



УДК 666.964:691.327

Г.Т. Ханнанова – инженер

И.Б. Струговец – кандидат технических наук

Ш.Х. Аминов – кандидат технических наук

Тел.: (347) 228-83-15, e-mail: infodor@mail.ru

ГУП «Башкиравтодор»

И.В. Недосеко – доктор технических наук, профессор

Тел.: (347) 243-14-19, e-mail: info@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В СОСТАВАХ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

АННОТАЦИЯ

Исследования по применению пиритных огарков в составах асфальтобетонов показывают, что имеется возможность значительного расширения сырьевой базы минеральных материалов для строительства дорог за счет полной или частичной замены дорогостоящих доломитовой муки и мелких щебеночных фракций на отходы производства. При этом улучшается экологическая обстановка за счет вовлечения в производство невостребованного пиритного огарка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пиритный огарок, составы асфальтобетонов, строительство дорог, щебеночные фракции, отходы производства.

G. T. Khannanova – engineer

I. B. Strugovets – candidate of technical science

S. H. Aminov – candidate of technical science

Tel.: (347) 228-83-15, e-mail: infodor@mail.ru

SUE «Bashkirautodor»

I. V. Nedoseko – doctor of technical science, professor

Tel.: (347) 243-14-19, e-mail: info@mail.ru

Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)

THE USE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE COMPOSITION OF STONE MASTIC ASPHALT CONCRETE

ABSTRACT

The research on the use of pyrite dross in the composition of asphalt concrete shows that it is possible to expend greatly the raw materials of minerals for the constructions of roads at the expense of full or partial change of the expensive dolomitic flour and crushed stone fines on the industrial waste. At that the ecological situation improves due to the introduction of pyrite dross to the production.

KEYWORDS: pyrite dross, the composition of asphalt concrete, the constructions of roads, crushed stone fines, industrial waste.

Проблема повышения эффективности и качества дорожных покрытий неразрешима без разработки и внедрения современных композиционных материалов и технологий дорожного строительства, обеспечивающих их технологичность и высокие эксплуатационные характеристики. Транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации близко к исчерпанию своей несущей способности. Сложившаяся ситуация усугубляется постоянным

увеличением нагрузки на дорожные покрытия, что обусловлено быстрым ростом числа транспортных средств в стране. Причем, в последние годы, особенно на дорогах высоких категорий, в связи со значительно возросшим транспортным потоком, применением ошипованной резины, а также в результате широкого применения односкатных баллонов на грузовых автомобилях и, как следствие, увеличения нагрузки на ось выше нормативной, все острее стала возникать проблема образования колеи.

В ходе изучения мирового опыта выяснилось, что подобные проблемы и пути выхода из них коснулись дорожные службы Германии середине 60-х годов прошлого столетия, когда была изобретена шипованная колесная резина. На трассах, в особенности на скоростных, стали появляться колеи, которые с точки зрения обострения ситуации с безопасностью дорожного движения ни в чем не уступали гололеду.

Была предложена и испытана технология заливки колеи специальной мастикой с последующей присыпкой щебнем и уплотнением. Мастика с составом: 40-50 % от веса – песок 0-2 мм, 30-35 % от веса – минеральный порошок и 25 % – битум изготавливалась на заводах литого асфальта и развозилась в специальных машинах с миксером при 250 °С. Далее она вручную распределялась по поверхности и присыпалась щебнем 5-8 мм. Полученную смесь с соотношением: 30 % от объема мастика и 70 % от объема щебень – прикатывали катком. Восстановленные по этой технологии участки дорожного полотна показали в ходе эксплуатации высокую степень сопротивления последующему износу. Однако подобная технология имела ряд существенных недостатков: большой объем ручных работ и, как следствие, низкая производительность и высокая стоимость работ, к тому же поверхность не всегда получалась однородной.

Следующим этапом было создание щебеночно-мастичной смеси на АБЗ. Состав смеси был следующим: 75 % щебень 5-8 мм, 15 % песок 0-2 мм, 10 % мин. порошок, битум 7 % от общего веса, компоненты смешивались при температуре 180 °С. Недостатком технологии было вытекание вяжущего в процессе транспортировки смеси.

