

# ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

## ОСОБЕННОСТИ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФИКАТОРА «КМА» КОЛТЕК НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**Комплексный модификатор асфальтобетона «КМА» КОЛТЕК представляет собой композицию из девулканизированного (регенерированного) неполярного каучука в виде резиновой крошки, полимеров, химических реагентов, гелеобразующего, сшивающего и адгезионного компонента, что позволяет в полном объеме выполнять функции полимерного и дисперсного армирования.**

Результаты изучения многочисленных зарубежных и отечественных публикаций свидетельствуют о том, что на практике используют два способа введения резиновой крошки: так на-

зываемый «сухой», в случае подачи модификатора непосредственно в асфальтосмеситель, и «мокрый», когда в смеситель подается предварительно подготовленное резинобитумное вя-

жушее. На основании многолетнего опыта многие зарубежные коллеги пришли к выводу о том, что наилучший результат в части обеспечения однородности смеси достигается при использовании «мокрого» способа, в то же время сторонники «сухого» способа утверждают, что качество дорожных покрытий, устраиваемых с использованием асфальтобетонной смеси, приготовленной при подаче

Наименование показателя	Фактические значения показателей физико-механических свойств:		
	битума марки БНД 60/90	композиции битума марки БНД 60/90 с «КМА» КОЛТЕК при содержании модификатора, % масс:	
		10	20
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при: 25°C 0°C	76	50	41
	24	22	24
Температура размягчения, °C	49	62	78
Растяжимость, см, при: 25°C 0°C	125	9	8
	3,8	3,0	3,5
Эластичность, %, при: 25°C 0°C	–	68	72
	–	53	57
Температура хрупкости, °C	–20	–17	≤ –35
Температура вспышки, °C	Более 300	Более 300	Более 300
Изменение температуры размягчения после прогрева*, °C	3	5	3
Индекс пенетрации	–0,4	–	–
Динамическая вязкость при 135°C, Па·с	0,4 (капиллярная вискозиметрия)	2,04 (вискозиметр Брукфильда)	12, 35 (вискозиметр Брукфильда)
Динамическая вязкость при 60°C, Па·с	207 (капиллярная вискозиметрия)	–	–
<b>После прогрева по методике EN 12607-1:</b>			
Изменение массы, %	–0,09	–0,10	–0,08
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	53	40	37
Динамическая вязкость при 135°C, Па·с	0,64 (капиллярная вискозиметрия)	2,80 (вискозиметр Брукфильда)	15,75 (вискозиметр Брукфильда)
Динамическая вязкость при 60°C, Па·с	697 (капиллярная вискозиметрия)	–	–
Растяжимость при 25°, см	49	6	6
Эластичность при 25°, %	–	60	72
Температура размягчения, °C	56	70	83
Температура хрупкости, °C	–18	–17	≤ –35
Коэффициент возрастания динамической вязкости при 135°C	1,6	1,4	1,3

Табл. 1. Результаты комплексных испытаний композиций дорожного битума марки БНД 60/90 с комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК

\* – по методике ГОСТ 18180

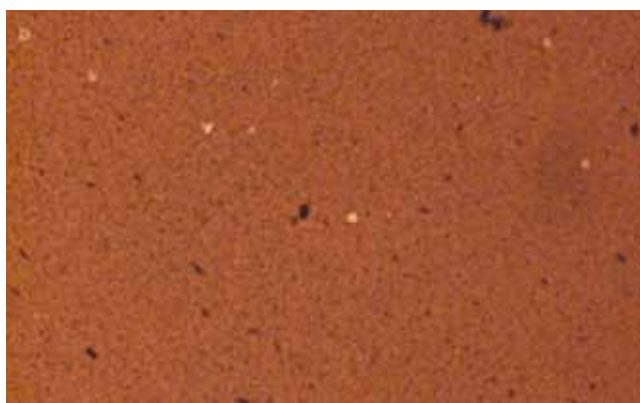
Наименование показателя	Фактические значения показателей физико-механических свойств:		
	битума марки БНД 90/130	композиции битума марки БНД 90/130 с «КМА» КОЛТЕК при содержании модификатора, % масс:	
		10	20
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при: 25°C 0°C	108 25	65 24	53 24
Температура размягчения, °C	44	53	63
Растяжимость, см, при: 25°C 0°C	Более 140 3,5	19 5,0	16 5,0
Эластичность, %, при: 25°C 0°C	– –	57 60	73 58
Температура хрупкости, °C	–17	–17	–19
Температура вспышки, °C	Более 300	Более 300	Более 300
Изменение температуры размягчения после прогрева*, °C	3	3	2
Индекс пенетрации	–0,9	–	–
Динамическая вязкость при 135°C, Па·с	0,31 (капиллярная вискозиметрия)	0,98 (вискозиметр Брукфильда)	3,82 (вискозиметр Брукфильда)
Динамическая вязкость при 60°C, Па·с	109 (капиллярная вискозиметрия)	–	–
<b>После прогрева по методике EN 12607–1:</b>			
Изменение массы, %	–0,12	–0,14	–0,12
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	70	52	46
Динамическая вязкость при 135°C, Па·с	0,45 (капиллярная вискозиметрия)	1,21 (вискозиметр Брукфильда)	4,44 (вискозиметр Брукфильда)
Динамическая вязкость при 60°C, Па·с	253 (капиллярная вискозиметрия)	–	–
Растяжимость при 25°, см	Более 140	13	14
Эластичность при 25°, %	–	62	71
Температура размягчения, °C	48	59	67
Температура хрупкости, °C	–16	–16	–18
Коэффициент возрастания динамической вязкости при 135°C	1,5	1,2	1,2

