

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **15802**

(13) **С1**

(46) **2012.04.30**

(51) МПК

С 04В 26/26 (2006.01)

(54)

**МОДИФИЦИРОВАННАЯ ГОРЯЧАЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ**

(21) Номер заявки: а 20091899

(22) 2009.12.30

(43) 2011.08.30

(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Институт механики металлополимерных систем имени В.А.Белого Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(72) Авторы: Бочкарев Дмитрий Игоревич; Шаповалов Виктор Михайлович; Лапшина Елена Михайловна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Институт механики металлополимерных систем имени В.А.Белого Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(56) ВУ а 20050420, 2006.

ШАПОВАЛОВ В. М. и др. Доклады Национальной академии наук Беларуси. - 2007. - Т. 51. - № 1. - С. 100-103.

RU 2128632 С1, 1999.

RU 2156227 С1, 2000.

SU 1133280 А, 1985.

JP 10-88000 А, 1998.

EP 0332245 А2, 1989.

US 2002/0108534 А1.

(57)

1. Горячая асфальтобетонная смесь, содержащая щебень фракции 5-10 мм, песок из отсевов дробления и минеральный порошок при следующем их соотношении, мас. %:

щебень фракции 5-10 мм 45-70

песок из отсевов дробления 15-48

минеральный порошок 7-15,

битум в количестве 5,0-7,5 % от массы минеральной части, смесь соли поливалентного металла и полимера на основе стирола, взятых в соотношении 1:1, в качестве модифицирующей добавки в количестве 0,5-5,0 % от массы минеральной части и базальтовое волокно или стекловолокно, или их смесь в соотношении 1:1 в качестве армирующей добавки в количестве 0,25-3,0 % от массы минеральной части.

2. Горячая асфальтобетонная смесь по п. 1, **отличающаяся** тем, что модифицирующая добавка в качестве соли поливалентного металла содержит порошкообразный сульфат алюминия.

3. Горячая асфальтобетонная смесь по п. 1, **отличающаяся** тем, что модифицирующая добавка в качестве соли поливалентного металла содержит порошкообразный хлорид титана.

4. Горячая асфальтобетонная смесь по п. 1, **отличающаяся** тем, что модифицирующая добавка в качестве полимера на основе стирола содержит порошкообразный полистирол.

Изобретение относится к дорожно-строительным композиционным материалам и может использоваться при строительстве и ремонте асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, аэродромов или других искусственных сооружений.

ВУ 15802 С1 2012.04.30

Известна горячая асфальтобетонная смесь, включающая (мас. %): щебень фракции 5-10 мм (30-45), щебень фракции 10-15 мм (15), песок из отсевов дробления (33-48), минеральный порошок (7) и битум (5,6-6,0 % от массы минеральной части) [1]. Температура приготовления смеси составляет 140-160 °С. Недостатками данного материала являются низкие предел прочности при сжатии и модуль остаточной (пластической) деформации, приводящие к образованию колеи на автодорожном покрытии в местах высокой интенсивности движения транспортных средств. Кроме того, данный материал имеет низкую атмосферостойкость, выражающуюся в появлении трещин и выкрашивании отдельных зерен при чередующихся циклах замораживания и оттаивания в зимний период.

Известны способы модифицирования битума, входящего в асфальтобетонную смесь, посредством введения в него синтетических каучуков в виде растворов, порошка, мастики, латекса или эмульсии. При этом увеличиваются предельные деформации, стойкость к удару, теплоустойчивость модифицированного вяжущего, снижается его температура хрупкости и, как следствие, повышаются физико-механические свойства получаемой асфальтобетонной смеси [2]. Недостатками материала являются зависимость физико-механических свойств от технологических режимов приготовления (при температуре 130 °С каучукобитумные смеси можно хранить не более 72 ч, при 160 °С - не более 12 ч, при 200 °С - не более 1 ч), высокая стоимость, а также невысокие значения предела прочности при сжатии и модуля остаточной деформации.

Известны способы модифицирования битума введением термоэластопластов (2,0-2,5 % от массы битума) [2-4]. Получаемый вяжущий материал характеризуется образованием пространственной структурной сетки, образуемой макромолекулами полимера и обуславливающей его повышенную эластичность и прочность в широком интервале температур. Недостатками данного материала являются возможность разделения фаз вяжущего и модификатора при транспортировании и хранении, что требует применения специального технологического оборудования, а также высокая стоимость.