30 июля 1968 года считается датой «рождения» щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА). Компания «Strabag» предложила и получила патент на идею в использовании «Натуральных волокон» в качестве стабилизирующей добавки. Именно эти волокна не позволяли битумному вяжущему растекаться в процессе транспортировки.

ЩМА сразу продемонстрировал свои прекрасные эксплуатационные качества и в 1984 году был принят первый национальный стандарт Германии на его спецификацию и применение. С тех пор данный вид асфальта нашел свое распространение во многих странах. В настоящий момент ЩМА используется в качестве верхнего дорожного покрытия в аэропортах, на мостах и в речных портах таких стран, как США, ЮАР, Китай, Норвегия, Финляндия, Швеция, Франция и множества других.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон в России известен достаточно давно. Проблема применения ЩМА в России состояла в том, что до настоящего времени отсутствовала приемлемая для местных условий стабилизирующая добавка. Начиная с 1999 года, появился ряд компаний, которые предложили использовать в качестве стабилизирующих добавок целлюлозные волокна или гранулы на их основе типа «Viator» и «Topcel», а также на основе асбоцементных волокон типа «Хризотоп».

Начиная с 2000 г., в России в различных климатических регионах уложено более 6 000 000 м² покрытия из ЩМА. Процесс внедрения данной технологии с каждым годом расширяется. Разработан и внедрён межгосударственный стандарт ГОСТ 31015-2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные».

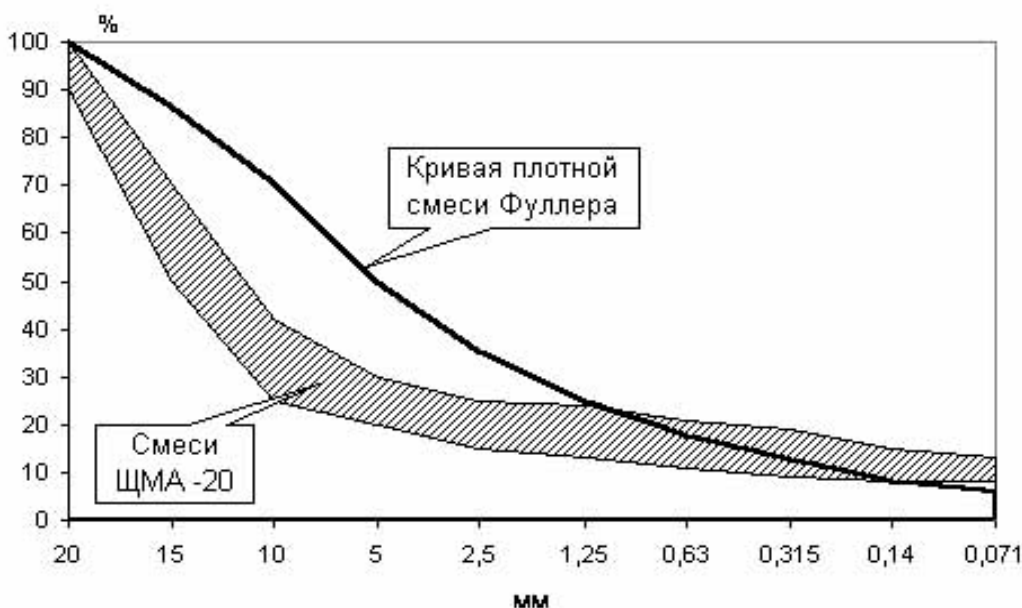


Рис. 1. Сравнение гранулометрического состава плотной асфальтобетонной смеси и щебеночно-мастичного асфальтобетона



ЩМА по входящим в состав компонентам практически не отличается от остальных горячих асфальтобетонных смесей. Единственное отличие в компонентах состава – это применение специальных стабилизирующих добавок, для предотвращения стекания битума при транспортировании и укладке смеси. Однако, к смесям ЩМА, как стоящим на более высокой ступени в эволюции развития горячих асфальтобетонных смесей, нельзя подходить со стандартными мерками. Для получения дорожной поверхности, соответствующей всем характеристикам, присущим смесям ЩМА, в обязательном порядке необходимо применение высококачественных материалов. Если щебень, то только кубовидной формы и количество частиц пластинчатой и чешуйчатой формы не должно превышать 10 %, а песок – то только из отсевов дробления. Кроме этого, в обязательном порядке необходимо иметь пофракционный состав инертного материала, соответствующего подобранной в лаборатории спецификации смеси.

