

УДК 625.8

ШАБУРОВ СЕРГЕЙ СЕМЕНОВИЧ, канд. техн. наук, профессор,  
*gling@zaotrud.ru*

КИБИРЕВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ, аспирант,  
*kaiservladimir@gmail.com*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ВЯЗКОМ БИТУМЕ

В статье описана технология производства теплых асфальтобетонных смесей с использованием вязких битумов и влажного минерального заполнителя, добавляемого в смеситель, на асфальтобетонном заводе. Разработано устройство для увлажнения минерального заполнителя. Подтверждена возможность использования гидролизного лигнина в качестве минерального заполнителя при производстве теплых асфальтобетонных смесей. В статье приведены результаты лабораторных испытаний и экспериментов по укладке теплых асфальтобетонных смесей, произведенных по разработанной технологии, на дорогах общего пользования.

**Ключевые слова:** теплые асфальтобетонные смеси; гидролизный лигнин; вспенивание битума; асфальтосмесительная установка; дозатор-распылитель воды.

SERGEY S. SHABUROV, PhD, Professor,  
*gling@zaotrud.ru*

VLADIMIR Y. KIBIREV, Research Assistant,  
*kaiservladimir@gmail.com*

National Research Irkutsk State Technical University,  
83, Lermontov Str., 664074, Irkutsk, Russia

## WARM-MIX ASPHALT TECHNOLOGY USING HEAVY BITUMEN

The paper presents the warm-mix asphalt technology using heavy bitumen and wet mineral additive added to a mixer at the asphalt plant. The device is designed to wet the mineral additive. The possibility of using hydrolytic lignin in the capacity of the mineral additive is shown for the production of warm-mix asphalt. The paper gives the results of laboratory tests and experiments on the use of warm-mix asphalt technology on public roads.

**Keywords:** warm-mix asphalt; hydrolytic lignin; foamed bitumen; asphalt mixing plant; water spray batchmeter.

Теплые асфальтобетонные смеси (ТАБ) – это общий термин, охватывающий множество технологий, позволяющих производить, транспортировать, укладывать и уплотнять асфальтобетонные смеси при более низких, чем предусмотрено для обычных (горячих) смесей, температурах [1].

Ориентируясь на зарубежную практику, можно утверждать, что применение на дорожных работах теплых асфальтобетонных смесей – одно из самых перспективных направлений.

Так, в 2012 г. США произвело 77 млн т теплых смесей, примерно 25 % от всех произведенных асфальтобетонных смесей. За счет этого нововведения планируется сэкономить на дорогах к 2020 г. до 3,6 млрд долл. Значительные объемы были уложены в Европе, особенно во Франции, Голландии и Германии. В Азиатско-Тихоокеанском регионе лидером по внедрению ТАБ является Китай [1].

Известно, что степень покрытия каменных материалов битумом в значительной мере определяется вязкостью вяжущего. В общем случае, чем ниже вязкость битума, тем быстрее и равномернее все зерна покрываются битумной пленкой. Снижение вязкости достигается, как правило, повышением температуры вяжущего: горячую смесь производят традиционно в диапазоне 150–165 °С. Каменный материал при этом является сухим (его температура при выходе из сушильного барабана может достигать 180–190 °С), и вязкость битума понижена до такого уровня, при котором он покрывает минеральный материал, а смесь является достаточно подвижной и удобоукладываемой. Верхний предел температуры нагревания вяжущего и каменного материала ограничен в связи с интенсивным окислительным старением вяжущего при повышенных температурах. Горячую смесь укладывают и начинают уплотнять при 120–150 °С, когда она еще подвижна, и завершают укатку при температуре не ниже 80 °С [2].

Технологии теплых смесей заключаются в резком уменьшении температурного режима как на стадии их приготовления, так и на стадиях укладки и уплотнения. В результате, по сравнению с горячими асфальтобетонными смесями, теплые асфальтобетонные смеси обладают целым рядом преимуществ [3]:

- экономия энергоресурсов при производстве;
- снижение выбросов загрязняющих веществ;
- менее интенсивное старение битумного вяжущего;
- повышение дальности транспортировки и возможность укладки смеси при пониженных температурах;
- улучшение условий труда как при производстве, так и при укладке.

На данный момент выделяют следующие методы производства теплых асфальтобетонных смесей [2, 3]:

- использование присадок, изменяющих вязкость битума (органических – амидов жирной кислоты, восков Фишера – Тропша и горных восков, минеральных – цеолитов);
- метод двухфазного смешивания;
- использование вспененного битума.

