

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

П.С. Беляев, О.Г. Маликов, М.В. Забавников, А.Р. Соколов

*Кафедра «Полимерное машиностроение», ТГТУ*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** асфальтобетонное покрытие; дорожное строительство; полимернобитумное вяжущее; резинобитумное вяжущее; резиновый порошок; модификация битума.

**Аннотация:** Приведен анализ характеристик нефтяных дорожных битумов, применяющихся в дорожном строительстве. Разработана технология модификации битума резиновым порошком, получаемым при утилизации изношенных автомобильных шин.

### Обозначения и аббревиатуры

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;  
ПБВ – полимернобитумное вяжущее;  
БНД – битум нефтяной дорожный;  
РБВ – резинобитумное вяжущее;

КиШ – температура размягчения битума, определяющаяся по кольцу и шару;  
РК – резиновая крошка.

Поддержание автомобильных дорог в состоянии, соответствующем требованиям транспортных потоков, и обеспечение долговечности строящихся и реконструируемых участков невозможно без применения новых, прогрессивных материалов и технологий.

Практика эксплуатации автомобильных дорог России показывает, что долговечность асфальтобетонных покрытий на них значительно ниже нормативных сроков. Степень усталостного разрушения покрытия во многом определяется прочностными, деформационными и усталостными свойствами асфальтового покрытия, зависящими прежде всего от свойств вяжущего, так как микротрещины развиваются преимущественно в его пленке.

Одной из причин, снижающих нормативный срок службы асфальтобетонных покрытий, является несоответствие свойств органических вяжущих условиям работы асфальтобетонных покрытий при высоких и отрицательных температурах. Основным фактором, влияющим на резкое снижение сроков службы дорожных покрытий, является применение в асфальтобетонных смесях в качестве вяжущего битума низкого качества. Сопоставление характеристик битумов, полученных с различных нефтеперерабатывающих заводов, показало существенное различие в их свойствах, а также выявило отклонение нормативных показателей битума от требований ГОСТ 22245–90 (табл.).

Способы улучшения отдельных свойств покрытий, обуславливающих их долговечность, различны. Положительного воздействия на долговечность асфальтового покрытия в целом можно достичь, если для приготовления асфальтовых покрытий использовать вяжущее с меньшей теплочувствительностью, более широким

**Характеристики нефтяного битума,  
произведенного на различных предприятиях**

Наименование показателей	Московский НПЗ	Рязанский НПЗ	Самарский НПЗ	Нижекамский НПЗ	ГОСТ 22245–90
Глубина проникновения иглы, в мм, при 25 °С 0 °С	63	63	106	55	61-90
	20	28	28	15	н/м 20
Температура размягчения, °С	50,5	44	48	48	н/м 47
Растяжимость при 25 °С 0 °С	>100	38	61	64,5	н/м 65
	5,5	12	4,6	3,7	н/м 3,5
Изменение температуры размягчения после прогрева в тонком слое, 165 °С, 5 часов, °С	–	5	4	–	н/м 5
Сцепление с песком	удовлетворительное	удовлетворительное	удовлетворительное	–	Хорошее

интервалом упруго-вязко-пластичного состояния, с более высокими когезионными и вязкостными показателями при положительных температурах, и с высокой эластичностью и растяжимостью – при низких, что достигается введением в их состав полимерных модификаторов. При этом свойства органических вяжущих могут существенно улучшиться.

Полимернобитумное вяжущее (ПБВ) отличается от битумов высокой эластичностью, присущей полимерам (эластомерам) как при 25 °С, так и при 0 °С, поэтому в ТУ и ОСТе вводится дополнительный нормируемый показатель – эластичность, большей трещиностойкостью, более широким температурным диапазоном работоспособности, характеризуется значительно большей долговечностью при многократных динамических воздействиях в области отрицательных температур. Полимерасфальтобетон в связи с этим значительно долговечнее, более трещиностоек и сдвигоустойчив, чем асфальтобетон. Варьируя содержанием пластификатора и полимера, можно управлять и добиваться необходимых показателей качества готового продукта [1, 2].

