



УДК 691.16

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ БИТУМНО-РЕЗИНОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАСТИК ХОЛОДНОГО ПРИМЕНЕНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В.В. Алексеенко, К.Ю. Лебедева

**DEVELOPING BITUMEN-RUBBER COMPOSITE OF THE COLD APPLICATION
AND THEIR USE IN THE ROAD BUILDING**

V.V. Alekseenko, K.Y. Lebedeva

Аннотация. Холодный асфальтобетон в настоящее время является наиболее перспективным материалом для ремонта асфальтобетонных покрытий в холодные периоды года. В наших сибирских условиях – это практически вся весна и вся осень. Этот материал фигурирует в ГОСТ 9128-2009 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.», но практически не используется в реальной практике. Проблема заключается в том, что для долговечного холодного асфальтобетона необходимы качественные вяжущие, которые невозможно получить на основе окисленных дорожных битумов по ГОСТ 22245-90. Для получения холодного асфальтобетона, который будет служить многие годы необходимо использовать мастики холодного применения на глубоко модифицированных битумных вяжущих.

Ключевые слова: битумно-резиновые композиционные вяжущие; физико-механические характеристики; холодный асфальтобетон; мастики холодного применения.

Abstract: Cold asphalt is currently the most promising materials for the repair of asphalt concrete pavement in the cold season. Our Siberian conditions - is practically all spring and all fall. This material appears in ISO 9128-2009 «Mixtures of asphalt road, airfield and asphalt. Specifications.», but is hardly used in actual practice. The problem is that for lasting cold asphalt binders need high quality, which can not be obtained on the basis of oxidized road bitumen GOST 22245-90. For cold asphalt concrete, which will serve for many years need to use mastic on the deep cold application of modified asphalt binders.

Keywords: bitumen-rubber composite binders; physical and mechanical properties; cold asphalt; mastic cold application.

Мастики холодного применения являются очень удобным продуктом, так как их можно использовать в холодном (естественном) состоянии. Основная технология получения таких мастик – это разжижение вязкого вяжущего (обычно это битум) растворителем. Одна из главных проблем данного способа заключается в значительном ухудшении свойств вяжущего (даже после высыхания) после смешения его с растворителем, причём наблюдается такая тенденция: чем больше процентное содержание растворителя, тем хуже свойства холодной мастики. Поэтому для создания хорошей холодной мастики необходимо создать мастику, обладающую оптимальной вязкостью и подобрать хороший растворитель. Хороший растворитель не значительно изменяет свойства вяжущего и разжижает его при минимальной дозировке, т.е. растворитель должен иметь совместимость с полимерными молекулами, содержащимися в модифицированном вяжущем. В некоторых случаях растворитель может состоять из смеси веществ, каждое из которых выполняет определённую функцию в составе холодной мастики.

На первом этапе разработан состав вяжущего, которое обладает наилучшими физико-механическими характеристиками и являлось основой для разработки холодной мастики. В

настоящее время распространённым способом улучшения физико-механических характеристик органических вяжущих является их модификация полимерами. Использование битумнополимерных и битумнорезиновых композиционных вяжущих значительно улучшает свойства битума и, что не менее важно, повышает долговечность дорожных и кровельных материалов. С другой стороны стоимость битумнополимерных материалов в разы превышает стоимость битума марки БНД, что ограничивает область их применения. Наиболее перспективным модификатором битума может выступать резиновая крошка из автомобильных покрышек. Так как, во-первых, резиновая крошка значительно дешевле сырья из полимеров, во-вторых, одновременно с задачей улучшения качества органических вяжущих решается проблема утилизации автомобильных покрышек. Тем более, что в Иркутском регионе освоена технология получения битумнорезиновых вяжущих [4].