Использование присадок, изменяющих вязкость битума, – перспективный метод, позволяющий значительно улучшить свойства битума: возможно производство битума, перекрывающего значительный температурный интервал от –25 °С (температура хрупкости по Фраасу) до 100 °С (КиШ) [3]. Однако цена данных присадок, по большей части импортных, весьма высока.

Метод двухфазного смешивания может осуществляться путем смешения с битумом сначала крупных фракций каменного материала и последующим добавлением мелких фракций либо путем смешивания каменного материала с битумом низкой вязкости и последующим добавлением более вязкого битума

[3, 4]. Данный метод увеличивает продолжительность цикла перемешивания, следовательно, снижает производительность асфальтобетонного завода.

Использование вспененного битума, на наш взгляд, – наиболее простой способ производства теплых асфальтобетонных смесей. Вспененный битум обладает меньшей вязкостью и значительно большей удельной поверхностью, что улучшает процесс обволакивания каменного материала.

Вспенивание битума достигают путем впрыска в горячий битум воды и воздуха: при распылении воды в горячий битум происходит испарение воды и образование пенного битума – пузырьков водяного пара, покрытых тонкой битумной пленкой [4].

Нами разработаны и апробированы два способа производства теплых асфальтобетонных смесей, в основе которых лежит подача в миксер асфальтосмесительной установки минерального заполнителя с необходимой влажностью перед впрыском битумного вяжущего.

*В первом случае* в качестве такого материала были выбраны отходы гидролизного производства – гидролизный лигнин Тулунского гидролизного завода, который в данной технологии не только заменяет минеральный порошок, но, благодаря своей пористости, является носителем влаги, обеспечивающей вспенивание битума.

Как известно, лигнин является основным отходом гидролизной промышленности. Запасы лигнина в России оцениваются в пределах 300 млн т и ежегодно пополняются на 5 млн т [5]. В Иркутской области скопилось порядка 6 млн т гидролизного лигнина.

*Во втором случае* в качестве минерального заполнителя используется минеральный порошок по ГОСТ 16557, который увлажняется в заданных параметрах перед подачей его в миксер асфальтосмесительной установки перед впрыском битумного вяжущего.

Закладываемый способ приготовления, укладки и уплотнения теплой асфальтобетонной смеси с применением как лигнина в качестве минерального заполнителя, так и минерального порошка заключается: в определении количества вводимого лигнина и минерального порошка; в обеспечении требуемого увлажнения вводимых материалов; температуры битума; порядка ввода всех компонентов; температуры нагрева каменных материалов в сушильном барабане; времени работы мешалки миксера; максимальной и минимальной температуры укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси; в определении физико-механических свойств получаемых образцов и сравнении с эталонным образцом, приготовленным из горячей асфальтобетонной смеси.

В Центральной строительной лаборатории АО «Труд» были разработаны составы теплых асфальтобетонных смесей с применением в качестве минерального заполнителя как гидролизного лигнина, так и стандартного минерального порошка.

Испытания, проведенные совместно с отделом контроля качества ФКУ Упрдор «Прибайкалье», показывают, что замена минерального порошка на гидролизный лигнин и снижение температуры смеси не оказывают негативно-го влияния на характеристики асфальтобетона (табл. 1).

Таблица 1

**Физико-механические свойства асфальтобетонных смесей  
с гидролизным лигнином**

№ п/п	Наименование показателей	Показатели		
		ГОСТ 9128–2013	Эталонная горячая асфальтобетонная смесь типа Б марки П	Экспериментальная теплая асфальтобетонная смесь
1	Плотность, г/см <sup>3</sup>	–	2,56	2,48
2	Водонасыщение, % по объему	От 1,5 до 4,0	1,6	3,6
3	Предел прочности при сжатии, МПа, при:			
	0	Не более 10	8,5	8,8
	20	Не менее 2,2	3,6	3,6
	50	Не менее 0,9	1,6	2,0
4	Водостойкость	Не менее 0,9	0,92	0,95
5	Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85	0,9	0,87
6	Сдвигоустойчивость по: коэффициенту внутреннего трения	Не менее 0,80	0,91	0,88
	сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	Не менее 0,31	0,37	0,52
7	Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 и скорости деформации 50 мм/мин	2,5–6,0	3,2	2,9

Опытно-экспериментальные работы по производству, укладке и уплотнению теплой асфальтобетонной смеси, согласно подобранным составам и разработанному регламенту, были выполнены в июле текущего года на производственной базе Тулунского филиала АО «Труд» при производстве работ по ремонту федеральной автомобильной дороги Р-255 «Сибирь» км 1514 – км 1520.

