

УДК 625.856

UDC 625.856

**ДОРОЖНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН НА
ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО
БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО**

**ROAD ASPHALT CONCRETE ON THE BASIS
OF THE MODIFIED BITUMEN KNETTING**

Николаева Лира Александровна
к.т.н., с.н.с.

Nikolaeva Lira Aleksandrovna
Cand.Tech.Sci., senior researcher

Буренина Ольга Николаевна
к.т.н., в.н.с.

Burenina Olga Nikolaevna
Cand.Tech.Sci., leading researcher

Попов Савва Николаевич
д.т.н.
*Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем нефти и
газа СО РАН, Якутск, Россия*

Popov Savva Nikolaevich
Dr.Sci.Tech.
*Science federal state budgetary institution Institute of
Oil and Gas problem of SB RAS,
Yakutsk, Russia*

В работе представлены данные по разработке технологии модификации битума механоактивированными органо-минеральными добавками, обеспечивающими значительное повышение прочности и водостойкости асфальтобетона

The article presents the data of the development of the technology of bitumen modification of mechanically activated organic and mineral supplements that provide a significant increase in strength and water resistance of asphalt

Ключевые слова: АСФАЛЬТОБЕТОН,
МОДИФИКАЦИЯ БИТУМА,
МЕХАНОАКТИВАЦИЯ, ПРОЧНОСТЬ ПРИ
СЖАТИИ МАТЕРИАЛОВ

Keywords: ASPHALT CONCRETE, UPDATING OF
BITUMEN, MECHANICAL ACTIVATION,
COMPRESSIVE STRENGTH OF MATERIALS

В настоящее время в дорожном строительстве остро стоит вопрос разработки и внедрения в практику асфальтобетонов улучшенного качества, способных обеспечивать более высокую прочность, долговечность дорожных покрытий. Важным условием работоспособности асфальтобетонных покрытий для регионов с холодным климатом, к которым относится Республика Саха (Якутия), является высокая устойчивость к воздействию низких температур (до -60°C), суточных и сезонных температурных циклов, максимальное сопротивление усталостным разрушениям.

Важнейшим составляющим асфальтобетона является связующее, от качества которого зависят не только технические и эксплуатационные характеристики дорожного полотна, но и стоимость его устройства. В настоящее время для укладки асфальтобетонных покрытий используются высококачественные дорожные битумы, которые хоть и отвечают требованиям

ГОСТ, но эксплуатационные характеристики и долговечность дорожного покрытия из них остаются крайне невысокими. Одним из существенных недостатков производимых битумов является их низкая адгезия к поверхности связываемых материалов, приводящая, в свою очередь, к сокращению срока службы конструкций.

Анализ опыта применения модификаторов для улучшения качества битумов показал, что для повышения реологических и физико-механических характеристик битумов и асфальтобетонов, таких как водо- и морозостойкость, прочность, пластичность и упругость обычно используют различные виды полимеров, синтетические каучуки, резиновую крошку, катионные и анионные поверхностно-активные вещества, адгезионные добавки, которые в большинстве своем являются не только канцерогенными веществами, оказывают негативное влияние на здоровье операторов производства и укладки асфальтобетонной смеси, но и значительно увеличивают стоимость и без того дорогостоящих битумов [1-2].

В связи с этим появляется острая необходимость применять при проектировании объектов новые технические решения и технологии, которые направлены на снижение затрат на проведение строительных и ремонтно-восстановительных работ, увеличение сроков эксплуатации. Поэтому создание стойких к растрескиванию, старению и атмосферным воздействиям долговечных битумов и асфальтобетонов на их основе является актуальной и своевременной задачей.

Одним из наиболее эффективных методов улучшения свойств связующего, позволяющим оптимизировать основные технологические свойства в направлении повышения адгезионной активности и механической устойчивости, является структурно-химическая

модификация связующего путем введения активированных органоминеральных наполнителей.

Технология изготовления асфальтобетонов из модифицированных связующих не отличается от принятой на асфальтобетонных заводах, однако возможно снижение температуры приготовления смеси и при этом свойства разработанных модифицированных асфальтобетонов не будут уступать традиционным, а при направленном выборе технологических режимов и оптимальных рецептов возможно и их улучшение.

Исследования проводились на традиционном щебне 20-40 мм производства ОАО Производственное объединение «Якутцемент», полученный на дробильно-сортировочной фабрике (ДСФ) по производству товарного щебня. В качестве связующего применялся битум марки БНД 90/130.

С целью улучшения адгезионной способности системы «щебень-связующее» в качестве структурно-активных добавок были выбраны природные сорбенты – бурый уголь, сапрпель.