Специфические характеристики ЩМА обусловлены составом смеси, состоящей из щебеночного скелета, в котором все пустоты между крупным щебнем заполнены смесью битума с дробленным песком, минеральным порошком и стабилизирующей добавкой (битумная мастика).

В зависимости от типа ЩМА его структура строится на следующих размерах щебня: 2-6 мм, 4-8 мм, 6-11 мм или 8-16 мм. В некоторых странах применяют более крупный щебень 16-20 мм. Особенно это характерно для северных стран с устойчивым снежным покровом и связано с массовым применением ошипованных шин в зимний период.

Принципиальная разница между ЩМА и обычным асфальтобетоном заключается в том, что допуск на размер щебня в асфальтобетонной смеси намного шире, чем в ЩМА, повышенным содержанием щебня и присутствием неструктурированного битума в асфальтовом вяжущем. Сравнение типичных кривых распределения зёрен плотной асфальтобетонной смеси и щебёночно-мастичной асфальтобетонной смеси выявляют разницу в гранулометрическом составе минеральных материалов (рис. 1).

Обусловлено это наличием большего объема пустот в асфальтобетонной смеси, которые необходимо заполнить более мелкими фракциями. В ЩМА основную структуру составляет крупный щебень, а мелкий служит только для создания «мастики», заполняющей пустое межзёрновое пространство в щебеночном скелете. Мастика состоит из битума, песка, минерального порошка, стабилизирующей добавки (рис. 2).

Мастика, в которой битум находится в свободном состоянии (содержание битумного вяжущего составляет от 6,3 до 7,0 %), придаёт материалу устойчивость к воздействию природно-климатических факторов. Высокое содержание битума в ЩМА –

смеси требует применения битумоносителей волокон или гранул-стабилизирующей добавки, чтобы исключить стекание битума во время транспортировки и укладки смеси. Основные виды добавок представлены на рис. 3.

С объемной точки зрения структура ЩМА похожа на структуру пористого асфальта, которая также образовывается крупным каменным материалом, но в пористом асфальте пространство между каменным материалом заполняется только на 80 % от объема, а в ЩМА объем незаполненного пространства составляет не более 3-6 %.

Исходя из концепции ЩМА, контакт между отдельными частицами каменного материала должен отвечать специфическим требованиям, а именно: для получения стабильной структуры должны быть особые требования к внешнему виду каменного материала. Он должен быть обязательно дроблёный и желателен кубовидной формы.

Известно, что основными критериями при выборе типа асфальта для верхнего слоя дорожной поверхности являются следующие функциональные характеристики применяемых материалов с учетом себестоимости укладки:

- коэффициент сцепления;
- устойчивость к образованию колеи;
- уровень шума;
- долговечность;
- обзорность.

Кроме этого, в последнее время существенную роль стала играть такая характеристика, как возможность вторичного использования или переработки материала.

Состав ЩМА может быть подобран для улучшения коэффициента сцепления буквально при любом применении. Величина коэффициента сцепления зависит от двух принципиальных факторов:

- подбор типа каменного материала;
- выбор текстуры (шероховатости) поверхности.

В обязательном порядке должен применяться каменный материал с соответствующим уровнем шероховатости камня (УШК). Чем выше УШК, тем дольше будет противостоять камень сглаживанию под действием колес транспорта.

Шероховатость поверхности имеет решающее значение для вывода воды из-под пятна контакта шины и дорожной поверхности для силы сцепления, возникающей при проникновении резины движущегося колеса в неровности дорожной поверхности.