Известны способы модифицирования битумов с использованием регенерированной резины и резиновой крошки [2-7]. Другой технологией введения резинового порошка в асфальтобетонную смесь является его смешивание с минеральным материалом [2, 4]. Верхний слой покрытия автодороги, выполненный из асфальтобетона с использованием резино-битумного вяжущего, обладает высокой демпфирующей способностью, повышенным коэффициентом сцепления с колесами автомобилей и пониженным уровнем шума. Недостатками данного материала являются зависимость физико-механических свойств от качества и дисперсности резиновой крошки и технологических режимов приготовления, сложность укладки и уплотнения при производстве дорожных работ, высокая стоимость.

Известны способы модифицирования битума полиэтиленом, позволяющие повысить деформационные свойства асфальтобетона [2, 3]. Недостатками данного материала являются относительно высокая продолжительность приготовления, снижающая производительность производства, зависимость физико-механических свойств от технологических режимов, высокая стоимость, а также невысокая устойчивость полученного вяжущего против расслоения.

Известны способы армирования асфальтобетона синтетическими волокнами (полипропиленовыми, полиэфирными, полиамидными или ПАН-волокнами) [8]. Армированные полимерными волокнами асфальтобетоны обладают повышенной прочностью, термоустойчивостью и износостойкостью. Недостатками данного материала являются повышенный расход битума, зависимость физико-механических свойств от качества и состояния поверхности волокон, высокая стоимость. Другой технологией армирования асфальтобетонного покрытия является укладка геосеток между конструктивными слоями дорожных одежд. Это позволяет сокращать количество температурных трещин, перенаправлять вертикальные нагрузки в горизонтальную плоскость, перераспределять и снижать напряжения с слое асфальтобетона и, как следствие, бороться с келейностью, сдвигами и

BY 15802 C1 2012.04.30

напыльями в покрытии. В настоящее время в качестве материалов для геосеток используют нетканый геотекстиль, стекловолокно, базальт и полиэстер. В то же время данная технология имеет недостатки, заключающиеся в сложности распределения геосеток при укладке асфальтобетона, возможности их наматывания на фрезу при регенерации, а также высокую стоимость.

Известна асфальтобетонная смесь, включающая минеральный наполнитель, битумное вяжущее и минеральный порошок, в качестве которого используется гидратированный цемент при следующем соотношении компонентов (мас. %): минеральный наполнитель (щебень из гравия фракции 5-20 мм и кварцевый песок или грунт фракции 0-20 мм) (77-94), битумное вяжущее (битум или нефтяной гудрон) (5-8), гидратированный цемент фракции менее 1,25 мм (1-15) [9]. Недостатками данного материала являются низкие предел прочности при сжатии и модуль остаточной (пластической) деформации, приводящие к образованию колеи на автодорожном покрытии в местах высокой интенсивности движения транспортных средств. Кроме того, данный материал имеет низкую атмосферостойкость, выражающуюся в появлении трещин и выкрашивании отдельных зерен при чередующихся циклах замораживания и оттаивания в зимний период.

Известна горячая асфальтобетонная смесь, включающая (мас. %): щебень фракции 5-15 мм, природный песок, минеральный порошок (9,5), битум (5,5), а также порошок, полученный переработкой фенопластовых отходов производства и потребления (10-15 % от массы минерального порошка) [10]. Данный материал имеет повышенные физико-механические характеристики по сравнению с асфальтобетоном, не модифицированным фенопластовым порошком. Однако переработка и применение отходов фенопластов представляет опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату является горячая асфальтобетонная смесь, включающая (мас. %): щебень фракции 10-15 мм (45-70), песок из отсевов дробления (15-48), минеральный порошок (7-15), битум (5,0-7,5), порошкообразный полистирол с размером частиц 0,01-3,0 мм или его смесь с дисперсной резиной при их массовом соотношении 1:(0,25-0,50) в количестве 0,5-3,0 мас. %, и пенополистирол или порофор, или их смесь при массовом соотношении 1:(0,5-1,0) в количестве 5,0-10,0 мас. % от массы битума [11]. Температура приготовления смеси составляет 140-160 °С. Недостатками данного материала являются недостаточно высокие предел прочности при сжатии и модуль остаточной (пластической) деформации, приводящие к образованию колеи на автодорожном покрытии в местах высокой интенсивности движения транспортных средств, и невысокая атмосферостойкость, выражающаяся в появлении трещин и выкрашивании отдельных зерен при чередующихся циклах замораживания и оттаивания в зимний период.

