

УДК 625.855

ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНУ ПО ГОСТ 9128-2013

Л.М. Гохман, к.т.н., зав. лаб. строительной компании «Дорстройтехнологии»

Аннотация. В последнее время асфальтобетонные покрытия через 1–3 года эксплуатации накапливают многочисленные дефекты, в частности трещины, и требуют ремонта. Это приводит к невозможности обеспечить нормативный срок эксплуатации дорожной одежды до капитального ремонта – минимум 12 лет. Приведён способ решения этой проблемы.

Ключевые слова: битум, асфальтобетон, полимерно-битумное вяжущее, полимерасфальтобетон, трещиностойкость, сдвигоустойчивость, дорожное покрытие.

ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО ПОЛІМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНУ ЗА ГОСТ 9128-2013

Л.М. Гохман, к.т.н., зав. лаб. будівельної компанії «Дорстройтехнології»

Анотація. Останнім часом асфальтобетонні покриття через 1–3 роки експлуатації накопичують чисельні дефекти, зокрема тріщини, і вимагають ремонту. Це призводить до неможливості забезпечити нормативний термін експлуатації дорожнього одягу до капітального ремонту – мінімум 12 років. Надано спосіб вирішення цієї проблеми.

Ключові слова: бітум, асфальтобетон, полімерно-бітумне в'язуче, полімерасфальтобетон, тріщиностійкість, зсувостійкість, дорожнє покриття.

SUBSTANTIATION OF REGULATORY REQUIREMENTS TO POLYMER-ASPHALT CONCRETE ACCORDING TO GOST 9128-2013

L. Gokhman, Ph. D. (Eng.), Head of Laboratory of Construction Company
«Dorstroitechnology»

Abstract. Recently, asphalt concrete pavements in 1–3 years of operation accumulate numerous defects, particularly, cracks and need repairing. This leads to the inability to provide a normal life time of the pavement before the overhaul at least 12 years. The article contains the solution of the problem in question.

Key words: bitumen, asphalt concrete, polymer-bitumen binder, polymer-asphalt concrete, crack resistance, shear stability, road pavement.

Введение

В декабре 2013 г. введён в действие стандарт ГОСТ 9128-2013, который впервые нормирует показатели физико-механических свойств полимерасфальтобетона, в том числе специально разработанные для оценки и регламентированного его качества, а также его идентификации и выявления преимуществ по сравнению с асфальтобетоном, показатели

трещиностойкости, усталостной прочности, глубины вдавливания штампа. Комплекс требований к полимерасфальтобетонным смесям и полимерасфальтобетону был разработан в лаборатории органических вяжущих материалов ОАО «Союздорнии» [1]. Разработка нормативных требований к полимерасфальтобетону осуществлялась на основании трёх основных принципов нормирования. Новый материал не должен уступать

или быть более высокого качества, чем применяемый для тех же целей и соответствующий действующему ГОСТ. В данном случае полимерасфальтобетон не должен уступать по качеству асфальтобетону по ГОСТ 9128–2009, то есть «действовать в направлении от достигнутого».

Не допускается сужать номенклатуру показателей качества по сравнению с имеющей место в действующем ГОСТ. При этом исключение из действующей номенклатуры хотя бы одного показателя рассматривается как ухудшение качества материала, а снижение требований по конкретному показателю требует введения дополнительного показателя или показателей, доказывающих, что качество нового материала не уступает качеству гостированного.

Предлагаемые стандартные показатели должны быть доступны для определения в заводских лабораториях на всей территории России, желательно – в течение одной рабочей смены, и, по возможности, не требовать специального оборудования.

Анализ публикаций

Принципиальное отличие полимер-асфальтобетона от асфальтобетона заключается в применении в качестве вяжущего ПБВ (по ГОСТ Р 52056-2003) вместо битума (по ГОСТ 22245-90). При этом ПБВ на основе блоксополимеров типа СБС (по ГОСТ Р 52056), в отличие от зарубежных аналогов, с учетом климатических условий России и на основе основных положений физической химии растворов полимеров, содержит в своём составе пластификатор и поверхностно-активное вещество.

Накоплен опыт применения полимерасфальтобетонов в различных климатических условиях. Всего построено к настоящему времени дорожных, мостовых и аэродромных покрытий и устроено поверхностных обработок более 5500 км, приготовлено и уложено около 4,5 млн т полимерасфальтобетонных смесей. Только в 2014 г. изготовлено и применено для изготовления полимерасфальтобетонных смесей около 190 тысяч тонн ПБВ по ГОСТ Р 52056-2003. Среди множества объектов можно отметить устроенное в 1976 г. покрытие из полимерасфальтобетона по ортотропной плите пролетного строения ван-

тового моста «Северный» через р. Днепр в Киеве в 1995–1999 гг. [2, 3].