Обычно асфальтобетонные заводы получают битумы из разных регионов, т.е. качество битума постоянно варьируется, и его характеристики от партии к партии (даже одной марки битума) не являются постоянными. В последнее время остро встает вопрос о разработке критериев оценки исходного битума с точки зрения прогноза необходимого количества добавок полимера или пластификатора для достижения необходимого качества полимернобитумного вяжущего, отраженных в ТУ и ОСТе на полимернобитумное вяжущее [3, 4].

Широкому внедрению ПБВ в практику промышленного дорожного строительства препятствует не только сложность и высокая стоимость современных установок по производству полимернобитумных вяжущих, но и относительная дороговизна модификаторов битума.

В качестве модификаторов битума, кроме уже известных, таких как термоэластопласты (дивинилстирольный), сополимеры этилена с винилацетатом, различные синтетические каучуки, может быть использован резиновый порошок, который получается при переработке изношенных автомобильных шин [5]. Это позволяет не только экономить финансовые ресурсы, но и решать важную экологическую проблему. При этом могут быть получены резинобитумные вяжущие высокого качества, так как в процессе девулканизации резины образуется каучуковое вещество, которое структурирует битум.

Ряд западных фирм, например "Crafko" (США), "Massenza" (Италия) и "Viafrance" (Франция), занимающиеся строительством и ремонтом дорог, успешно применяют резиновый порошок. Однако в России получить качественное вяжущее с использованием резинового порошка не удастся, о чем свидетельствуют представленные на последних конференциях материалы по переработке шин [6, 7].

С целью выявления оптимальных технологических параметров проведения процесса модификации битума резиновым порошком нами была создана экспериментальная установка на базе лабораторного смесителя с Z-образными лопастями и объемом рабочей камеры 3 литра. Привод смесителя обеспечивает вращение рабочих лопастей со скоростью 92,5 и 104 об/мин, при этом достигалась фрикция 1:1,125. Корпус смесителя обогревался с помощью масла марки АМТ-300, подаваемого в рубашку смесителя от термостата, что позволяло изменять температурные режимы смешения в широких пределах до 473 К. Для контроля температуры массы в рабочей полости смесителя была установлена термомпара, сигнал от которой подавался на потенциометр КСП-4.

В рабочей камере этого смесителя одновременно происходят следующие процессы: набухание резиновой крошки в битуме за счет содержащихся в нем нефтяных масел, частичная ее деструкция от воздействия на нее температуры и сдвиговых деформаций в области между стенкой смесительной камеры и ротором и равномерное распределение резинового порошка по всему объему битума.

На экспериментальной установке было проведено исследование влияния гранулометрического состава резиновой крошки, ее процентного содержания в массе битума, температурных режимов и времени смешения на качество получаемого резинобитумного вяжущего.

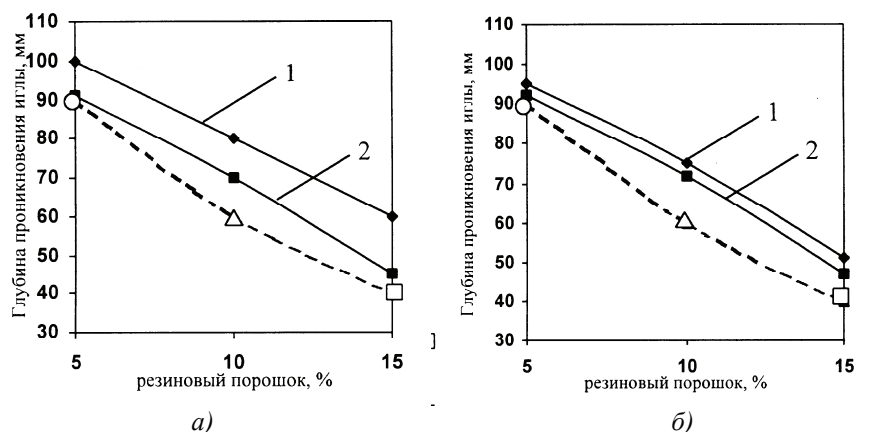
Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что увеличение содержания резинового порошка в массе битума больше, чем на 15 % (по массе) приводит к возрастанию вязкости резинобитумного вяжущего. Например, при модификации битума марки БНД 90/130 резиновым порошком в количестве 15 % (масс.) получается асфальтовое вяжущее марки ПБВ 40, которое имеет предельные вязкостные показатели. Это влечет за собой не только технологические трудности в производстве вяжущего, но и проблемы при производстве самого асфальтового покрытия и качественной его укладке.