Задачей изобретения является повышение прочности и морозостойкости асфальтобетонной смеси, а также снижение ее водонасыщения. При этом реализация изобретения будет способствовать расширению областей применения полимерных отходов, образующихся в среде производства и потребления.

Поставленная задача достигается тем, что горячая асфальтобетонная смесь, содержащая щебень фракции 5-10 мм, песок из отсевов дробления и минеральный порошок при следующем их соотношении, мас. %:

щебень фракции 5-10 мм	45-70
песок из отсевов дробления	15-48
минеральный порошок	7-15,

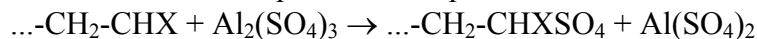
битум в количестве 5,0-7,5 % от массы минеральной части, смесь соли поливалентного металла и полимера на основе стирола, взятых в соотношении 1:1, в качестве модифицирующей добавки в количестве 0,5-5,0 % от массы минеральной части и базальтовое волокно или стекловолокно, или их смесь в соотношении 1:1 в качестве армирующей добавки в количестве 0,25-3,0 % от массы минеральной части. При этом модифицирую-

BY 15802 C1 2012.04.30

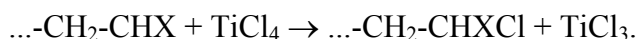
шая добавка в качестве соли поливалентного металла содержит порошкообразные сульфат алюминия или хлорид титана, а модифицирующая добавка в качестве полимера на основе стирола содержит порошкообразный полистирол.

Сущность изобретения и предположительный механизм действия компонентов заключается в следующем.

При использовании в качестве модификаторов битума солей поливалентных металлов, в частности $Al_2(SO_4)_3$ или $TiCl_4$, характерной особенностью является смещение точек фазовых превращений такого вяжущего в более высокотемпературную область, позволяющее заключить, что соли поливалентных металлов являются ингибиторами окисления, а процесс ингибирования сводится к передаче электрона:



или



Таким образом, модифицирование битума солями поливалентных металлов приводит к снижению содержания асфальтенов, а также активных центров окисления, что повышает эластичность вяжущего. При этом соли четырехвалентных металлов ($TiCl_4$) действуют более направленно, но имеют высокую стоимость.

Высокие физико-механические характеристики композиционных асфальтобетонных смесей, в состав которых введен мелкодисперсный наполнитель, содержащий полимеры на основе стирола, объясняются также повышенным сцеплением его частиц и битума, обеспечиваемым электростатическим притяжением положительных зарядов поверхности частиц мелкодисперсного наполнителя и отрицательных, принадлежащих асфальтогенным кислотам, входящим в состав битума и являющихся анионными поверхностно-активными веществами. Таким образом, структурированная дисперсная система, выполняющая роль вяжущего материала в композите, получает положительный электрический заряд, что дополнительно способствует повышению ее сцепления с минеральным материалом (гранитным щебнем), поверхность которого электроотрицательна.

Механизм взаимодействия полимерных модификаторов с битумным вяжущим можно представить следующим образом: после перехода битума в жидкую фазу происходит частичное или полное растворение в нем модификатора, имеющего близкую температуру плавления (в частности полимеров на основе стирола). На это указывает наличие на кривых дифференциально-термического анализа одного пика плавления для системы "битум-полимер" и подтверждается близостью параметров растворимости Хильдебранта, которые составляют для битума $17,4 \text{ (МДж/м}^3)^{0,5}$, а для полистирола - $17,4-19,0 \text{ (МДж/м}^3)^{0,5}$ соответственно. Данный процесс может сопровождаться изменением группового состава битума, в частности уменьшением количества асфальтенов вследствие их пептизации, заключающейся в расщеплении на карбены и карбоиды под действием адсорбционных сил, связывающих коллоидные частицы с молекулами или ионами дисперсионной среды, представляющей собой жидкую фазу "расплав полимера - смолы - масла", и преодолевающих силы сцепления частиц дисперсной фазы друг с другом вследствие высокой полярности молекул полимера. Это обеспечивает снижение вязкости и повышение эластичности битума в композите, а также регулирование его термической чувствительности, заключающейся в смещении температур размягчения и вспышки в более высокотемпературную область вследствие изменения комплекса физико-химических свойств.