Проведенные обследования и анализ литературных источников [1–5] показали, что срок службы покрытий увеличивается в 2–3 раза по сравнению с обычными асфальтобетонными дорожными покрытиями.

Цель и постановка задачи

Комплекс стандартных показателей ГОСТ 9128-2013 содержит, наряду с показателями, регламентирующими качество асфальтобетона по ГОСТ 9128-2009, такие важнейшие показатели как: температура трещиностойкости ($T_{тр}$), усталостная прочность (N_{50}), глубина вдавливания штампа (H_{50}). Введение этих показателей явилось, кроме того, вынужденной мерой во избежание возможных злоупотреблений при его изготовлении и применении этого дорогостоящего материала. Учитывая, что ПБВ, в отличие от битумов, характеризуется существенно большим содержанием в дисперсионной среде парафиновых углеводородов, необходимо было учесть специфику зерновых составов полимерасфальтобетонных смесей по сравнению с асфальтобетонными в части повышения содержания минерального порошка. Это обусловлено тем, что критическая концентрация структурообразования минерального порошка в полимерасфальтовяжущем выше, чем в асфальтовяжущем, особенно при высоком содержании пластификатора в ПБВ.

Принципы составления (разработки) стандартов

Повышенные тиксотропные свойства полимерно-битумных вяжущих, обусловленные наличием в них, наряду с коагуляционным каркасом из асфальтовых комплексов, развитой полимерной пространственной структурной сетки, приводит к тому, что степень разрушения их структуры всегда выше (разрушаются две пространственные структуры), чем у битумов, где, в лучшем случае (марки БНД), имеет место только коагуляционный каркас из асфальтовых комплексов. Из-за этого при истинной прочности – динамическом пределе текучести при сдвиге – систем, структурированных полимером, более высоким, чем у битумов (а следовательно, более высокой сдвигоустойчивости материалов на их основе); предел прочности при одноосном

сжатии полимерасфальтобетона (R_{50}) может быть ниже, чем для асфальтобетона того же состава. Показатель прочности на сжатие (R) определяется при напряжениях, значительно превышающих истинный предел прочности ($R_{к2}$) полимерасфальтобетона и асфальтобетона. При напряжениях, которые возникают в реальных условиях эксплуатации дорожных покрытий, когда материал покрытия исчерпал свои возможности, разрушается и пространственная структура плёнок вяжущего. Для определения $R_{к2}$ (Бингамовский предел текучести), характеризующего область напряжений, в которой упруговязкопластичный материал, в частности, асфальтобетон и полимерасфальтобетон, работает практически без разрушения структуры, в Союздорнии были проведены исследования реологических свойств песчаных асфальтобетонов и полимерасфальтобетонов, характеризующихся различными значениями R_{50} , в условиях простого сдвига при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ на когезиометре Союздорнии [3].

Полимерасфальтобетон изготавливали на основе ПБВ марки ПБВ 90, соответствующей требованиям ГОСТ Р 52056, а асфальтобетон – на основе битумов марок БНД 60/90 и БН 60/90, соответствующих требованиям ГОСТ 22245-90. Из полученных данных следует, что асфальтобетон на основе битума БНД характеризуется прочностью $R_{50}=1,3$ МПа (ГОСТ 9128), а его истинная прочность $R_{к2}$ равна $9,6 \cdot 10^3$ Па. Для достижения такого значения $R_{к2}$ предел прочности полимерасфальтобетона при одноосном сжатии R_{50} может составлять всего 0,78 МПа, то есть на 40 % ниже, что обусловлено наличием одновременно двух пространственных структур в ПБВ. Таким образом, нормативные требования к этому показателю могут быть снижены максимально на 40 %. Для достижения такого же $R_{к2}$ для асфальтобетона на основе битумов марок БН R_{50} должен составлять 1,85 МПа, то есть на 42,3 % больше, что связано с отсутствием развитой пространственной коагуляционной структуры в битумах марок БН. Необходимо отметить, что в последние годы объёмы производства битумов марок БН увеличились, что может привести к снижению сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий. Приведённые данные доказывают, что снижение нормативных требований к R_{50} даже на 40 % не снижает сдвигоустойчивость полимерасфальтобетона по сравнению с асфальтобетоном при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а

снижение этих требований всего на 10 % (ГОСТ 9128-2013), когда $R_{50}=1,17$ МПа, позволит получить $R_{к2}=11,8 \cdot 10^3$ Па, то есть на 23 % выше, чем для асфальтобетона, что гарантирует существенно более высокую сдвигоустойчивость полимерасфальтобетонных покрытий.