При применении ЩМА возможно получение различных текстур поверхности, т.к. их вид зависит от размера применяемого каменного материала и заполнения мастикой межкаменного пространства. Например, применение крупного каменного материала (0-14; 0-16) даст глубину текстуры поверхности $1,5 \div 2,0$ мм. Таким образом, варьируя

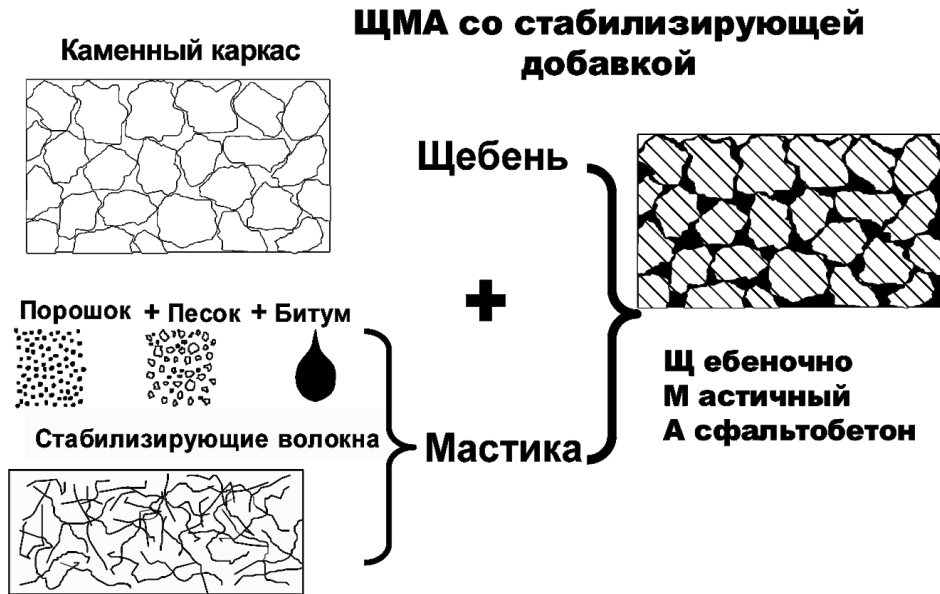


Рис. 2. Структура ЩМА

**Виды стабилизирующих добавок на основе
целлюлозных волокон**

Название	Агрегатное состояние	Содержание в смеси
Topcel	Гранулы	0,25-0,3%
Technocel	Волокна	более 0,3%
Genicel	Гранулы	0,45-0,6%
Viator 66	Гранулы	0,45%
Viator 85	Гранулы	0,4%
Arbocel	Волокна	более 0,3%

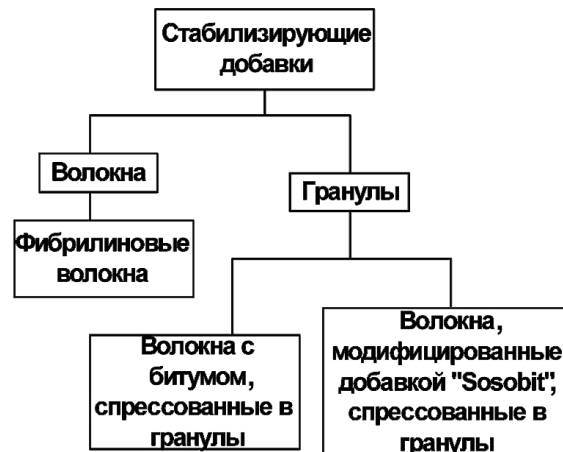


Рис. 3. Стабилизирующие добавки на основе целлюлозных волокон

размер применяемого каменного материала, можно добиться необходимой шероховатости поверхности.

Благодаря своей жесткой скелетной конструкции, когда нагрузка с поверхности передается в нижележащие слои через непосредственно контактирующие друг с другом отдельные крупные частицы каменного материала, слой ЩМА подвергается меньшим деформациям, как в поперечном, так и в продольном направлениях. Отсюда и высокая стойкость ЩМА к образованию колеи. Проведенные исследования продемонстрировали, что показатель прочности на сжатие для ЩМА в 1,5 ÷ 4 раза выше, чем для обычного асфальтобетона.

Как показывают исследования, проводимые в различных странах, применение ЩМА в качестве

верхнего покрытия уменьшает уровень шума на 2-4 Дб по сравнению с обычным асфальтобетонным покрытием. В том случае, когда требуется поверхность с крупной шероховатостью для увеличения коэффициента сцепления, применение ЩМА, по сравнению с другими асфальтобетонными покрытиями, также существенно снижает уровень шума.

ЩМА появился вследствие необходимости исправления поверхностных деформаций и усиленного износа из-за применения «ошипованных» шин. Дальнейшая эксплуатация дорог с покрытием из ЩМА показала, что данный вид покрытия решил возникшую проблему. Кроме этого, было обнаружено, что такие дефекты, как отслаивание, образование



трещин и колеи, в случае применения ЩМА практически не проявляются.