На основе исследования кинетики процессов технологического совмещения полимерного модификатора с битумным вяжущим установлен эффект модифицирования, проявляющийся в снижении его вязкости в начальной стадии совмещения (фиг. 1), что может способствовать усилению адгезионного контакта с минеральным материалом вследствие лучшего обволакивания зерен щебня, и последующем росте вязкости вследствие образования в битуме объемной фазы модификатора, обеспечивающей повышение эластичности и прочности пленки вяжущего в композите, что в совокупности приводит к повышению

физико-механических свойств асфальтобетонной смеси. На фиг. 1 показано влияние содержания полистирола на вязкость битума.

Влияние солей поливалентных металлов на физико-механические свойства асфальтобетонных смесей аналогично влиянию полистирола (фиг. 2), т.к. они при совмещении с битумом, согласно данным дифференциально-термического анализа и ИК-спектроскопии, могут играть роль ингибиторов окисления, способствуя уменьшению количества асфальтенов. При этом возможно снижение вязкости битума и изменение его термической чувствительности. В то же время исследуемый процесс протекает быстрее, чем в случае использования полимерного модификатора (фиг. 2). На фиг. 2 показано влияние содержания $Al_2(SO_4)_3$ на вязкость битума.

Таким образом, введение в композиционную асфальтобетонную смесь солей поливалентных металлов или смеси солей поливалентных металлов и полимеров на основе стирола приводит к комплексному изменению физико-химических свойств вяжущего и, как следствие, к повышению эксплуатационных характеристик асфальтобетона. Одновременно с улучшением физико-механических свойств асфальтобетонных смесей при модифицировании солями поливалентных металлов возможно появление противогололедного эффекта, выражающегося в снижении температуры, при которой на получаемом асфальтобетонном покрытии возможно образование льда вследствие растворения в воде кристаллов соли, не прореагировавших с битумом.

Введение в асфальтобетонную смесь армирующих материалов (в частности базальтовых волокон или стекловолокна) создает условия, при которых формируется армирующий каркас в композиционной системе. В результате этого повышается трещиностойкость асфальтобетонной смеси при низких температурах, снижается миграция битума на поверхность покрытия при повышенных температурах и, как следствие, возрастает устойчивость асфальтобетона к колееобразованию.

Модифицированную асфальтобетонную смесь готовят следующим образом. Минеральные материалы (щебень и песок из отсевов дробления), входящие в состав смеси, предварительно высушивались до постоянной массы, битум обезвоживался, после чего компоненты взвешивались в количествах, соответствующих рецептуре, с погрешностью взвешивания не более $\pm 1,0$ г. При введении модифицирующих добавок в битум последний разогревался до жидкого состояния в металлическом сосуде, в который вводилось с одновременным перемешиванием требуемое количество добавки. После нагрева до температуры 140-160 °С продолжительностью 1 ч (минеральный порошок дозировался в холодном состоянии, а модифицирующая добавка и армирующие материалы в случае их введения непосредственно в композиционную смесь дозировались как в холодном состоянии, так и при температуре минеральных материалов) компоненты объединялись и принудительно перемешивались до достижения полной однородности смеси и равномерного покрытия вяжущим зерном заполнителя.

Для последующего определения физико-механических свойств модифицированной асфальтобетонной смеси изготавливались цилиндрические образцы, высота которых равна диаметру, получаемые уплотнением смеси в стальной форме, представляющей собой полый цилиндр, в котором обеспечивается двустороннее приложение нагрузки посредством передачи давления на уплотняемую смесь, помещаемую между двумя вкладышами, свободно передвигающимися навстречу друг другу. Перед изготовлением образцов детали формы выдерживались при температуре 90-100 °С в течение 30 минут. Далее форма со вставленным нижним вкладышем заполнялась смесью в три приема с послойным штыкованием и вставлялся верхний вкладыш. После этого форма со смесью устанавливалась между плитами пресса, обеспечивающего погрешность измерения нагрузки не более 2 %, и подвергалась давлению, равному 40 МПа, в течение $3 \pm 0,1$ мин [1]. Полученные в результате формования образцы (диаметр 71,4 мм, высота $71,4 \pm 1,5$ мм), имеющие дефекты кромок (сколы, смятия высотой более 3 мм) и непараллельность верхнего и нижнего осно-

ВУ 15802 С1 2012.04.30

ваний (разность высот образца по образующей более 3 мм), выбраковывались. Качественные образцы выдерживались при температуре окружающей среды в течение 48 часов до проведения физико-механических испытаний.