Помимо резиновой крошки композиционное вяжущее может содержать ароматические масла (улучшающие растворение резины в битуме), пластификаторы, минеральные добавки (обычно повышают теплостойкость композита), и другие материалы, изменяющие конкретные физико-механические параметры композита. Данная работа посвящена разработке и исследованию мастик для конкретного вида работ, а именно: заливка трещин в асфальтобетонных покрытиях, производство холодного асфальтобетона и ремонта мягких кровель. Такие мастики должны иметь хорошую морозо- и теплостойкость, хорошую адгезию к большинству материалов, а материалы для заливки трещин и хорошую износостойкость. В целях понижения стоимости композиционного вяжущего использованы добавки, которые являются отходами различных производств и к тому же достаточно доступны, т.е. образуются в больших количествах.

Основными измеряемыми параметрами являлись температура хрупкости по Фраасу, которая характеризует морозостойкость композита, и температура размягчения по «кольцу и шару», которая характеризует теплостойкость. Величина адгезии к каменным материалам измерялась по методу «А» ГОСТ 11508-78 и все образцы композита выдерживали испытания. Таким образом, адгезия битумно-резинового композиционного вяжущего ко всем каменным материалам отличная.

Измерения температуры размягчения проводились на автоматическом аппарате КиШ-20М4 по ГОСТ 11506-73. Измерения температуры хрупкости проводились на автоматическом аппарате АТХ-20. Композиционное вяжущее приготавливалось на основе битума марки БНД 90/130 производства АНКХ г. Ангарск, температура хрупкости -21°C ., температура размягчения $+46^{\circ}\text{C}$. В качестве растворяющего агента использовалась тяжёлая смола пиролиза выпускаемая АНКХ [5]. Резиновая крошка (далее «резина») получалась из отработанных автомобильных покрышек на предприятии ИП Митюгин г.Братск. Микрокремнезём с примесью углеродных наночастиц (далее «м.у.»), каменноугольный (далее «к.п.») и нефтяной (далее «н.п.») пек являются отходами производства Братского алюминиевого завода, минеральный порошок (далее «м.п.») производится Олхинским известковым заводом г.Шелехов. В качестве пластификатора использовались отработанные обезвоженные масла.

Оптимальное содержание резины в композите составляет 20-25% по массе. При таком содержании резины наблюдается минимальная температура хрупкости и приемлемая для дорожных строителей температура размягчения. Поэтому в исследованиях содержание резины почти всегда находилось в данном диапазоне. В этом случае можно говорить о растворении (девулканизации) резины, так как у композита температура хрупкости ниже, чем у битума, а температура размягчения выше. Аналогичное явление наблюдается при растворении в битуме искусственных полимеров [3]. Далее принята следующая система обозначений в таблицах. В каждом столбце под названием ингредиента приводится его массовая доля в процентах, в данном образце композита, содержание битума равно 100% минус сумма всех ингредиентов в строке. Под отвердителем имеются ввиду компоненты,

повышающие температуру размягчения и в соответствующих ячейках помимо процентного содержания указывается вид отвердителя.

На первом этапе было проведено исследование физико-механических характеристик композита в зависимости от содержания тяжёлой смолы пиролиза и минеральных добавок (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Физико-механические свойства мастик

№	Резина	Смола	Отвердитель	Пластификатор	Тем-ра хрупкости, °С	Тем-ра размягчения, °С
1	21	10	9 м.п	3	-27,0	+46,3
2	22	12	0	7	-31,6	+49,7
3	22	16	0	3	-32,0	+56,3
4	22	15	6 м.п.	4	-31,6	+61,9

Таким образом, повышение содержания ароматического масла приводит к улучшению растворения резины, что благотворно отражается на температуре размягчения. Добавление мин. порошка повышает теплостойкость не ухудшая морозостойкость композита. Ароматическое и отработанное масло являются разжижителями битума и тот факт, что температура размягчения образцов выше, чем у исходного битума говорит о растворении резиновой крошки. Образец №1 как раз демонстрирует, что плохое растворение резины не компенсируется увеличением содержания отвердителя. Состав №4 демонстрирует очень хорошие физико-механические характеристики и может использоваться в качестве мастики для заделки трещин в асфальтобетонных покрытиях, для ремонта кровель и даже в качестве заменителя битума при производстве асфальтобетона. Заметно, что все используемые ингредиенты имеют стоимость меньше чем битум марки БНД 90/130. Единственная проблема в том, что ароматическое масло имеет достаточно сильный запах. Поэтому в дальнейших исследованиях минимизировали его содержание.

