

УДК 625.7/8: 691.16

ИССЛЕДОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНОЙ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ - ПРАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И ВЫВОДЫ

Назаренко Г.В.Старший научный сотрудник
(АО «КаздорНИИ, e-mail: g.nazarenko@qazjolgzi.kz)**Прежекенова А.С.**Ведущий инженер
(АО «КаздорНИИ, e-mail: a.przhekenova@qazjolgzi.kz)

АННОТАЦИЯ

Эффективность использования продуктов переработки шин на примере применения активной резиновой крошки (АРК) производства Республики Казахстан для устройства трещинопрерывающих слоев заключается в улучшении физико-механических и эксплуатационных свойств резинобитумных вяжущих и горячего плотного резино-асфальтобетона типа Б. Активная резиновая крошка (АРК) соответствует требованиям СТ РК 2028, и ее оптимальные пропорции определяются экспериментальным путем. По сравнению с традиционной асфальтобетонной смесью типа Б - резино-асфальтобетонная смесь типа Б с использованием резиновой крошки (АРК) повышает прочностные свойства, водостойкость, деформативную устойчивость асфальтобетонного покрытия при высоких и низких эксплуатационных температурах; уменьшает колееобразование на покрытии, увеличивает межремонтные сроки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Активная резиновая крошка (АРК), резинобитумные вяжущие (РБВ), горячая плотная резино-асфальтобетонная смесь типа Б (РА тип Б), прочностные характеристики резино-асфальтобетона, марка вяжущего РГ, устойчивость к колееобразованию, модуль упругости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Проблема использования изношенных шин имеет важное экологическое значение во всем мире. Вышедшие из употребления шины накапливаются в местах эксплуатации (автохозяйства, промышленные предприятия и т.п.) и, тем самым загрязняют окружающую среду, кроме того, шины обладают высокой пожарной опасностью и их без контрольное сжигание оказывает необратимое влияние на окружающую среду. Одним из простых способов утилизации изношенных шин является измельчение отходов резины, поскольку позволяет максимально сохранить физико-механические и химические свойства материала.

Проблема предотвращения и снижения трещинообразования и колееобразования находится в центре внимания специалистов дорожной отрасли во всем мире, поскольку снижает транспортно-эксплуатационные характеристики асфальтобетонных покрытий [1]. Республика Казахстан расположена в трех дорожно-климатических зонах и имеет в основном резко континентальный климат. Высокие летние и низкие зимние температуры требуют принятия мер против образования колеи и трещинообразования.

Усложняют работу асфальтобетонных покрытий частые температурные переходы через 0 °С. Качество дорожных битумов также влияет эксплуатационные свойства дорожных покрытий. У вязких дорожных битумов практически отсутствуют упругие свойства, от которых зависит их устойчивость к разрушению под действием циклической нагрузки, поэтому битумные вяжущие принципиально требуют модификации и улучшения физико-механических свойств в условиях постоянно растущих транспортных нагрузок [2, 3]. На сегодняшний день в мире существует два основных способа получения РА: «мокрый способ», который требует предварительную подготовку вяжущего - ввод резиновой крошки в дорожный битум при температурах от 170 °С до 210 °С с пластификаторами (сланцевое, антраценовое масло) и полиэтиленовым воском с целью достижения максимального эффекта набухания резины в битуме, и «сухой способ», который предусматривает непосредственное введение резиновой крошки на разогретый каменный материал непосредственно в смеситель. «Мокрый» способ введения резиновой крошки требует специального оборудования, высокой температуры (выше 180 °С) нагрева, необходимость

повторного нагрева для предотвращения расслаивания, обеспечения постоянного лабораторного контроля, что приводит к увеличению стоимости (от 20 % - 100 %) РА по сравнению с обычными горячими асфальтобетонными смесями. Дальнейшее развитие технологии и обогащения резиновой крошки позволило устранить недостатки, и применять наиболее экономичный «сухой» метод производства РА. Специалисты всего мира и в настоящее время активно занимаются исследованиями степени изменения и размером гранул резиновой крошки, ее влиянием на свойства дорожных битумов и РА, разработкой оптимальных рецептов РА, в которых максимально проявляются результаты модификации. Именно положительные результаты лабораторных и полевых исследований позволили создать прочную доказательную базу в США, странах Европы (Бельгии, Германии, Франции, Австрии), Китая - преимущественного применения РБВ и РА перед обычными смесями.