Производство теплой асфальтобетонной смеси осуществлялось на асфальтосмесительной установке MARINI RS 1800 по следующей технологии: нагрев каменного материала в сушильном барабане до 140 °С; увлажнение минерального заполнителя водой в заданной пропорции производилось в момент подачи его в миксер смесителя перед впрыском битума; температура битума не превышала 150 °С; полученная смесь на выходе из бункера-накопителя имела температуру 120–130 °С.

Для увлажнения минерального заполнителя специалистами АО «Труд» было разработано дозирующее устройство (дозатор-распылитель воды ДРВ-001).

Принцип действия дозатора заключается в автоматическом дозировании и распылении воды через форсунки в заданном объеме и временном диапазоне на выходе минерального заполнителя из шнека подачи смесительной установки (рис. 1).

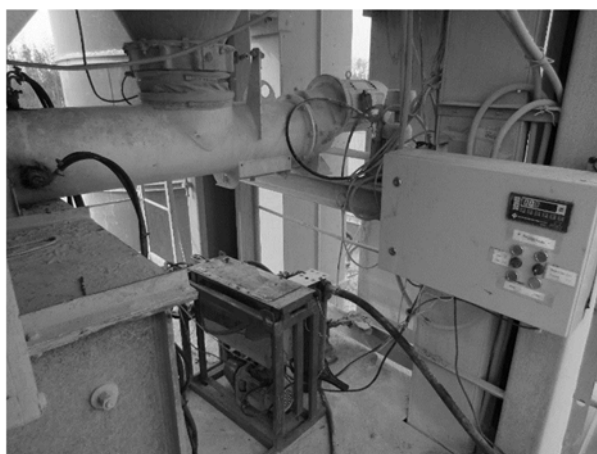


Рис. 1. Дозатор-распылитель воды ДРВ-001, смонтированный на асфальтобетонном заводе

Укладка теплой асфальтобетонной смеси осуществлялась по стандартной технологии, как для горячих смесей. Дальность транспортировки асфальтобетонной смеси составляла 50 км. Температура смеси при выгрузке в бункер асфальтоукладчика была в пределах 110–120 °С, уплотнение производилось при температуре 110–70 °С.

Результаты испытаний уложенной теплой асфальтобетонной смеси представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Физико-механические свойства асфальтобетонных смесей**

№ п/п	Наименование показателей	Показатели		
		ГОСТ 9128–2013	Эталонная горячая асфальтобетонная смесь типа Б марки II	Теплая асфальтобетонная смесь типа Б марки II
1	Плотность, г/см <sup>3</sup>	–	2,56	2,59
2	Водонасыщение, % по объему	От 1,5 до 4,0	1,6	2,5
3	Предел прочности при сжатии, МПа, при:	Не более 10	8,5	8,8
		Не менее 2,2	3,6	3,6
		Не менее 0,9	1,6	1,3
4	Водостойкость	Не менее 0,9	0,92	0,91
5	Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85	0,9	0,87

Окончание табл. 2

№ п/п	Наименование показателей	Показатели		
		ГОСТ 9128–2013	Эталонная горячая асфальтобетонная смесь типа Б марки П	Теплая асфальтобетонная смесь типа Б марки П
6	Сдвигоустойчивость по: коэффициенту внутреннего трения сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	Не менее 0,80	0,91	0,83
		Не менее 0,31	0,37	0,46
7	Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 и скорости деформации 50 мм/мин	2,5–6,0	3,2	3,3

По результатам испытаний выполненных опытно-экспериментальных работ можно сделать вывод, что теплый асфальтобетон по физико-механическим свойствам не уступает горячему асфальтобетону. Несмотря на резкое уменьшение температурного режима при производстве, укладке и уплотнении теплой асфальтобетонной смеси, удалось добиться коэффициента уплотнения 1,01.

В период проведения опытно-экспериментальных работ специалистами ФБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Сибирскому федеральному округу» были выполнены работы по измерениям промышленных выбросов на асфальтобетонном заводе при производстве как горячей, так и теплой асфальтобетонной смеси: выбросы диоксида серы сократились в 3,15 раза (68 %), оксида азота – на 30 %, сажи – на 58 %. Результаты замеров загрязняющих веществ представлены в диаграмме (рис. 2).