Процесс девулканизации резины, обеспечивающий изменение свойств мастики, зависит не только от содержания ароматического масла, но также от других параметров обработки: температура растворения, интенсивность механического воздействия и т.п. В таблице 2 представлены результаты, полученные при минимальном содержании ароматического масла и при дополнительных воздействиях на композит.

Таблица 2 - Физико-механические свойства мастик после доп.обработки

№	Резина	Смола	Отвердитель	Пластификатор	Темп-ра хрупкости, °С	Темп-ра размягчения, °С
1	21	10	9 м.п.	3	-35,0	+48,3
2	21	10	9 м.п	3	-36,0	+50,6
3	21	10	9 м.п.+ 10 м.у.	3	-34,0	+59,5
4	21	10	9 м.п.+ 10 к.п.	3	-34,0	+54

Состав №1 приготовлен на промышленной установке и имеет визуальные неоднородности размером 1-3 мм. Составы №2-4 дополнительно обработаны на лабораторном высокоскоростном диспергаторе, в течении 1-2 минут, и визуально однородны. Кроме того, составы приведённые в таблице №2 приготовлены при температуре на 10-15°С. выше, чем составы из таблицы 1. Повышение температуры приводит к частичной деструкции полимерных молекул резины и это приводит к дополнительной пластификации (понижению температуры хрупкости) композита. Для того, чтобы повысить температуру размягчения необходимо добавлять отвердители. Очень сильное воздействие на температуру

размягчения оказывает микрокремнезём с большой примесью углеродных частиц, которые в свою очередь содержат некоторое количество наночастиц углерода. Составы №3-4 были выбраны в качестве основы для приготовления мастик холодного применения.

Для приготовления холодных мастик были выбраны следующие органические растворители: скипидар сульфатный очищенный, уайт-спирит, толуол каменноугольный, бензин растворитель для резиновой промышленности. Скипидар имеет хорошую смешиваемость с БРК, толуол – хорошо взаимодействует с полимерными молекулами, уайт-спирит и бензин – эффективно разжижают композит. Процесс смешивания производился путём пропускания смеси через кавитационный аппарат. При этом происходит резкое уменьшение размера неоднородностей, которые присутствуют в исходном битумно-резиновом композите. Использование кавитатора очень сильно улучшает технологичность процесса разжижения и качество конечного продукта. Простая схема, применяемая обычно дорожниками, растворение в ёмкости при непрерывном помешивании имеет повышенную пожароопасность, при этом необходимо применять дорогостоящие мешалки и насосы-диспергаторы.

В процессе исследований наилучшие результаты проявились для растворителя состоящего из одинаковых частей скипидара сульфатного очищенного, уайт-спирита, толуола каменноугольного и бензина растворителя для резиновой промышленности. Общее содержание растворителя в мастике лежит в диапазоне 15-20% по массе. В зависимости от содержания растворителя мастики подразделяются на марки по вязкости (пенетрации):

Таблица 3 - Марки и физико-механические характеристики мастик

Наименование показателя	Норма для марки			Метод испытания
	БРК 200	БРК 150	БРК 100	
1. Пенетрация, при 0°С., не менее*	200	150	100	По <u>ГОСТ 11501</u>
2. Количество испарившегося разжижителя, %, не менее	18	16	14	По <u>ГОСТ 11504</u>
3. Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя, °С. не ниже	50	52	54	По <u>ГОСТ 11506</u>
4. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С., не ниже	95	95	95	По <u>ГОСТ 4333</u>
5. Испытание на сцепление с мрамором и гранитом	Выдерживает в соответствии с контрольным образцом № 1			По <u>ГОСТ 11508</u> по методу А