Оптимальным температурным режимом переработки битума с резиновым порошком является 433 К. При более низких температурах процесс приготовления резинобитумного вяжущего удлиняется с 4 – 6 до 8 – 12 часов и более. При температуре 453 К и выше нарушается коллоидная структура битума и резко снижаются качественные показатели резинобитумного вяжущего (РБВ).

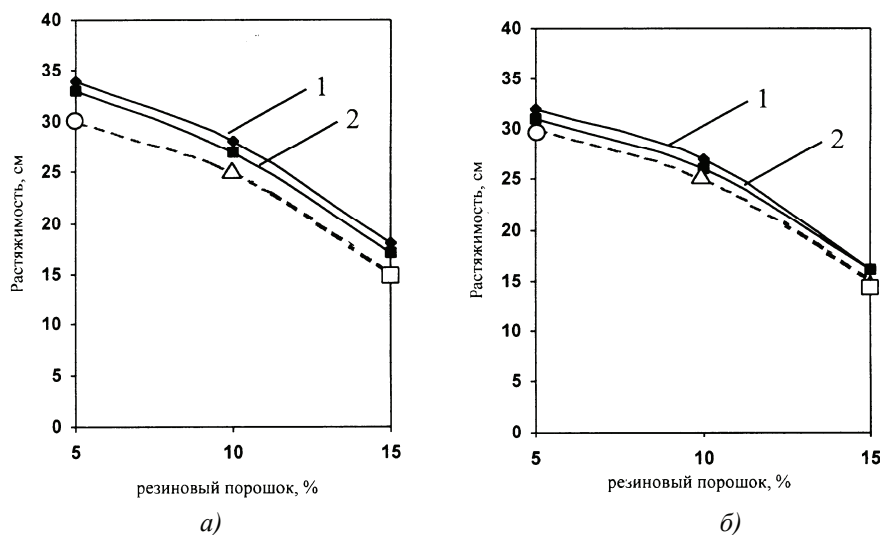
В результате исследований по выявлению оптимальных размеров резинового порошка, для получения качественного РБВ было установлено, что модификация битума резиновым порошком фракций 1 – 0,8 и 0,8 – 0,6 мм дает удовлетворительные результаты по всем основным характеристикам на ПБВ. Поэтому приме-

нять резиновый порошок более мелких фракций для модификации битума нецелесообразно. РБВ, приготовленное с использованием резинового порошка фракции более 1 мм, не удовлетворяет требованиям ОСТ на ПБВ [4].

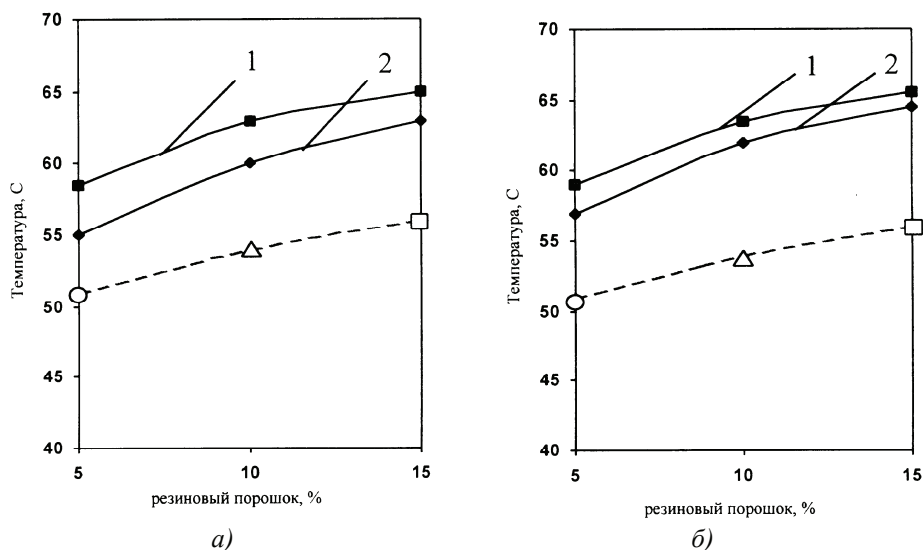
На рис. 1 – 4 приведены значения пенетрации, растяжимости, температуры размягчения по кольцу и шару (КиШ), эластичности, которые являются основными физико-механическими показателями для ПБВ, в зависимости от различного процентного содержания резиновой крошки (РК) в битуме. На этих же рисунках приведены физико-механические показатели для соответствующих марок ПБВ, использующихся для ремонта и строительства новых дорожных покрытий и приготовления мастик для заливки трещин и швов на бетонных покрытиях.