Преимуществами РА являются: улучшение физико-механических свойств асфальтобетонов за счет увеличения вязкости нефтяного битума и когезионных связей, резкое снижение старения материала, увеличение температурной устойчивости при высоких и низких температурах, долговечности покрытий (трещинопрерывание, усталостная долговечность, износ, устойчивость к колеобразованию), снижение шума на 4-12 дБ; и улучшение экологической составляющей посредством утилизации продуктов изношенных шин [4].

Постановка задачи. Улучшение физико-механических и эксплуатационных характеристик РБВ и РА (устойчивости к колеобразованию, трещиностойкости) на примере их модификации активной резиновой крошкой (АРП) производства Республики Казахстан.

Новизна. Новизна заключается в оценке работы новых материалов и особенностей технологии, которые не производились и не применялись в условиях резко континентального климата Республики Казахстан для разработки новых технических решений для успешного внедрения в практику строительства и ремонта автомобильных дорог.

Методы исследования. Для приготовления РБВ использовался в качестве исходного - вязкий битум марки БНД 100/130 ТОО «Павлодарского нефтехимического завода», отвечающий требованиям СТ РК 1373-2013. На его основе были приготовлены РБВ с содержанием активной крошки АРП с содержанием (10 %, 15 % и 20 %) с целью обеспечения их соответствия требованиям СТ РК 2028-2010. Работы по подбору составов РБВ велись как в соответствии с требованиями действующего стандарта СТ РК 2028-2010 так и Технических условий «Суперпейв».

Система проектирования состава асфальтобетонной смеси «Суперпейв» (Superpave) отличается от других методов проектирования составов тем, что для дорог с интенсивным движением ставит перед собой задачу количественного прогноза состояния асфальтобетонного покрытия во времени для конкретных условий эксплуатации.

Выбор марки битумного вяжущего производится на основании показателей температурной чувствительности и вязкоупругих свойств вяжущего после старения с учетом расчетных минимальных и максимальных температур покрытия по техническим условиям «Суперпейв». РБВ, квалифицируемые по эксплуатационным показателям (поведение на стадии транспортировки, хранения, в процессе производства смесей, строительства покрытий и длительной эксплуатации) выбираются в зависимости от климатических условий района эксплуатации асфальтобетона. При этом требования к физико-механическим являются постоянными,

по эксплуатационным показателям. При выборе марки битумного вяжущего в качестве расчетной температуры следует использовать температуру покрытия, а не температуру воздуха. Для верхних слоев покрытий высокую расчетную температуру покрытия определяют на глубине 20 мм от его поверхности, а низкую расчетную температуру на поверхности покрытия. Карта районирования Республики Казахстан по расчетным температурам асфальтобетонного покрытия была разработана специалистами института на основании исследований нестандартных свойств вяжущих и асфальтобетонов, которая приведена [2]. Эксплуатационные свойства РБВ характеризуются низкотемпературной и высокотемпературной устойчивостью. В системе «Суперпейв» (Superpave): старение битумных вяжущих материалов под действием давления и температуры (PAV) моделирует старение битумного вяжущего материала в составе дорожного покрытия в течение 5-10 лет его эксплуатации, а с помощью динамического сдвигового реометра (DSR) получают информацию о возможных появлениях колеи и усталостных трещин в дорожном покрытии. Определение жесткости и скорости ползучести при отрицательных температурах с помощью реометра с изгибаемой балкой (BBR) позволяет прогнозировать сопротивление битумных вяжущих материалов и асфальтобетонных покрытий деформациям при низких температурах. Для определения эффективности применения активной резиновой крошки (АРП) в составе асфальтобетона приготовлены асфальтобетонные смеси с ее содержанием 0,9 % и 1,2 % от массы смеси. Для проведения лабораторных исследований выбор исходных материалов обоснован имеющимися результатами испытаний асфальтобетонов, отработанных и апробированных в АО «КаздорНИИ». Приготовление РА производится путем взвешивания расчетного количества исходных материалов, нагрева каменных материалов в сушильном шкафу до температуры 180 °С - 190 °С, введения на него АРП, перемешивания в лабораторной лопастной мешалке, затем добавления минерального порошка и битума, нагретого до рабочей температуры 150 °С. Температура готовой контрольной смеси составляла - 150 °С, а РА - 180 °С.