**Табл. 2. Результаты комплексных испытаний композиций дорожного битума марки БНД 90/130 с комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК**  
\* – по методике ГОСТ 18180

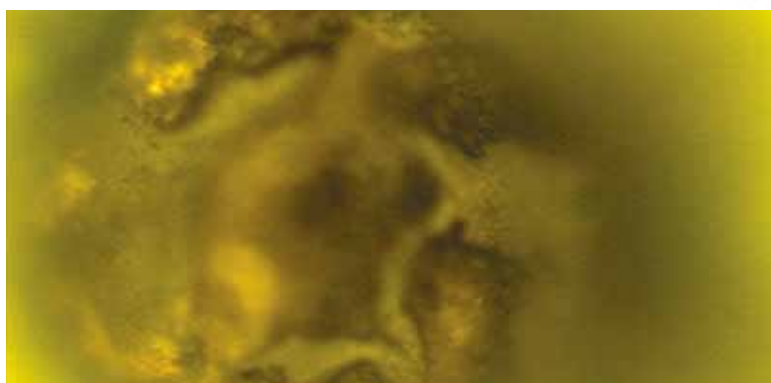
крошки непосредственно в смеситель, идентично. Особенность химического состава резиновой крошки обуславливает способность ее в большей или

меньшей степени набухать в массе горячего нефтяного дорожного битума. Повышение сродства к битуму и является целью поиска разных способов

модификация резиновой крошки, одним из которых и является технология производства комплексного модификатора «КМА» КОЛТЕК.



**Рис. 1. Композиция битума марки БНД 90/30 с 10% масс модификатора «КОЛТЕК» после часового перемешивания массы при 175°C (в проходящем свете)**



**Рис. 2. Частица модификатора «КОЛТЕК» в битуме марки БНД 90/130 после трехчасового перемешивания массы 175°C. Наличие четких краев на поверхности свидетельствует о том, что набухание крошки прошло не полностью (в отраженном свете)**

Наименование показателя	Показатели для массы в слое:	Фактическое значение для композиции битума:			
		марки БНД 60/90 при содержании КМА, % масс		марки БНД 90/130 при содержании КМА, % масс	
		10	20	10	20
Температура размягчения, °С	верхнем	60	75	52	56
	нижнем	67	80	54	69
Глубина проникания иглы при 25°С, 0,1 мм	верхнем	47	33	60	54
	нижнем	67	71	96	93

Табл. 3. Результаты оценки устойчивости к расслаиванию при высокой температуре в статических условиях стандартного метода EN 13399 композиций битума с комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК

Наименование показателя	Фактические значения показателей физико-механических свойств для композиций битума марки:			
	марки БНД 60/90 при содержании КМА, % масс		марки БНД 90/130 при содержании КМА, % масс	
	10	20	10	20
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при: 25°С 0°С	44	48	63	69
	22	25	21	25
Температура размягчения, °С	62	77	57	60
Растяжимость, см, при: 25°С 0°С	7	6	12	15
	3,0	3,5	3,0	4,0
Эластичность, %, при: 25°С 0°С	63	68	52	69
	50	53	58	54
Температура хрупкости, °С	-17	> -35	-18	-20
Температура вспышки, °С	Более 300	Более 300	Более 300	Более 300