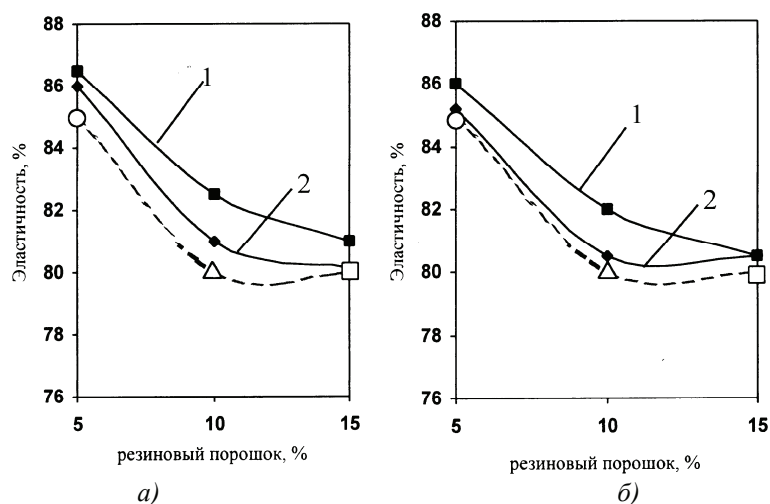
**Рис. 1** Изменение пенетрации по глубине проникновения иглы 0,1 мм для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433 \text{ K}$  (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433 \text{ K}$  (б); 1 – РК  $\varnothing 0,8 - 0,6 \text{ мм}$ ; 2 – РК  $\varnothing 1-0,8 \text{ мм}$ ;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60,  $\triangle$  – ПБВ 40



**Рис. 2** Изменение растяжимости для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433 \text{ K}$  (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433 \text{ K}$  (б); 1 – РК  $\varnothing 0,8 - 0,6 \text{ мм}$ ; 2 – РК  $\varnothing 1-0,8 \text{ мм}$ ;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60,  $\triangle$  – ПБВ 40



**Рис. 3** Изменение температуры размягчения по кольцу и шару для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433$  К (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433$  К (б): 1 – РК  $\emptyset$  0,8 – 0,6 мм; 2 – РК  $\emptyset$  1 – 0,8 мм;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60;  $\triangle$  – ПБВ 40



**Рис. 4** Изменение эластичности для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433$  К (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433$  К (б): 1 – РК  $\emptyset$  0,8 – 0,6 мм; 2 – РК  $\emptyset$  1 – 0,8 мм;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60;  $\triangle$  – ПБВ 40

Установлено, что полностью растворять резиновую крошку в битуме нет необходимости. Чтобы обеспечить хорошие физико-механические показатели вяжущего достаточно провести поверхностную девулканизацию резинового порошка.

Проведенные нами исследования показывают, что минимальным временем проведения процесса модификации битума резиновым порошком в смесителе является 4 часа. При меньшем времени смешения наблюдается частичное расслоение системы битума и резинового порошка, что недопустимо. При увеличении времени смешения существенно не изменяются качественные показатели РБВ, что видно из рис. 1, а; 2, а; 3, а; 4, а, поэтому увеличивать время смешения экономически нецелесообразно.

Особое внимание в получении качественного РБВ, кроме подбора оптимальной рецептуры композиций, следует уделять обеспечению качественного перемешивания компонентов для получения однородного по составу вяжущего во всех точках пространства рабочего объема смесительной камеры. Признаком неполного растворения является наличие нерастворенной фракции полимера на тонкой пленке битума при контроле методом стеклянной палочки, если полимер – модификатор полностью растворим в битуме, или некоторых его составляющих. При недостаточном перемешивании в разные моменты времени готовый продукт получают с разной концентрацией полимера и соответственно с невоспроизводимыми показателями качества. Поэтому наряду с оптимальной для данных материалов рецептурой РБВ весьма важно обеспечить для его качества хорошее перемешивание и гомогенизацию смеси.