Предпосылкой использования дисперсных веществ органического и минерального происхождения в качестве модифицирующих добавок при наполнении связующего вещества в технологии получения асфальтобетонов, помимо обширной сырьевой базы и дешевизны, являлись их специфические свойства, обусловленные повышенной удельной поверхностью, развитой поровой структурой, а также высокими адсорбционными характеристиками. Наличие указанного комплекса свойств и характеристик перспективно для существенного снижения себестоимости производства и улучшения свойств асфальтобетонов.

Для усиления структурной активности наполнители перед введением в связующее высушивались при 110°C для удаления части остаточной влаги и подвергались механической активации на планетарной мельнице

АГО-2. При механической активации одновременно с диспергированием и увеличением удельной поверхности частиц происходит их перевод в высоковозбужденное состояние, характеризуемое повышенными значениями поверхностной энергии [3].

Изучение текстурных характеристик наполнителей методом одноточечного БЭТ показывает, что активированные наполнители характеризуются меньшим размером частиц, повышением удельной поверхности, а также увеличением количества пор, о чем можно судить по изменениям удельного объема пор, по сравнению с наполнителями в неактивированном состоянии и это будет способствовать усилению адсорбционных свойств и увеличению адгезионного взаимодействия в граничных областях асфальтобетонной смеси (табл.1).

Таблица 1 – Текстурные характеристики наполнителей

Показатели	Неактивированный		Активированный	
	сапропель	уголь	сапропель	уголь
Удельный объем пор, см ³ /г	0,002	0,013	0,012	0,14
Удельная геометрическая поверхность, м ² /г	1,257	2,704	7,156	5,440

Приготовление предлагаемой асфальтобетонной смеси не требует дополнительных устройств и приспособлений. Смесь легко получается смешением входящих в ее состав ингредиентов на стандартном оборудовании, имеющемся на асфальтобетонных заводах.

Технология получения связующей композиции заключалась в механоактивации предварительно высушенных при 110°С и измельченных органо-минеральных наполнителей в планетарной мельнице АГО-2 в течение 1-10 мин и последующем соединении с предварительно нагретым

при 120°C битумом в количестве от 5 до 20 мас.%. В предварительно нагретый при 110°C и измельченный известняковый щебень (размер фракции 0-5 мм) вводится приготовленная связующая композиция и смесь перемешивается при температуре 140 - 150°C до образования однородной смеси. Давление на уплотняемую смесь составляло 40 МПа, выдержка - $3,0 \pm 0,1$ мин. По истечении 3-х суток образцы были готовы для проведения испытаний.

Исследования механических свойств асфальтобетонов показали, что прочность при сжатии образцов повышается с увеличением количества вводимого битума до 7 мас.%, а затем снижается (рис.1). Значение прочности при сжатии асфальтобетонных образцов достигает 1,8 МПа, что не соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009 и характеризует низкое качество товарного битума, поэтому для достижения требуемых показателей необходима его модификация.

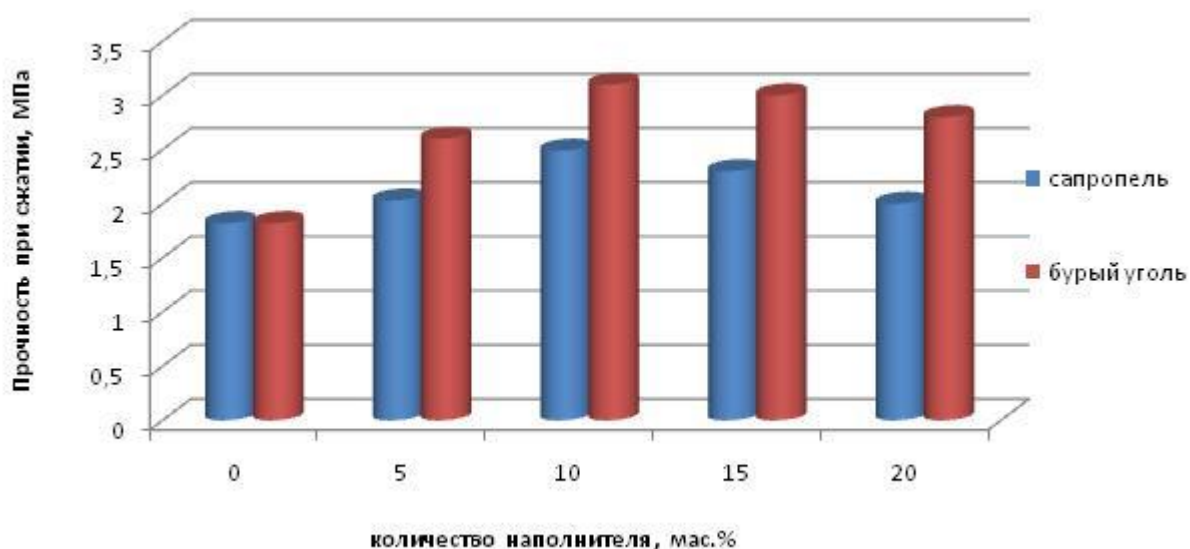


Рисунок 1. Зависимость прочности композиции (при соотношении щебень: связующая композиция 93:7 мас.%)