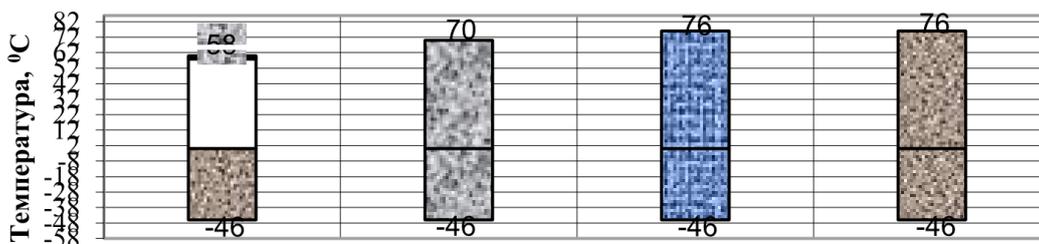
Стандартные испытания проведены в соответствии с СТ РК 1218. Требования к контрольной асфальтобетонной смеси определены по СТ РК 1225, а РА типа Б по СТ РК 2028.

Определение модуля упругости и глубины образования колеи проводилось на образцах, приготовленных с применением роллерного компактора модели CRT-RC2S в соответствии с СТ РК EN 12697-33-2012. Глубина образования колеи определялась по СТ РК EN 12697-22-2012. На приборе четырехточечного изгиба, помещенного в специальную термокамеру, в соответствии с требованиями стандарта EN 12697-26:2004 определяли модуль упругости.

Результаты испытаний резино-битумных вяжущих. Стандартные показатели РБВ с активной резиновой крошкой (АРП) в количестве 10 %, 15 % и 20 % определялись на соответствие требованиям СТ РК 2028 -2010.

Из анализа результатов испытаний следует, что требованиям СТ РК 2028 полностью соответствует проба РБВ с содержанием АРП - 15 %, проба РБВ с содержанием АРП - 10 % имеет незначительные отклонения по показателям изменения температуры размягчения после прогрева и растяжимости при температуре 25 °С. Для улучшения сцепления РБВ с каменным материалом введена адгезионная добавка Амдор (0,3 %) в состав битума.

Результаты определения низкотемпературных показателей по BBR и высокотемпературных характеристик по DSR - РБВ отражены в определении их марки PG по системе Суперпейв, которые приведены на рисунке 1.



□ "БНД 100/130 ПНХЗ"

Рисунок 1 - Марка (PG grade) РБВ с активированной резиновой крошкой (АРП)
Fig. 1- PG grade RBB with activated crumb rubber (ARP)

Результаты испытаний резино-асфальтобетона. Основные стандартные показатели резино-асфальтобетона представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики резино-асфальтобетона РА типа Б
Table 1 - Characteristics of rubber-asphalt-concrete RA type B

Наименование показателя	Единица измерения	Требования НД		Фактические значения с содержанием АРП % от массы смеси		
		СТРК 1225	СТРК 2028	0	0,9	1,2
Средняя плотность	г/см ³	-	-	2,37	2,38	2,38
Водонасыщение	%	1,5-4,0	1,5-4,0	3,4	2,8	2,8
Остаточная пористость асфальтобетона	%	2,5-5,0	2,5-5,0	3,8	4,1	3,8
Предел прочности при сжатии при температуре:	МПа	Не более 13	Не более 13	7,4	5,4	6,0
	МПа	Не менее 2,5	Не менее 2,5	3,4	4,0	4,4
	МПа	Не менее 1,3	Не менее 1,8	1,38	1,8	2,2
Водостойкость	-	Не менее 0,75	Не менее 0,80	0,8	0,87	0,90
Сдвигоустойчивость	МПа	Не менее 0,38	Не менее 0,38	0,39	0,68	0,65
Трещиностойкость	МПа	4,0-6,5	4,0-6,5	4,5	4,0	4,3

Результаты определения глубины колеи РА типа Б. График зависимости глубины колеи от количества (циклов) прохода колеса асфальтобетону приведены на рис. 2. Из анализа результатов испытаний следует, что глубина колеи при 10000 проходах колеса при температуре 60 °С в РА типа Б марки I с применением АРП в количестве 0,9 % и битума БНД 100/130 - 4,9 % и АРП - 1,2 % и битума БНД 100/130 - 4,6 % ТОО «ПНХЗ» составляет соответственно 3,7 мм и 1,36 мм, тогда как у традиционной асфальтобетонной смеси типа Б марки I -5,62 мм.