Анализ процесса смешения РБВ в лопастном смесителе показывает возможность его осуществления по непрерывной схеме с использованием двухшнекового смесителя с набором различных смесительных элементов. На кафедре "Полимерное машиностроение" ТГТУ накоплен достаточный опыт использования данного вида оборудования для получения высоковязких композиций [8 – 10].

Сокращение времени смешения композиции может быть достигнуто за счет предварительного проведения набухания и частичной термической девулканизации резинового порошка в среде мягчителя в специальной камере.

В смесителе непрерывного действия благодаря сменным специальным насадкам (шестеренчатые механизмы, диспергирующие кулачки) возможно совмещение процессов пластикации и диспергирования частично девулканизированного резинового порошка в битуме и получение вяжущего однородной гомогенной структуры.

#### *Список литературы*

1. Наука и техника в дорожной отрасли, еще раз о проблеме качества при модификации битумов полимерами типа SBS / С.В. Порадек, 3, 2000.
2. Как получить высокое качество РБВ и КОВ при модифицировании битума полимерами / С.В. Порадек Автомобильные дороги. Информационный сборник. № 4, 1997.
3. ТУ 35-1669-88 Вяжущее полимерно-битумное на основе ДСТ и полимерасфальтобетон. Технические условия. – Введ. 01.06.88
4. ОСТ 218.010–98 Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа СБС. Технические условия. Введ.12.05.98.
5. Беляев П.С., Клинков А.С., Чуксин А.К., Забавников М.В. Современное состояние переработки и утилизации изношенных автомобильных шин // Вестник ТГТУ. – 2001. – Т. 7, №1. – С. 72 – 79.
6. Международная научно-практическая конференция «Проблемы экологии и ресурсосбережения при переработке и восстановлении изношенных шин». Тезисы докладов. – М. – 2002. – С. 32.
7. Международная научно-практическая конференция «Проблемы экологии и ресурсосбережения при переработке и восстановлении изношенных шин». Тезисы докладов. – М. – 2001. – С. 40.
8. А.с. СССР №1761523. Червячный смеситель для полимерных материалов / Клинков А.С., Маликов О.Г., Хабаров С.Н. Б.И. №34, 1992 г.
9. Патент РФ №2029676. Червячный смеситель для полимерных материалов / Клинков А.С., Маликов О.Г., Хабаров С.Н., Хрущев С.П., Б.И. №6, 1995 г.
10. Патент РФ №2134198. Червячный смеситель для композиционных полимерных материалов / Клинков А.С., Маликов О.Г., Хабаров С.Н., Ефремов О.В. 1999 г.

## **Quality Improvement of Oil Bitumen by their Modification with Processing Products of Worn Automobile Tyres**

**P.S. Belyaev, O.G. Malikov, M.V. Zabavnikov, A.R. Sokolov**

*Department "Polymer Engineering", TSTU*

**Key words and phrases:** asphaltic concrete coating; road construction; polymer bitumen binder; rubber bitumen binder; rubber powder; bitumen modification.

**Abstract:** Analysis of oil road bitumen applied in road construction is given; technology of bitumen modification by means of rubber powder obtained under utilization of worn automobile tyres is also developed.

---

## **Qualitätserhöhung der Erdölbitumen auf Grund Modifikation von den Produkten der Überarbeitung der abgenutzten Autoreifen**

**Zusammenfassung:** Es ist die Analyse der Erdölreisebitumen, die im Reisebau verwendet werden, angeführt. Es ist auch die Technologie der Modifikation des Bitumens vom Gummipulver, das bei der Verwertung der abgenutzten Autoreifen bekommen wird, entwickelt.

---

## **Elévation de la qualité des bitumes de pétrole par la voie de la modification par les produits du traitement des pneus d'automobiles usés.**

**Résumé:** On a fait l'analyse des bitumes d'autoroutes qui sont utilisés dans la construction routière et l'on a élaboré la technologie de la modification des bitumes par la poudre de caouthouc reçue au cours de l'utilisation des pneus d'automobiles usés.

---