Введение органо-минерального наполнителя в связующее положительно сказывается на прочностные свойства асфальтобетонов. Показано, что с увеличением концентрации наполнителя в битуме происходит увеличение прочности в 1,5 раза по сравнению с образцами, содержащими исходный битум. При введении 10 мас.% наполнителя прочность увеличивается в случае использования сапропеля – 1,3 раза, бурого угля – 1,6 раза.

Положительный эффект влияния наполнителя на прочностные характеристики асфальтобетонов, вероятно, объясняется улучшением адгезионных взаимодействий на границе «щебень–связующее» за счет повышения содержания асфальтенов и смол, уменьшения содержания масел в связующей композиции.

Показано, что увеличение концентрации наполнителя до 20 мас.% в битуме приводит к резкому падению прочности асфальтобетонов. Причиной выраженной инактивности структурно-активных наполнителей при больших концентрациях, вероятно, связано с ослаблением адгезионных связей на границе «щебень-связующее», по сравнению с составами, содержащими небольшое количество наполнителя, создающего условия для релаксационных процессов в тонких прослойках дисперсионной среды. Данное обстоятельство не только влияет на прочность асфальтобетонов, но и определяет оптимальное содержание связующего.

Таким образом, показано, что введение органо-минеральных добавок вносит существенный вклад в упрочнение асфальтобетонов. Показана взаимосвязь состава и прочностных характеристик: максимальное упрочнение обеспечивается при использовании состава, содержащего 93 мас.% щебня, 7 мас.% битума и наполнителя (10 мас.% от массы связующей композиции).

Результаты исследования влияния активации наполнителей в

планетарной мельнице АГО-2 и продолжительности ее воздействия на прочностные свойства асфальтобетонов приведены на рис. 2.

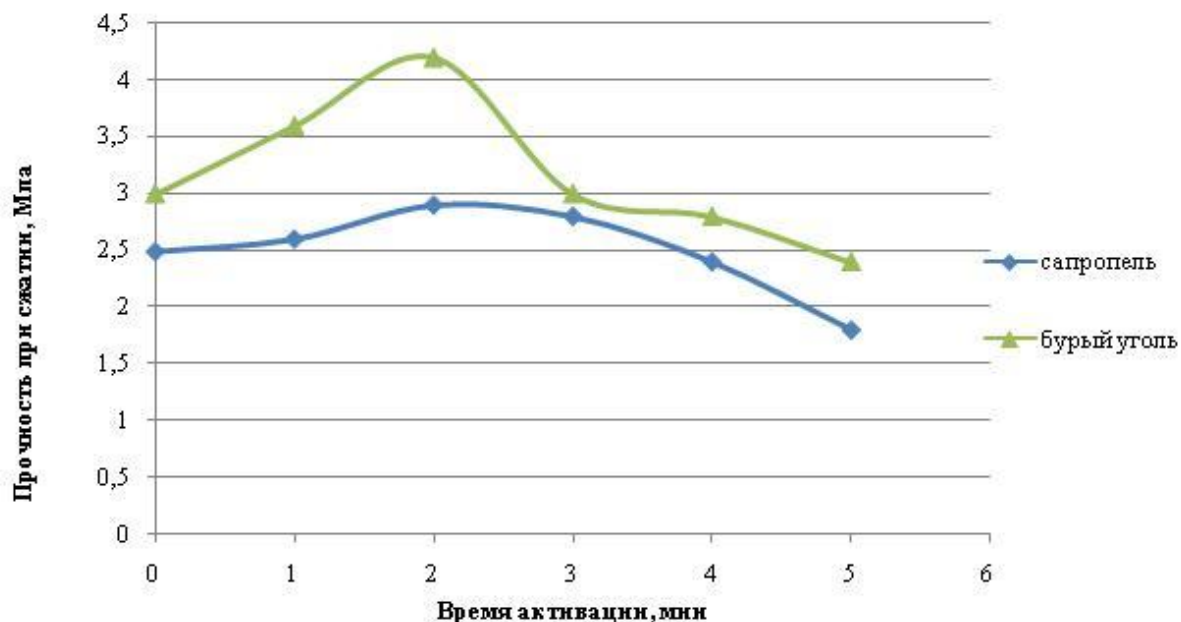


Рисунок. 2. Зависимость прочности при сжатии асфальтобетонов от продолжительности активации наполнителя связующей композиции

Из рис.2. видно, что введение в связующее активированного наполнителя приводит к существенному улучшению прочности при сжатии образцов, по сравнению с образцами, содержащими необработанный наполнитель. Установлено оптимальное время механоактивации органо-минеральных наполнителей, равное 2 мин, позволяющее достичь максимального повышения прочности при сжатии асфальтобетонов, обеспечивающее получение частиц критического размера, необходимых для активных процессов структурообразования асфальтобетонов. Прочность увеличивается в 1,1 – 1,4 раза по сравнению с асфальтобетонами, содержащими неактивированный наполнитель той же концентрации, что, по-видимому, обусловлено переходом наполнителей в метастабильное состояние, характеризуемое повышением поверхностной энергии частиц в ходе операции активирования.