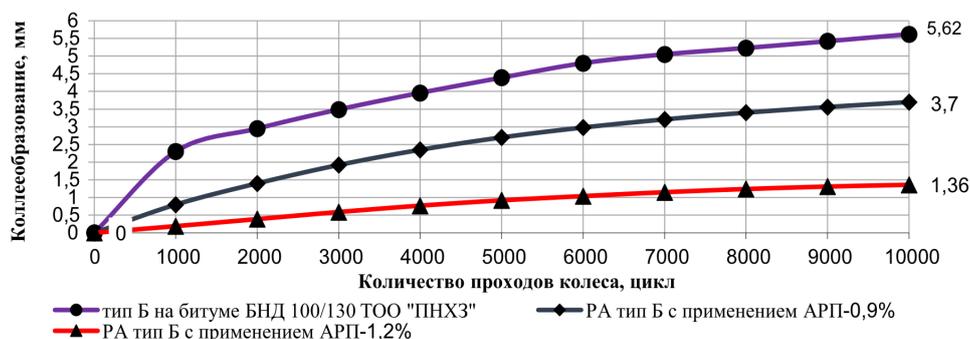


Рисунок 2 - Зависимость колееобразования от количества проходов (циклов) колеса по РА типа Б с применением активной резиновой крошки АРП производства РК
Fig. 2 - Dependence of rutting on the number of passages (cycles) of the wheel along RA type B with the use of Activated Crumb Rubber (ARP) of RK production

Результаты определения модуля упругости РА типа Б. Для каждого испытания готовились образцы в двух параллелях. Перед испытанием образцы выдерживались в термостате CRT-TCC до достижения заданной температуры. Испытания проводились в режиме постоянной деформации ($\epsilon = \text{const}$) и при частоте $f=10$ Гц (количество циклов $N=100$) при температурах -10 °С, 0 °С, 10 °С, 20 °С, 30 °С, 40 °С и 50 °С. Образцы подвергались синусоидальному нагружению при контролируемой деформации. Получаемая информация характеризует стойкость материала. На рисунке 3 приведены результаты определения модуля упругости РА по сравнению с контрольной смесью типа Б марки I.

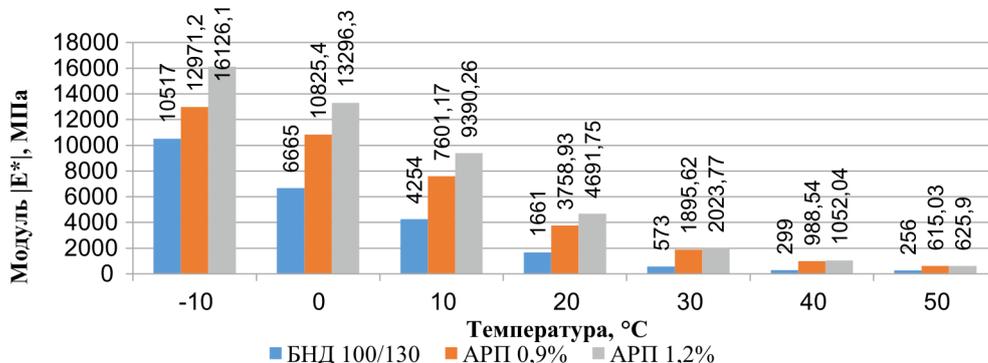


Рисунок 3 – Результаты определения модуля упругости асфальтобетона и резино-асфальтобетона с модификатором АРП типа Б марки I

Fig.3 – Determination results for elasticity modulus of the asphalt concrete and rubber asphalt concrete with Activated Crumb Rubber (ARP) type B grade I

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенных лабораторных исследований активная резиновая крошка (АРП) производства Республики Казахстан является материалом полимерным, улучшающим и структурирующим свойства исходного битумного вяжущего и резино-асфальтобетона.