Ранее в Союздорнии [6] были проведены исследования реологических свойств полимерасфальтобетонов, приготовленных на основе ПБВ с 2 % и 5 % блоксополимера типа СБС с равным количеством пластификатора, и асфальтобетона, приготовленного на основе исходного битума, в статическом режиме деформирования в условиях трехточечного изгиба балочки. Анализ полученных данных [3] показал, что сопротивление сдвигу, охарактеризованное наибольшей вязкостью условно неразрушенной структуры, при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменяется от $11,6 \cdot 10^{10}$ кгс·с/см² до $15,6 \cdot 10^{10}$ кгс·с/см² – при 2 % СБС и до $31,2 \cdot 10^{10}$ кгс·с/см² – при 5 % СБС, то есть увеличивается на 34,5 % и 169 % соответственно. При этом упругость, охарактеризованная модулем деформации, увеличивается с $0,24$ кгс/см² до $0,36$ кгс/см² (на 50 %) – при 2 % СБС и до $0,96$ кгс/см² (на 300 %) – при 5 % СБС. Эти данные свидетельствуют о том, что снижение нормативных требований к пределу прочности при сжатии при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ к полимерасфальтобетону на 20 % не снижает его прочность, деформативность и сдвигоустойчивость по сравнению с асфальтобетоном. Таким образом, показано, что показатель предела прочности при сжатии является условным, практически не связанным с работоспособностью материалов в покрытиях, по двум причинам: во-первых, он определяется как усилие, необходимое для полного разрушения материала при быстром и единовременном воздействии возрастающей нагрузки, то есть характеризует его в разрушенном состоянии, а не в процессе эксплуатации; во-вторых, он искажает картину реальной работоспособности этих материалов в зависимости не только от структуры вяжущего, но и от структуры минеральной части асфальтобетона. Щебенистые асфальтобетоны (тип А и щебеночно-мастичные) существенно более сдвигоустойчивы в покрытиях, чем песчаные типа Г, хотя их прочность на сжатие при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, гораздо ниже (на 18 % типа А и на 35 % ЩМА). Скептическое отношение к пределу прочности при одноосном сжатии высказывали многие известные и авторитет-

ные учёные: профессора Н.Н. Иванов, С.В. Шестопёров, Н.В. Горелышев и другие.

Для того, чтобы соблюсти принцип нормирования в отношении сужения номенклатуры показателя, а в будущем, при накоплении достаточного количества практических данных, и исключить этот показатель из номенклатуры показателей, регламентирующих в ГОСТах качество асфальтобетона, и оценивать его более объективно, были разработаны в лаборатории асфальтобетонных покрытий Союздорнии (ГОСТ 9128-97) методы определения сдвигоустойчивости асфальтобетона по коэффициенту внутреннего трения ($\text{tg}\varphi$) и по сцеплению (C_{50}) при 50 °С. Эти показатели исключают рассмотренное выше противоречие [7].

Результаты экспериментальных исследований

В процессе разработки нормативных требований к полимерасфальтобетону были проведены сопоставительные исследования полимерасфальтобетонов типов А, Б, В, Г, Д на основе ПБВ марок ПБВ 300, ПБВ 200, ПБВ130, ПБВ90, ПБВ 60, ПБВ 40 по ГОСТ Р 52056-2003 и асфальтобетонов типов А, Б, В, Г, Д на основе битумов, представляющих весь диапазон по вязкости, марок БНД 60/90 и БНД 200/300 по ГОСТ 22245-90 [1].

Полученные результаты свидетельствуют о более высокой сдвигоустойчивости полимерасфальтобетона (табл. 1).