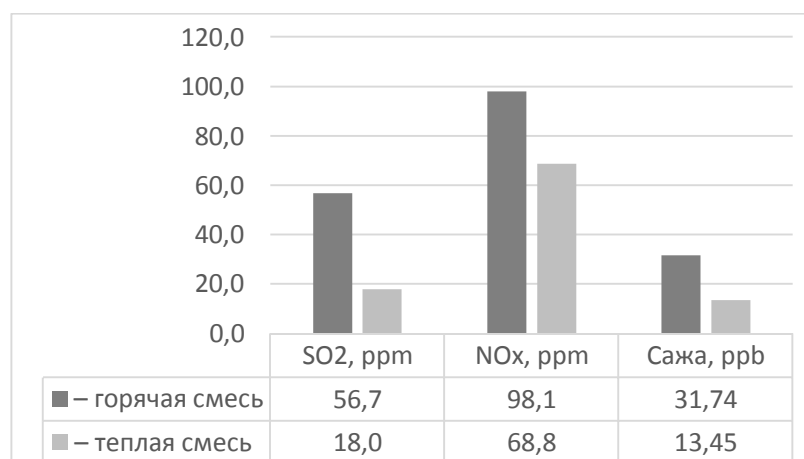


Рис. 2. Промышленные выбросы АБЗ Marini RS-1800 при производстве горячих и теплых асфальтобетонных смесей

Результаты проведенных лабораторных исследований и опытно-экспериментальных работ позволяют сделать следующие выводы:

1. Физико-механические характеристики теплой асфальтобетонной смеси типа Б марки 11 полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128–2013. Коэффициент уплотнения при традиционном наборе уплотняющей техники превысил значение единицы.

2. Экономия расхода топлива из расчета на одну тонну произведенной продукции составляет 1,6 л, или на 20–30 %.

3. Объем вредных загрязняющих веществ снижается от 30 до 68 %, а соответственно резко улучшаются условия труда при производстве и укладке таких смесей.

4. Снижается степень старения (окисления) битума, тем самым увеличивается срок службы покрытия автомобильных дорог.

5. Промышленное производство теплых асфальтобетонных смесей с применением лигнина, в силу его неоднородности и большой гигроскопичности, требует предварительной подготовки (отгрохотка, дополнительный помол, сушка и др.).

6. Предложенное оборудование – дозатор-распылитель (ДРВ-001) – достаточно просто в эксплуатации и монтаже, имеет низкую стоимость – в десять раз ниже, чем стоимость импортного оборудования для вспенивания битума.

7. Данная технология является многофункциональной:

– применима для производства теплых асфальтобетонных смесей различных типов и марок на всех смесительных установках циклического действия;

– позволяет производить органоминеральные смеси, зачастую требующие увлажнения инертного материала, на смесителях такого типа без их модернизации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Третьяков, Р.* Теплый асфальтобетон в дорожном строительстве / Р. Третьяков // Основные средства. – 2014. – № 5.
2. *Радовский, Б.С.* Технология нового теплого асфальтобетона в США / Б.С. Радовский // Дорожная техника. – 2008. – С. 24–28.
3. *Хученройтер, Ю.* Асфальт в дорожном строительстве / Ю. Хученройтер, Т. Вёрнер. – М. : ИД «АБВ-Пресс», 2013. – 450 с.
4. *Першин, М.Н.* Вспененный битум в дорожном строительстве / М.Н. Першин, Е.Н. Баринов, Г.В. Корневский. – М. : Транспорт, 1989. – 80 с.
5. *Дворкин, Л.И.* Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 368 с.

#### REFERENCES

1. *Tret'yakov R.* Teplyj asfal'tobeton v dorozhnom stroitel'stve [Warm-mix asphalt in road construction]. *Osnovnye sredstva*. 2014. No. 5. (rus)
2. *Radovskii B.S.* Tehnologija novogo teplogo asfal'tobetona v SShA [Warm-mix asphalt technology in the USA]. *Dorozhnaja tehnika*. 2008. Pp. 24–28. (rus)
3. *Hutschenreuter J., Werner T.* Asfal't v dorozhnom stroitel'stve [Asphalt im Strassenbau] Moscow : ABV-Press, 2013. 450 p. (transl. from Germ.)
4. *Pershin M.H., Barinov E.N., Korenevskii G.V.* Vspennyj bitum v dorozhnom stroitel'stve [Foamed bitumen for road construction]. Moscow : Transport Publ., 1989. 80 p. (rus)
5. *Dvorkin L.I.* Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti [Building materials based on industrial wastes]. Rostov-on-Don : Feniks Publ., 2007. 368 p. (rus)