Определение физико-механических параметров осуществлялось на испытательном стенде ComTen 94С (США) в соответствии с требованиями [1], обеспечивающем погрешность силоизмерителя $\pm 1,9\%$ и регистрирующем деформацию с точностью $\pm 0,3$ мм. Перед испытанием образцы выдерживались при температуре 50 ± 2 °С в водяной бане в течение 1 часа, т.е. испытывались в водонасыщенном состоянии. Определение водонасыщения и набухания образцов осуществлялось по величине увеличения массы образцов после их выдержки в дистиллированной воде в соответствии с требованиями [1].

Из полученных результатов следует, что предлагаемый материал обладает более высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, чем прототип (таблица).

Физико-механические свойства горячих асфальтобетонных смесей

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка на основе $Al_2(SO_4)_3$	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе базальтовых волокон	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,54	2,04	1,65	1,43	1,32	1,30	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	36,6	42,9	38,1	37,6	35,4	34,9	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,5	0,7	0,9	1,6	1,55	1,58	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,22	0,20	0,31	0,33	0,35	0,34	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,94	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,80	0,83

Продолжение таблицы

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка на основе $Al_2(SO_4)_3$	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе стекловолокна	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,51	1,98	1,60	1,44	1,31	1,23	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	36,1	41,4	37,5	35,6	34,9	34,6	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,6	1,0	1,2	1,6	1,6	1,7	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,28	0,25	0,31	0,35	0,38	0,41	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,92	0,93	0,93	0,90	0,89	0,88	0,80	0,83

Продолжение таблицы

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка на основе $Al_2(SO_4)_3$	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе смеси базальтовых волокон и стекловолокна в соотношении 1:1	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,52	2,01	1,63	1,43	1,32	1,27	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	36,3	42,2	37,8	36,7	35,2	34,7	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,5	0,9	1,0	1,5	1,5	1,6	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,25	0,22	0,31	0,34	0,36	0,40	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,93	0,94	0,93	0,91	0,9	0,87	0,80	0,83

Продолжение таблицы

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка (комплексная добавка) на основе $Al_2(SO_4)_3$ и порошкообразного полистирола в соотношении 1:0,25	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе базальтовых волокон	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,61	2,03	1,66	1,51	1,42	1,38	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	37,1	42,4	40,9	37,4	35,9	34,7	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,2	0,7	0,9	1,2	1,5	1,6	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,25	0,20	0,24	0,28	0,32	0,34	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,94	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89	0,80	0,83

Продолжение таблицы

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка (комплексная добавка) на основе $Al_2(SO_4)_3$ и порошкообразного полистирола в соотношении 1:0,25	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе стекловолокна	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,57	1,91	1,58	1,48	1,37	1,35	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	36,7	40,9	40,2	36,6	35,3	34,1	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,5	0,9	1,1	1,4	1,5	1,6	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,35	0,27	0,29	0,32	0,36	0,38	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,93	0,94	0,93	0,90	0,89	0,87	0,80	0,83

Продолжение таблицы

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка (комплексная добавка) на основе $Al_2(SO_4)_3$ и порошкообразного полистирола в соотношении 1:0,25	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе смеси базальтовых волокон и стекловолокна в соотношении 1:1	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,59	1,93	1,61	1,50	1,39	1,36	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	36,9	41,1	40,6	36,9	35,5	34,3	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,4	0,8	1,0	1,3	1,6	1,7	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,33	0,25	0,26	0,30	0,35	0,37	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,93	0,95	0,94	0,91	0,89	0,88	0,80	0,83

Продолжение таблицы

Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсеков дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка (комплексная добавка) на основе $TiCl_4$ и порошкообразного полистирола в соотношении 1:0,25	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе базальтовых волокон	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,68	2,13	1,75	1,56	1,48	1,44	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	38,3	44,5	40,8	38,3	36,5	35,6	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,1	0,7	0,9	1,2	1,5	1,6	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,22	0,19	0,25	0,27	0,32	0,33	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,96	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	0,80	0,83