Таблица 1 Сравнение показателей сдвигоустойчивости и усталостной прочности полимерасфальтобетонов и асфальтобетонов при 50 °С

Марка вяжущего	Тип смеси	Показатели для сдвигоустойчивости, %		Показатели усталости и вдавливания штампа, %	
		$\text{tg}\varphi$	C_{50}	N_{50}	H_{50}
БНД 200/300 и ПБВ200	А	4,5	28,0	200	6,7
	Б	2,4	6,2	75	17,4
	В	2,5	11,0	150	20,6
	Г	6,5	10,5	100	22,5
	Д	6,9	17,5	200	15,0
Сумма		22,8	73,2	725	82,2
БНД 60/90 и ПБВ60	А	3,5	16,7	63,6	10,4
	Б	3,5	31,0	150	15,0
	В	1,2	4,8	100	0,0
	Г	10,8	28,0	89	2,2
	Д	2,5	5,8	350	7,1
Сумма		21,5	73,8	752	34,7
Общая сумма		44,3	159,5	1477	116,9

При этом преимущества полимерасфальтобетона по сравнению с асфальтобетоном в наибольшей степени проявляются при определении показателя его усталостной прочности N_{50} . Особенно это касается типа Д. Это позволяет предположить возможность расширения области применения песчаных полимерасфальтобетонных смесей типа Д. Влияние вязкости (изменение марки от ПБВ 300 до ПБВ 40) ПБВ для полимерасфальтобетонных смесей всех типов (А, Б, В, Г, Д) существенно в большей степени (в несколько раз) проявляется при определении специальных показателей (глубины вдавливания штампа и усталостной прочности), по сравнению с показателями коэффициента внутреннего трения и по сцеплению.

По устойчивости полимерасфальтобетона, по сравнению с асфальтобетоном, против образования трещин на покрытиях дорог, мостов и аэродромов при отрицательных температурах воздуха и динамическом воздействии от колёс автомобилей полимерасфальтобетон характеризуется наиболее существенными, принципиальными преимуществами: в зависимости от значения температуры хрупкости ПБВ может характеризоваться требуемыми для климатических условий значениями показателя температуры трещиностойкости в пределах от минус 15 °С до минус 63 °С. В то же время асфальтобетон, независимо от качества и марки битума, не выдерживает требования по температуре трещиностойкости ниже минус 15 °С, то есть не обеспечивает требуемую трещиностойкость покрытий

на 99 % территории, так как температура хрупкости вязких дорожных битумов по ГОСТ 22245 не может быть ниже минус 20 °С. Это качество асфальтобетона иллюстрируется повсеместным образованием трещин на асфальтобетонных покрытиях дорог, мостов и аэродромов часто уже после первого года эксплуатации. В связи с этим ГОСТ 9128-2013 регламентирует требования к специальному показателю – температуре трещиностойкости полимерасфальтобетона в соответствии с принципом: «нормы трещиностойкости не должны быть выше температуры воздуха наиболее холодных суток, значения которых приведены в действующих нормативно-технических документах».

Испытания по определению глубины вдавливания штампа проводятся в условиях, близких к эксплуатационным. При этом образец продавливается штампом на глубину нескольких миллиметров, сопоставимую с допустимыми неровностями на покрытии. Как показано в табл.1, он более чувствителен к сдвигоустойчивости, чем C_{50} и $tq\phi$.

Как показали многолетние наблюдения за участками верхних слоев покрытий автомобильных дорог, мостов, аэродромов, построенных с применением разжиженных ПБВ [3], в соответствии с ТУ 35 1669-88, где нормировалось для полимерасфальтобетонов снижение R_{50} – на 10 %, а R_{20} – на 20 % по сравнению с асфальтобетоном, несмотря на более низкое значение R_{50} , колеб, волн, наплывов в течение многих лет эксплуатации не наблюдалось.

На основе натуральных наблюдений в данном стандарте снижены требования к пределам прочности: при 50 °С – на 10 %, при 20 °С – на 20 % – для всех видов полимерасфальтобетонов. При этом соответствие показателей сдвигоустойчивости (C_{50} , $tq\phi$) требованиям, предъявляемым к асфальтобетону, гарантировано. Снижая требования к R_{50} , можно существенно повысить требования к деформативности полимерасфальтобетонов при 0 °С. Предел прочности при сжатии при 0 °С снижен на 15 % – при применении ПБВ 40 и ПБВ 60 и на 33–40 % – при применении ПБВ 90, ПБВ 130, ПБВ 200, ПБВ 300, что обеспечивает более высокую деформативность и трещиностойкость полимерасфальтобетона по сравнению с асфальтобетоном. Это согласуется с данными [3, 4], согласно

которым равновесный модуль деформации полимерасфальтобетона при минус 20 °С ниже, чем для асфальтобетона, более чем в 6 раз.