Табл. 4. Результаты оценки физико-механических свойств композиций дорожного битума марок БНД 60/90 и БНД 90/130 с комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК, реанимированных после расслоения

При введении в горячий битум частицы КМА распределяются в его массе, образуя дисперсную фазу (рис. 1). Под воздействием высокой технологической температуры частицы «КМА» КОЛТЕК набухают, а с увеличением времени процесса смешения компонентов степень набухания частиц КМА возрастает (рис. 2, 3). Кроме того, вследствие подвижности массы битума при высокой температуре наблюдается процесс размельчения (раздробления) ча-

стиц: отделения от основной частицы более мелких и хаотичного распределения их в массе битума (рис. 4).

Для стабилизации процесса формирования структуры модифицированного вяжущего требуется время, длительность которого зависит от особенностей химической природы нефтяного битума. В результате получающееся резинобитумное вяжущее представляет

собой композиционный материал, состоящий из дисперсной фазы (модификатора «КМА») и дисперсионной среды (битума), резкая граница раздела фаз между которыми отсутствует.

Комплексный модификатор «КМА» КОЛТЕК является по отношению к битуму структурирующей добавкой (табл. 1, 2). В присутствии модификатора наблюдается снижение значений таких показателей



Рис. 3. Частица модификатора «КОЛТЕК» в битуме марки БНД 90/130 после 5-ти часового перемешивания массы при 175°С. Отсутствие четких краев на поверхности свидетельствует о том, что частица находится в сильно набухом состоянии, но полного растворения не произошло (в отраженном свете)

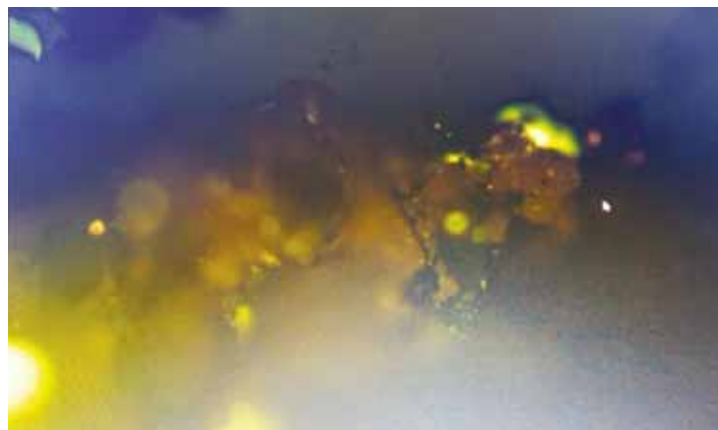


Рис. 4. Отделение мелких частиц от набухшей в битуме частицы модификатора «КОЛТЕК» при перемешивании массы композиции при 175°С (в отраженном свете)

Битумное вяжущее	Прочность сцепления со щебнем::	
	гранитным	габбро-диоритовым
БНД 60/90	<b>Не соответствует</b>	<b>Не соответствует</b>
БНД 60/90 + 10% масс «КМА» КОЛТЕК	Контрольный образец № 2	Контрольный образец № 1
БНД 60/90 + 20% масс «КМА» КОЛТЕК	Контрольный образец № 2	Контрольный образец № 1
БНД 90/130	<b>Не соответствует</b>	<b>Не соответствует</b>
БНД 90/130 + 10% масс «КМА» КОЛТЕК	Контрольный образец № 2	Контрольный образец № 1
БНД 90/130 + 20% масс «КМА» КОЛТЕК	Контрольный образец № 2	Контрольный образец № 1

**Табл. 5. Результаты оценки прочности сцепления с минеральными материалами разной химической природы композиций битума разных марок с комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК**

Показатель	Длительность термостатирования, час	Номер образца	Значение показателя
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	0,5	1	2,72
		2	2,72
	1	3	2,73
		4	2,73
	2	5	2,73
		6	2,72
	3	7	2,72
		8	2,74
Водонасыщение, % по объему	0,5	1	2,15
		2	2,01
	1	3	1,63
		4	1,45
	2	5	1,14
		6	1,20
	3	7	1,01
		8	0,96

**Табл. 6. Результаты оценки значений показателей лабораторных образцов асфальтобетона, изготовленных из мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А марки I, содержащей «КМА» КОЛТЕК в количестве 0,3% масс, после воздействия высокой температуры. (Содержание битума в асфальтобетонной смеси 4,0%). Подача «КМА» КОЛТЕК в смеситель на каменный материал**

физико-механических свойств битума, как «глубина проникания иглы при 25°C», «растяжимость при 25°C», увеличение значений показателей «температура размягчения» и вязкость, причем тем в большей степени, чем выше концентрация модификатора в битуме. Следует отметить, что повышение содержания модификатора в битуме до 10–20% масс практически не сказывается на значениях таких показателей, как «глубина проникания иглы при 0°C» и «растяжимость при 0°C», что обусловлено низкой чувствительностью их к изменению структуры вяжущего.