Превышение оптимального времени активации в планетарной мельнице АГО-2 до 5 мин приводит к существенному диспергированию исходных наполнителей с образованием высокодиспергированных порошков, которые легко агломерируются, что и приводит к уменьшению прочностных характеристик асфальтобетонов. Агломерированные частицы наполнителя проявляют меньшую активность в процессах структурообразования асфальтобетонов вследствие снижения поверхностной энергии частиц.

Для разработанных асфальтобетонных смесей: 1) щебень 93 мас.% + битум 7 мас.% + акт. сапрпель (10 мас.% от массы связующей композиции); 2) щебень 93 мас.% + битум 7 мас.% + акт. бурый уголь (10 мас.% от массы связующей композиции) определены следующие основные физико-механические характеристики: средняя плотность, остаточная пористость, водонасыщение, прочность при сжатии.

Таблица 2 – Основные технические характеристики асфальтобетонов

Наименование смеси	ρ_m , г/см ³	$V_{ост}^{сж}$, %	W, %	$\sigma_{сж}$, МПа		
				E _m , МПа		
				0°C	20°C	50°C
Щебень 93 мас.% +битум 7 мас.%	2,42	10,25	0,59	<u>10,4</u> 546	<u>1,8</u> 230	<u>0,9</u> 101
Щебень 93 мас.% + битум 7 мас.% + акт. сапрпель (10 мас.% от массы с.к.)	2,10	8,56	0,34	<u>10,8</u> 657	<u>2,9</u> 371	<u>1,3</u> 145
Щебень 93 мас.% + битум 7 мас.% + акт. бурый уголь (10 мас.% от массы с.к.)	2,10	8,96	0,35	<u>15,7</u> 956	<u>4,2</u> 537	<u>2,8</u> 314
ГОСТ 9128-2009	-	-	-	<u>9,0</u> -	<u>2,5</u> -	<u>1,0</u> -

Примечание: ρ_m -средняя плотность; $V_{ост}^{сж}$ -остаточная пористость; W - водонасыщение; - прочность при сжатии; E_m –модуль упругости, МПа

Полученные данные свидетельствуют о том, что введение в битум активированного бурого угля и сапропеля приводит к значительному улучшению технических характеристик разработанных асфальтобетонов. Так, значение прочности при сжатии образцов при содержании активированного бурого угля в битуме повышается в 2,3 раза, активированного сапропеля в битуме - 1,6 раз по сравнению с образцами, содержащими исходный битум. Плотность образцов уменьшается, но не значительно. Водопоглощение образцов асфальтобетонов с модифицированным связующим в 1,7 раза ниже, чем у исходных образцов. Остаточная пористость образцов асфальтобетонов с исходным битумом равна 10,25%, тогда как с модифицированным связующим - всего 8,56 и 8,96%. Значение модуля упругости образцов асфальтобетонов с модифицирующим связующим, при 20° С равно 371 МПа и 537 МПа, что больше значения модуля упругости образцов с исходным связующим на 1,6 и 2,4 раза соответственно.

Таким образом, на основании проведенных исследований показана перспективность применения активированных органо-минеральных наполнителей (бурого угля, сапропеля) с высокой удельной поверхностью частиц и адсорбционной способностью в качестве структурно-активных добавок для создания дорожных покрытий с улучшенными техническими характеристиками; разработаны оптимальные рецептуры и технология производства асфальтобетонов с высоким уровнем физико-механических свойств.

Полученные результаты создают хорошую предпосылку для организации промышленного внедрения в дорожной отрасли.

Список использованной литературы

1. Копылов В.Е., Николаева Л.А. Повышение качества асфальтобетона за счет использования модифицированного нефтяного вяжущего // Живые системы и конструкционные материалы в условиях криолитозоны. Сб. тр. Всеросс. науч.-пр. конф. Якутск: Изд-во СВФУ, 2011. С. 304-307.
2. Гохман Л.М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон. -М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2008. 117 с.
3. Николаева Л.А. Брикетирование бурого угля с использованием модифицированного гудрона: Дисс. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2011. 135 с.