Продолжение таблицы

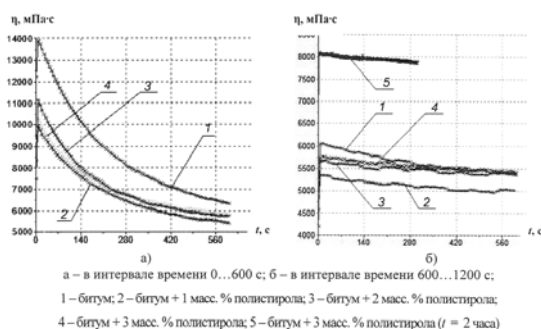
Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип	Заявляемая композиция						Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка (комплексная добавка) на основе $TiCl_4$ и порошкообразного полистирола в соотношении 1:0,25	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе стекловолокна	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,65	2,09	1,71	1,50	1,44	1,39	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	37,6	43,9	40,2	37,9	36,2	35,1	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,1	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,27	0,22	0,27	0,30	0,33	0,34	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,94	0,95	0,93	0,91	0,90	0,89	0,80	0,83

Продолжение таблицы

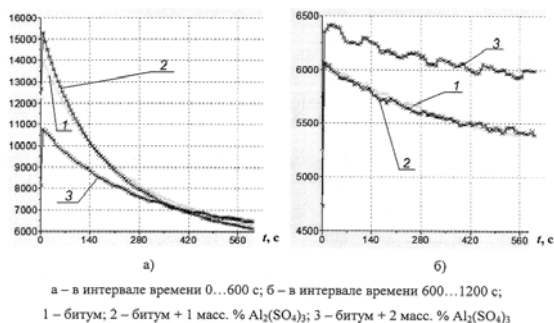
Компоненты	Рецептуры смесей, мас. %								
	Прототип		Заявляемая композиция					Контрольные	
Щебень фр. 5-10 мм	66	30	45	60	70	80	80	60	45
Песок из отсевов дробления	24	40	48	30	15	10	10	33	48
Мин. порошок	10	30	7	10	15	10	10	7	7
Битум	6,3	4,0	5,0	6,0	7,5	8,0	8,0	5,6	6,0
Порошкообразный полистирол	2,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисперсная резина	1,0 от массы битума	-	-	-	-	-	-	-	-
Модифицирующая добавка (комплексная добавка) на основе TiCl ₄ и порошкообразного полистирола в соотношении 1:0,25	-	0,25	0,5	2,0	3,0	5,0	5,25	-	-
Армирующая добавка на основе смеси базальтовых волокон и стекловолокна в соотношении 1:1	-	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	3,25	-	-
Физико-механические свойства									
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,49	1,66	2,11	1,73	1,52	1,46	1,42	1,35	1,24
Модуль остаточной (пластической) деформации, МПа, при температуре 50 °С	37,2	38,0	44,1	40,5	38,1	36,3	35,4	30,5	35,4
Водонасыщение, % по объему	1,6	1,1	0,8	0,9	1,2	1,5	1,6	2,6	2,3
Набухание, % по объему	0,41	0,25	0,20	0,26	0,28	0,33	0,34	0,47	0,45
Коэффициент морозостойкости	0,90	0,95	0,95	0,94	0,92	0,91	0,90	0,80	0,83

Источники информации:

1. СТБ 1033-2004 Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
2. Бонченко Г.А. Асфальтобетон. Сдвигоустойчивость и технология модифицирования полимером. - М.: Машиностроение, 1994. - 176 с.
3. Кашевская Е.В. Регенерация асфальтобетонов / Под ред. И.И.Леонovichа. - Минск: Дизайн ПРО, 2003. - С. 192.
4. Гезенцев Л.Б., Горелышев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В. Дорожный асфальтобетон / Под общ. ред. Л.Б.Гезенцева. - М.: Транспорт, 1985. - С. 350.
5. Артемов В.М., Макаренко Л.П. Изучение влияния природы резиновой крошки и температуры смешения на свойства резино-битумных композиций // Производство шин, резино-технических и асбоцементных изделий. - 1983. - № 7. - С. 4-7.
6. Макаров В.М., Дроздовский В.Ф. Использование амортизированных шин и отходов производства резиновых изделий. - Л.: Химия, 1986. - С. 249.
7. Смирнов Н.В. Вяжущие материалы БИТРЭК на основе химически обработанных окисленных битумов и мелкодисперсной резиновой крошки // Дороги России XXI века. - 2002. - № 6. - С. 70-78.
8. Платонов А.П. Полимерные материалы в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1994. - С. 280.
9. Патентная заявка России 2002 120 680, МПК Е 01С 7/00, 2004.
10. Содержание и строительство автодорог. Тематическая подборка Бел-АНТДИ № 312-50.07-91. - Гомель, 1991.
11. Патент РБ 12694, МПК⁷ С 04В 26/26, 2006 (прототип).



Фиг. 1



Фиг. 2