В отличие от исходного битума, композиции битума с «КМА» КОЛТЕК характеризуются эластичностью – способностью к

обратной деформации, увеличивающейся с повышением содержания модификатора, что обусловлено возрастанием объемной доли набухших глобул КМА в дисперсионной среде битума, а также, по-видимому, частичным растворением модификатора в мальтеновой части битума.

Воздействие высокой технологической температуры, оказываемое на вяжущее на стадии смешения с горячим каменным материалом в процессе приготовления горячих асфальтобетонных смесей, имитируемое условиями лабораторного испытания по методике EN 12607-1, позволяет зафиксировать резкое изменение свойств как битума, так и его композиций с «КМА» КОЛТЕК. Об этом

свидетельствует увеличение значений показателей «температура размягчения», «динамическая вязкость при 135°C», снижение значений показателя «глубина проникания иглы при 25°C». Более длительное пребывание при высокой температуре композиции битума с модификатором приводит к некоторому повышению значений показателя «растяжимость при 0°C», что является косвенным подтверждением набухания частиц КМА в битуме во времени. Эластические свойства композиций, приготовленных на основе дорожных битумов разных марок, сохраняются после прогрева на уровне значений этого показателя, определенного сразу после их приготовления.

При оптимизации качества битума, используемого в качестве исходного сырья для приготовления резинобитумного вяжущего на основе модификатора «КМА» КОЛТЕК, можно достичь значительного снижения значений показателя «температура хрупкости».

Следует отметить, что, независимо от марки битума и содержания в нем модификатора, при воздействии высокой технологической температуры в отсутствии перемешивания вяжущие расслаиваются (табл. 3), что свидетельствует об их агрегативной неустойчивости и накладывает определенные обязательства на производителей и потребителей такого вида материалов по установке и соблюдению правил их хранения.

Результаты сопоставительного анализа значений показателей физико-механических свойств композиций битума с «КМА» КОЛТЕК (табл. 1, 2, 4) свидетельствуют о том, что структура расслоившихся при хранении в статических условиях при повышенной температуре композиций может быть восстановлена путем механического перемешивания массы.

Показатель	Длительность термостатирования, час	Номер образца	Значение показателя
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	0,5	1	2,74
		2	2,74
	1	3	2,75
		4	2,74
	2	5	2,74
		6	2,73
	3	7	2,74
		8	2,74
Водонасыщение, % по объему	0,5	1	0,68
		2	0,69
	1	3	0,57
		4	0,51
	2	5	0,77
		6	0,78
	3	7	0,41
		8	0,58

**Табл. 7. Результаты оценки значений показателей лабораторных образцов асфальтобетона, изготовленных из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа А марки I, содержащей «КМА» КОЛТЕК в количестве 0,3% масс, после воздействия высокой температуры. (Содержание битума в асфальтобетонной смеси 4,0%).  
Подача «КМА» КОЛТЕК в смеситель на каменный материал**

Длительное воздействие высокой температуры способствует более глубокому взаимодействию компонентов композиции на границе раздела фаз, что приводит к некоторому изменению значений показателей качества, по сравнению со свежеприготовленными композициями с тем же содержанием модификатора, что свидетельствует о снижении когезионной прочности вяжущих. Одним из основных видов разрушений дорожных асфальтобетонных покрытий является эрозия: отслоение пленки битумного вяжущего с поверхности каменного материала с последующим выносом щебня из

покрытия. Это характерно в основном для покрытий, устраиваемых с использованием минеральных материалов кислых пород, и происходит по причине отсутствия прочных связей между компонентами на границе раздела фаз.

В связи с вышесказанным, определенный интерес представляет оценка прочности сцепления битума, модифицированного КМА, с минеральными материалами разной химической природы, получение информации о влиянии комплексного модификатора на адгезионную прочность смесей с минеральными матери-

алами, которые широко используются на практике для изготовления асфальтобетонных смесей и характеризуются низкой (гранит) или недостаточной (габбро-диорит) прочностью сцепления с нефтяными дорожными битумами. Результаты оценки прочности сцепления композиций битума разных марок с минеральными материалами разной химической природы представлены в табл. 5.