Долговечность данного покрытия объясняется наличием довольно большого процента связующей мастики, имеющей в своём составе повышенное содержание битума, которая препятствует проникновению влаги внутрь слоя.

Первые образцы покрытия ЩМА появились в середине 60-х годов. Некоторые из них уже на протяжении 30 лет находятся в хорошем состоянии без регулярного обслуживания. Опыт использования ЩМА в других странах, начиная с середины 80-х годов, также показал хорошие результаты его долговечности.

Высокая шероховатость поверхности ЩМА по сравнению с обычным асфальтобетоном позволяет большему количеству воды “скрыться” внутри текстуры, а не разливаться по поверхности. Отсюда и меньшая возможность возникновения бликов от освещения фар в ночное время.

ЩМА рекомендуется в качестве верхнего дорожного покрытия для высоконагруженных трасс. Однако, для получения качественного покрытия необходимо выполнять следующие технические условия:

- контактная нагрузка между отдельными частицами каменного материала в ЩМА больше, чем в обычном асфальтобетоне, а, следовательно, и больше возможность их абразивного разрушения. Поэтому больше внимания должно быть уделено качеству

каменного материала (прочности, форме) и технологии уплотнения, т.к. при ее несоблюдении вероятно разрушение общей структуры слоя;

- при применении ЩМА для высоконагруженных трасс необходимо уделить внимание не только составу смеси, но и толщине укладываемого слоя. Рекомендуемая толщина слоя находится в прямой зависимости от размера применяемого каменного материала. Причем, чем выше предполагаемая нагрузка, тем более тщательно необходимо подходить к подбору толщины укладываемого слоя;

- при укладке верхнего слоя необходимо иметь достаточное сцепление с нижележащим слоем, чтобы не было их взаимного скольжения;

- количеством песчаной массы в смеси можно регулировать эксплуатационные характеристики покрытия в сторону долговечности или работоспособности.

Но при этом, для того чтобы избежать или уменьшить образование колеи, необходимо чтобы нижележащие слои и основание дороги имели низкую подверженность деформациям.

Известно, что изготовление щебёночно-мастичных асфальтобетонов предусматривает более высокие температурные режимы нагрева битума, что существенно сказывается на его вяжущих свойствах и долговечности работы в асфальтобетонных покрытиях.

Качество битумов, полученных с НПЗ или нефтебазы, не всегда соответствует требованиям

Таблица 1

Сравнительный химический состав битумов, произведённых по разным технологиям

Битум	Средняя мол. масса	Отношение А / ПН %	Состав					
			Парафино-нафтеновые	Ароматика			Смолы, суммарно	Асфальтены
				Лёгкая	Средняя	Тяжёлая		
Окисленный	800	1,02	16,2	7,1	4,5	27,8	27,9	16,5
Остаточный	766	1,26	8,4	8,7	7,2	37,8	27,3	10,6
Компаундированный	737	2,81	6,9	4,5	2,1	33,1	34,0	19,4

Таблица 2

Изменение качественных показателей битумов после прогрева

Битумы	Температура размягчения, °С		Пенетрация, 0,1 мм при 25 °С		Растяжимость, см при 25 °С		Сцепление с песком	
	До прогрева	После прогрева	До прогрева	После прогрева	До прогрева	После прогрева	До прогрева	После прогрева
Окисленный	43	48	119	78	80	47	№ 2	№ 3
Остаточный	44	47,5	118	88	более 100	более 100	№ 1	№ 2
Компаундированный	43	46	110	86	более 100	более 100	№ 1	№ 1



стандарта. Но даже применение битумов, полученных по технологии окисления, которые соответствуют требованиям ГОСТ, как показывает практика, не обеспечивает требуемой долговечности дорожных покрытий. Основной причиной этого является недостаточная деформативность окисленных битумов, слабая адгезия к минеральным материалам (особенно кислого характера), низкая устойчивость к процессам старения.