На основе мастики БРК 150 Заказчиком в заводских условиях была изготовлена холодная мелкозернистая асфальтобетонная смесь типа Б, содержание вяжущего составляло 7,5% по массе от минеральной части. Получены следующие физико-механические показатели холодного асфальтобетона:

Таблица 4 - Физико-механические характеристики холодного асфальтобетона

№ п/п	Наименование показателей	Требования ГОСТ 9128-2009, марка 2, тип Б _х	До прогрева	После прогрева
1.	Средняя плотность асфальтобетонной смеси, г/см ³	-	2,53	2,50
2.	Водонасыщение, % по объему (после прогрева)	5,0 - 9,0	3,2	6,3
3.	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре:			
	20°С., после прогрева	1,3		1,6
	20°С., до прогрева	1	1,3	
4.	Предел прочности водонасыщенных образцов, не менее:			
	После прогрева	1		1,05
	До прогрева	0,7	0,96	
5.	Предел прочности после длительного водонасыщения, не менее:			
	После прогрева	0,8		1.06
	До прогрева	0,5	0.6	

Таким образом, асфальтобетон по всем показателям соответствует марке II и вполне пригоден для осуществления ямочного ремонта асфальтобетонных и бетонных покрытий во все периоды года. Особенно стоит подчеркнуть хорошую водостойкость асфальтобетона, так как это одно из самых больных мест этого материала: при разжижении вяжущего наиболее сильно снижается адгезия к минеральным наполнителям. На простом дорожном битуме не реально сделать холодный асфальтобетон удовлетворяющий требованиям ГОСТ, поэтому-то холодный асфальтобетон на долгие годы исчез с рынка строительных материалов. При оптимизации содержания вяжущего и гранулометрического состава (для этого необходимо максимальное использование минерального порошка из доломитовой муки) можно добиться соответствия асфальтобетона марке I. В этом случае холодный асфальтобетон может быть использован не только для ямочного ремонта, но и для устройства всего покрытия на дорогах низких категорий. Основное достоинство холодного асфальтобетона, помимо экономичности, состоит в том, что он не трескается зимой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнов Н.В. Обзор проведённой работы по применению битумно-резиновых композиционных вяжущих // НПГ «Информация и технология». М., 2004. 34 с.
2. Радзишевский П. Свойства асфальтобетона на битумно-резиновом вяжущем // Наука и техника в дорожной отрасли, 2007. № 3. С.38-41.



3. Гохман Л.М. Битумы, полимер-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон. М.: Экон, 2008, 118 с.

4. Алексеенко В.В., Житов Р.Г., Кижняев В.Н., Митюгин А.В. Новые технологии получения битумно-резиновых композиционных вяжущих для дорожного строительства // Наука и техника в дорожной отрасли, 2010. № 1. С. 25-27.

5. Кукс И.В., Дошлов О.И., Лубинский М.И. и др. Современные тенденции применения тяжёлой смолы пиролиза в производстве анодной массы // Нефтепереработка и нефтехимия, 2010. № 6. С. 33-36.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексеенко Виктор Викторович

ФГБОУ ВПО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, Россия, кандидат химических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги»,

E-mail: alavic59@yahoo.com

Alekseenko Viktor Viktorovich

FSEI NPE «Irkutsk State Technical University», Irkutsk, Russia, PhD, assistant professor of «Highways»,

E -mail: alavic59@yahoo.com

Лебедева Кристина Юрьевна

ФГБОУ ВПО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, Россия, магистрант 2 курс,

E -mail: Kristina-lebedeva@mail.ru

Lebedeva Kristina Yurevna

FSEI NPE «Irkutsk State Technical University», Irkutsk, Russia, master of the second course,

E -mail: Kristina-lebedeva@mail.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
664074, Иркутск, ул. Новокшонова, 55-19, Лебедева Кристина Юрьевна,
89500978716