Установлено, что, в отличие от нефтяных дорожных битумов, композиции их с комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК характеризуются высокой прочностью сцепления с минеральными материалами разной химической природы. Это значит, что при использовании этого вида битумного вяжущего в составе горячих асфальтобетонных смесей дополнительное введение адгезионных присадок не требуется.

Взаимодействие «КМА» КОЛТЕК с битумом подтверждается снижением при длительном воздействии высокой температуры значений показателя «водонасыщение» лабораторных образцов асфальтобетона. Например, стабилизация значений этого показателя для образцов, изготовленных из мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А марки I, приготовленной с использованием данного модификатора, поданного в мешалку «сухим» способом, наступает через три часа (табл. 6). В технологических условиях работы промышленных асфальтосмесительных установок, а именно, небольшого времени пребывания приготовленной смеси в бункере готовой продукции, обеспечить стабильность значений показателей физико-механических свойств изготавливаемых асфальтобетонных смесей не представляется возможным.

Образец асфальтобетонной смеси	Содержание битума в асфальтобетонной смеси, % масс	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Водонасыщение, % по объему
Традиционной (без модификатора)	4,0	2,74	2,07
С модификатором «КМА» КОЛТЕК в количестве 0,3% масс	4,0	2,74	0,69
С модификатором «КМА» КОЛТЕК в количестве 0,3% масс	3,8	2,75	1,01
С модификатором «КМА» КОЛТЕК в количестве 0,3% масс	3,6	2,74	1,41

**Табл. 8. Значения показателей физико-механических свойств лабораторных образцов асфальтобетона, изготовленных из мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А марки I традиционного состава и смеси, содержащей «КМА» КОЛТЕК.  
Подача «КМА» КОЛТЕК в смеситель на каменный материал**

Наиболее благоприятные условия для завершения процесса взаимодействия модификатора с битумом при «сухом» способе подачи его в смеситель могут быть созданы при подаче «КМА» КОЛТЕК в мешалку одновременно с битумом или на готовую битумо-минеральную смесь. Установлено, что при введении модификатора в готовую смесь значения показателя «водонасыщение» принципиально не меняются при длительном воздействии высокой температуры (табл. 7).

Это свидетельствует о том, что наиболее целесообразным способом ввода модификатора «КМА» КОЛТЕК в асфальтобетонную смесь на стадии ее изготовления является так называемый «мокрый», заключающийся в предварительном смешивании модификатора с горячим битумом и дальнейшем созревании вяжущего при высокой температуре и механическом перемешивании. Технологические условия этого процесса должны быть оптимизированы по времени, так как в значительной степени

зависят от особенностей химического состава нефтяного дорожного битума.

Введение модификатора «КМА» КОЛТЕК в асфальтобетонную мелкозернистую смесь типа А марки I традиционного состава, изготовленную с использованием минерального материала габбро-диабазы приводит к снижению значений показателя «водонасыщение» (табл. 8). Повысить значение этого показателя для смесей практически до нормы позволяет уменьшение содержания битума.

Тенденция к снижению значений показателя «водонасыщение» наблюдается и при введении «КМА» КОЛТЕК в крупнозернистую асфальтобетонную смесь типа А марки I и в ШМА, причем стабилизация значений этого показателя происходит через 1 час пребывания смеси при высокой технологической температуре. Показатель «стекания вяжущего» для ШМА к этому моменту составляет 0,08%, что позволяет уменьшить содержание стабилизирующей добавки в смеси.

Таким образом, модификация комплексным модификатором «КМА» КОЛТЕК позволяет получать асфальтобетонные смеси разных типов и марок, соответствующие по значению показателей физико-механических свойств стандартным требованиям, при условии создания технологических условий для стабилизации вяжущего в массе смеси и оптимизации ее рецептуры с учетом особенностей качества и химической природы используемых в ее составе дорожного битума и минерального материала.

**В.Е. Кошкар**ов, канд. техн. наук,  
технический специалист  
**ООО «Колтек-Кама»**  
**125080, Москва**  
**Волоколамское шоссе**  
**д. 1, стр. 1, оф. 811**  
**тел. +7 (495) 012-51-52**  
**e-mail: kama@koltech.ru**  
**www.koltech-relastic.ru**

**Т.С. Худякова**, канд. техн. наук,  
научный консультант