2. В связи с неудовлетворительной адгезией каменного материала с активной резиновой крошкой (АРП) необходимо введение адгезионной добавки в исходный битум.

3. По результатам лабораторных исследований РБВ с содержанием активной резиновой крошки (АРП) количестве 15 % полностью соответствует требованиям СТ РК 2028, но выявлено незначительное несоответствие марки РБВ 40/60 с ее содержанием 10 % по показателям изменения температуры размягчения после прогрева и растяжимости при температуре 25 °С, что требует дополнительного анализа результатов испытаний с другими образцами резиновой крошки, и возможному внесению изменений в действующие нормативные документы.

4. По техническим условиям «Суперпейв» исходный битум БНД 100/130 соответствует марке PG 58-46, а РБВ на основе активной резиновой крошки (АРП) в количестве 10 % – марке PG 70-46; а с содержанием 15 % и 20 % – марке PG 76-46, что указывает на их большую температурную устойчивость.

5. Применение активной резиновой крошки (АРП) в составе резино-асфальтобетона способствует повышению водонепроницаемости, деформативности и трещиностойкости асфальто-бетонного покрытия.

6. Резино-асфальтобетон (РА) типа Б марки I с применением активной резиновой крошкой (АРП) в количестве от 0,9 - 1,2 % от массы каменных материалов

по сравнению с традиционным асфальтобетоном типа Б марки I показал улучшение физико-механических свойства: предела прочности при сжатии при температуре 20 °С на 18 - 29 %; предела прочности при сжатии при температуре 50 °С на 30 - 59 %; сцепления при сдвиге на 67 - 74 %; водостойкости при длительном водонасыщении на 12,5 %; предела прочности при сжатии при температуре 0 °С на 19 - 27%.

7. Экспериментальным путем определены модули упругости контрольной и опытной РА смесей типа Б в интервале температуры от (-10) °С до 50 °С. Величины модуля упругости уменьшаются с повышением температуры. Наибольшие значение модуля упругости у РА и традиционной смеси типа Б получены при температуре (-10) °С - 16126 - 10517 МПа, а наименьшее при температуре 50 °С - 615 - 256 МПа, что косвенно указывает на большую температурную устойчивость в покрытии РА типа Б.

8. Устойчивость к колееобразованию у РА типа Б в 1,5 - 4 раза выше по сравнению с традиционным асфальтобетоном типа Б.

9. Экономический эффект от устройства покрытий из резино-асфальтобетона достигается за счет увеличения его срока службы. По литературным источникам выявлено, что применение резино-асфальтобетона решает проблемы снижения шума от 4 до 12 дБ и улучшения экологических аспектов за счет утилизации изношенных шин. Таким образом, положительные результаты лабораторных исследований физико-механических и эксплуатационных РБВ и РА с учетом климатических условий РК и дальнейшее апробирование позволит разработать практические технические решения по снижению трещинообразования и увеличению устойчивости к колееобразованию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Н.В., Смирнов Б.М., Булгаков А.П. Использование резиновой крошки в наполнении битума для асфальтового покрытия автодорог. // Новые технологии- Инжиниринг [Электронный ресурс]. - 2012г.- URL: <http://www.ntds.ru> (дата обращения 04.12.2012).

2. Телтаев Б.Б., Каганович Е.В., Измаилова Г.Г., Амирбаев Е.Д. Обоснование эксплуатационных температур битумных вяжущих в условиях Казахстана // Материалы Международной научно-практической конференции: Проблемы повышения качества дорожного битума и асфальтобетонных покрытий. - Астана, 2007.- С.15-21.

3. Зарех Али, Джордж Б. Уэй. Резиноасфальт: 40 лет использования в Аризоне // Труды Общества резиноасфальта. Наньцзин, Китай, 2-4-е ноября, 2009 г., С. 25-46.

4. Уэй Джордж, Камилль Калуш, Хорхе Суса и Кришна Прапурна Билигири, Эксплуатационные характеристики резиноасфальтных и обычных асфальтных смесей в Аризоне, при испытании на усталость при изгибе с вращением и при чистом сдвиге // Труды Общества резиноасфальта. - Way, 2012. Мюнхен, Германия, 23-26-е октября, 2012, С. 207-228.