Опыт применения полимерасфальтобетонных смесей типа А с использованием ПБВ на основе СБС с пластификатором – маслом марки И-40А при устройстве покрытия показал, что водонасыщение кернов из покрытия, при коэффициенте уплотнения не менее 0,99, в среднем в 1,6 раза ниже водонасыщения переформованных из них образцов. При этом коэффициент длительной водостойкости соответствовал требованиям ГОСТ 9128, предъявляемым к асфальтобетону. Это позволяет снизить нормы водонасыщения (W) и остаточной пористости (V_o) по сравнению с асфальтобетоном и получить водо- и морозостойкие покрытия с достаточно высокой сдвигоустойчивостью при положительных температурах и трещиностойкостью – при отрицательных. Особенности состава полимерасфальтобетона заключаются в необходимости: увеличения зерен мельче 0,071 мм в полимерасфальтовяжущем для смесей типов В, Г и Д – при применении ПБВ 200 и ПБВ 300 и повышения содержания полимербитумного вяжущего. Для определения границы работоспособности полимерасфальтобетона в области отрицательных температур предложен метод, основанный на условиях эксплуатации покрытия. Критерием назначения норм трещиностойкости является температура воздуха наиболее холодных суток района эксплуатации, в соответствии со СНиП 23.01.09 «Строительная климатология».

ПБВ на основе СБС характеризуется значительно большей эластичностью, чем битумы, следовательно, доля упругих (обратимых) деформаций (более 70 %) позволяет обеспечить полимерасфальтобетонам повышенную динамическую устойчивость при многократном воздействии колес автомобилей на покрытие, т.е. повышенную долговременную прочность.

Выводы

Известные теоретические положения, экспериментальные данные и опыт внедрения полимерасфальтобетона позволяют увеличить сроки службы дорожных покрытий в России без дефектов в виде трещин, сдвигов, выбоин

и т.п. до 12 и более лет только при соблюдении следующих условий.

В техническом задании на проектирование и проекте, наряду с маркой полимерасфальтобетона, требованиями к нему по ГОСТ 9128-2013, должны быть установлены региональные требования относительно: температур размягчения и хрупкости ПБР (по ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ 52056), температуры трещиностойкости полимерасфальтобетона (ГОСТ 9128-2013), показателей его усталостной прочности и глубины вдавливания штампа (по ГОСТ 9128-13).

В процессе производства работ по устройству покрытия из полимерасфальтобетонных смесей рекомендуется выполнять поверхностную обработку на основе ПБВ, возобновляемую каждые 5 лет в целях повышения водо- и морозостойкости покрытия, исключения износа и обеспечения требуемой безопасности движения автомобилей. В целях исключения образования отраженных трещин на покрытиях, подгрунтовка под слоем полимерасфальтобетонного покрытия должна обладать комплексом свойств, позволяющим ей выполнять одновременно роль трещинопрерывающей прослойки в течение межремонтного срока службы покрытия.

В проекте должны быть предусмотрены работы, обеспечивающие: водоотвод, надёжно функционирующий вплоть до капитального ремонта, – как поверхностный, так и дренаж; требуемую капитальность дорожной одежды; учёт сезонных колебаний модулей упругости грунтов земляного полотна; исключение проблем, связанных с использованием глинистых и суглинистых, а также неукреплённых грунтов.

Литература

1. Гохман Л.М. Проект ГОСТ Р «Смеси полимерасфальтобетонные дорожные, аэродромные и полимерасфальтобетон. Технические условия» / Л.М. Гохман, О.В. Гавриленко // Автомобильные дороги. – 2008. – №8. – С. 104–113.
2. Гохман Л.М. История разработки и проблемы с внедрением ПБВ в России. / Л.М. Гохман // Автомобильные дороги. – 2013. – №8. – С. 66–69.
3. Гохман Л.М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС / Л.М. Гохман – М.: ЗАО Экон-Информ, 2004. – 584 с.
4. Bitumen and bituminous binders. Specification framework for polymer modified bitumens : EN 14023 – London.: BSI. – 2010. – 34 p.
5. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве / под общ. ред. В.А. Золотарева, В.И. Братчуна; пер. с франц. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 300 с.
6. Гохман Л.М. Исследование деформационной устойчивости асфальтобетона с применением ПБВ (на основе ДСТ) в статическом и динамическом режимах деформирования / Л.М. Гохман, В.А. Золотарёв, Л.Б. Гезенцевей // Труды Союздорнии. – 1977. – Вып. 89. – С. 68–87.
7. Кирюхин Г. Устойчивость асфальтобетонных покрытий к колееобразованию / Г. Кирюхин. – Саарбрюккен: Lambert Academic Publishing, 2014. – 272 с.

Рецензент: В.А. Золотарёв, профессор, д.т.н., ХНАДУ.