При исследовании группового химического состава различных битумов, приведенных в табл. 1, показано, что неокисленные битумы содержат в своем составе незначительное количество парафино-нафтеновых углеводородов и повышенное количество полициклических ароматических соединений и смол. За счет этого они обладают повышенной растяжимостью и лучшей адгезией к минеральным материалам. Кроме того, в составе неокисленных битумов присутствуют неразрушенные структуры гетероатомов природного происхождения, которые накладывают свой отпечаток на явления адгезии и устойчивости таких битумов к процессам окислительного старения (табл. 2).

Крайне важным свойством битумов (любых) является стабильность их качества во времени как при обычных, так и при повышенных температурах. Причем вопрос стабильности следует рассматривать с двух позиций. Первая – устойчивость к процессам окислительного старения при повышенных температурах и вторая – коллоидная стабильность. Что касается коллоидной стабильности, то более высокой устойчивостью обладают системы типа «золь». Важную информацию дают исследования коллоидной структуры битумов с использованием методов малоуглового рассеяния рентгеновских лучей. Установлено, что неокисленные битумы содержат 85-87 % мелких коллоидных образований, с размерами частиц 9-10 Å и 12-13 % крупных коллоидных частиц размером 405-414 Å. Окисленные же битумы дают другое распределение, а именно: 30-31 % с размерами до 16 Å и 69-70 % крупных коллоидных частиц с размерами до 440 Å. Следовательно, неокисленные битумы являются мелкодисперсными коллоидными образованиями типа «золь», в то время как окисленный битум представляет собой в большей степени грубодисперсную систему типа «золь-гель».

Битумные системы типа «золь» более пластичны, что обеспечивается благоприятной коллоидной структурой вяжущего. Отношение содержания асфальтенов к содержанию парафино-нафтенов значительно выше в неокисленных битумах (табл. 1), что является прямым свидетельством их высокого качества. Асфальтобетоны, изготовленные на основе неокисленных битумов, обладают гидрофобными свойствами, а гидрофобность уже напрямую связана с водостойкостью. В свою очередь, повышенная водостойкость увеличивает долговечность службы дорожного покрытия.

При оценке термической стабильности битумы подвергали нагреву до 163 °С в течение 5 часов в тонкой пленке 2-3 мм. Результаты испытаний представлены в табл. 2. Следовательно, термостабильность неокисленных битумов заметно выше. Окисленные битумы, подвергшиеся термообработке, в большей степени теряют пластичность, растяжимость, ухудшаются также их адгезионные характеристики.

В связи с тем, что температурный режим укладки ЩМА выше, чем обычного асфальтобетона, на стандартных (окисленных) битумах, получаемых по технологии прямого окисления нефтяных остатков, достаточно сложно получить качественные и долговечные покрытия, даже при применении качественных инертных материалов и строгом соблюдении технологических режимов. Поэтому в качестве связующего для ЩМА рекомендуется использование термостабильных неокисленных битумов марок БНН, промышленное производство которых освоено на ряде заводов, в частности, по технологии института ГУП «Нефтехимпереработка» на ОАО «Уфанефтехим» и ОАО «Ухтинский нефтеперерабатывающий завод».

В настоящее время для промышленного производства ЩМА в республике Башкортостан смонтирован высокопроизводительный асфальтобетонный завод фирмы «AMMAN», который дооборудован узлом подачи стабилизирующих добавок. Намечен ремонт покрытия участка автодороги Уфа – Инзер – Белорецк протяженностью 3 км. В последующие годы планируется значительное увеличение объемов производства щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Литература

1. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Ханнанова Г.Т. Повышение долговечности асфальтобетонных покрытий на основе применения щебеночно-мастичного асфальтобетона // Десятые академические чтения РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза – Казань, 2006. – С. 495-500.
2. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Ханнанова Г.Т., Бабков В.В., Недосеко И.В. Использование пиритного огарка в качестве минерального наполнителя в асфальтобетонах // Строительные материалы, 2007, № 9. – С. 42-43.
3. Илиополов С.К., Мардиросова И.В., Углова Е.В., Безродный О.К. Органические вяжущие для дорожного строительства. – Ростов н/Д: ДортрансНИИ, РГСУ, 2003.
4. Аминов Ш.Х., Куткин Ю.А., Струговец И.Б., Теляшев Э.Г. Современные битумные вяжущие и асфальтобетоны на их основе. – СПб.: ООО «Недра», 2007.