кернов, твердеющих при высыхании покрытия.
6. Испытание крупнозернистых смесей с содержанием зерен щебня крупнее 20 мм более 10% следует проводить на образцах-«десятках».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации / Минтранс России, Гос. служба дор. хоз-ва (РОСАВТОДОР). – М.: Информавтодор, 2002. – 56 с.*
2. *Бахрах Г.С. Повторное использование асфальтобетона // Автомобильные дороги / Г.С. Бахрах. – 2015. – № 10. – С. 52-55; № 11. – С. 52-55.*
3. *Передовой зарубежный опыт. Горячие асфальтобетонные смеси, материалы, подбор составов смесей и строительство автомобильных дорог в Северной Америке / Росавтодор / NCAT / NARA; пер. с англ. яз. – 2009. – 411 с.*
4. *Радовский Б.С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США: новые тенденции (Организация и направление исследований в области цементобетонных покрытий / Б.С. Ра-*

довский // Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии». – СПб, 2010. – С. 62-70.

5. Бахрах Г.С. Перспектива развития ремонта дорожных одежд нежесткого типа методом холодной регенерации / Г.С. Бахрах. – В кн. 70 лет отраслевой дорожной науки: сб. науч. тр. – М.: Изд. ф-ма «КРУК», 1996. – С. 77-86.
6. ГОСТ 30491– 2012. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

L I T E R A T U R A

1. Metodicheskie rekomendacii po vosstanovleniju asfal'tobetonnyh pokrytij i osnovanij avtomobil'nyh dorog sposobami holodnoj regeneracii / Mintrans Rossii, Gos. sluzhba dor. hoz-va (ROSAVTODOR). – М.: Informavtodor, 2002. – 56 с.
2. Bahrah G.S. Povtornoe ispol'zovanie asfal'tobetona // Avtomobil'nye dorogi / G.S. Bahrah. – 2015. – № 10. – С. 52-55; № 11. – С. 52-55.
3. Peredovoj zarubezhnyj opyt. Gorjachie asfal'tobetonnye smesi, materialy, podbor sostavov smesej i stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog v Severnoj Amerike / Rosavtodor / NCAT / NA-PA; per. s angl. jaz. – 2009. – 411 с.
4. Radovskij B.S. Stroitel'stvo dorog s cementobetonnyimi pokrytijami v SShA: novye tendencii (Organizacija i napravlenie issledovanij v oblasti cementobetonnyh pokrytij / B.S. Radovskij // Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии». – СПб, 2010. – С. 62-70.
5. Bahrah G.S. Perspektiva razvitija remonta dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa metodom holodnoj regeneracii / G.S. Bahrah. – V kn. 70 let otraslevoj dorozhnoj nauki: sb. nauch. tr. – М.: Изд. ф-ма «КРУК», 1996. – С. 77-86.
6. GOST 30491– 2012. Smesi organomineral'nye i grunty, ukreplennye organicheskimii vjazhushhimi, dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Tehnicheskie uslovija. – М.: Standartinform, 2013. – 20 с.

**ABOUT REPRESENTATIVE SIZES OF LABORATORY SAMPLES
OF GRANULATED ASPHALT CONCRETE**

*Ph. D. (Tech.) G.S. Bakhrakh
(FAI «ROSDORNII»)*

Contact information: bakhrakh35@mail.ru

The phenomenon of wall effect arising during the formation of asphalt concrete and granulated asphalt concrete samples is considered. Significantly lower tensile strength for granulated asphalt concrete samples of 101 mm diameter compared with the ones of 71,4 mm diameter is revealed.

Key words: *asphalt concrete, granulated asphalt concrete, tensile strength test.*

Рецензенты: канд. техн. наук Л.А. Горельшева,
канд. техн. наук С.В. Полякова (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 08.02.2017 г.