

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Научная статья

УДК 625.7/.8:658.567.1

DOI: 10.70991/1815-896X-2026-1-55-275-295

EDN: KVJHNL



**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА  
ОСНОВЕ РЕЗИНОВОГО ПОРОШКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
КАЧЕСТВА ИСХОДНЫХ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ**

Ольга Юрьевна Мельник<sup>1</sup>  
Наталья Васильевна Майданова<sup>2</sup>  
Ольга Алексеевна Маршавина<sup>3✉</sup>

<sup>1</sup>ООО «ДСК АБЗ-Дорстрой»;

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-  
строительный университет» (СПбГАСУ),  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>ГК «АБЗ-1», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей  
сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>omelnik@abz-1.ru

<https://orcid.org/0009-0008-6451-5843>

<sup>2</sup>SPIN-код: 5538-3014

<sup>3</sup>olia.medvede@yandex.ru✉

SPIN-код: 3300-0453

---

**Аннотация:** Одним из основных компонентов асфальто-бетонных смесей является дорожный битум. Требования к выбору битума зафиксировано в государственном стандарте, регламентирующем правила проектирования нежестких дорожных одежд. В связи с ростом осевых нагрузок, интенсивности и скоростей движения совместно с погодно-климатическими факторами, а также воздействием на вяжущие смеси вредных факторов (температурная составляющая и окислительные процессы), возникает потребность в модификации поставляемого на рынок битума стандартных марок по ГОСТ 33133-2014.

Существует ряд добавок, с помощью которых возможно достижение требуемых значений показателей характеристик битумных вяжущих. К ним относится класс модификаторов на основе резиновой крошки. При выборе модификатора встает вопрос о характеристиках модификатора, в первую очередь степень девулканизации.

Авторами проведены исследования образцов эластомерных модификаторов на основе резинового порошка, предоставленных двумя разными производителями, с использованием усовершенствованного метода гель-золь анализа.

Получены физико-механические и реологические показатели модифицированных битумов с различным содержанием модификаторов. Установлена марка резинобитумных вяжущих по ГОСТ Р 58400, что дает возможность определения области их применения.

Даны рекомендации в части влияния содержания модификаторов на характеристики резинобитумных вяжущих.

**Ключевые слова:** битум, резинобитумное вяжущее (РБВ), резиновый порошок, эластомерный модификатор (ЭМ).

**Для цитирования:** Мельник О.Ю., Майданова Н.В., Маршавина О.А. Применение эластомерных модификаторов на основе резинового порошка для повышения качества исходных дорожных битумов // Дороги и мосты. 2026. № 55/1. С. 275-295. DOI: 10.70991/1815-896X-2026-1-55-275-295.

## ENVIRONMENT PROTECTION

Original article

### APPLICATION OF RUBBER POWDER-BASED ELASTOMER MODIFIERS TO IMPROVE THE QUALITY OF ORIGINAL ROAD BITUMENS

Olga Yu. Melnik<sup>1</sup>  
Natalya V. Maidanova<sup>2</sup>  
Olga A. Marshavina<sup>3✉</sup>

<sup>1</sup>ООО «DSK ABZ-Dorstroy»;

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>ABZ-1 Group of Companies, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University», Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup>omelnik@abz-1.ru

<https://orcid.org/0009-0008-6451-5843>

<sup>2</sup>SPIN-код: 5538-3014

<sup>3</sup>olia.medvede@yandex.ru✉

SPIN-код: 3300-0453

**Abstract:** *One of the main components of asphalt concrete mixtures is road bitumen. Requirements for bitumen selection are specified in the state standard governing the design rules for flexible road pavements. Due to increasing axle loads, traffic intensity and speeds, combined with weather and climate factors, as well as the impact of harmful factors (temperature and oxidation processes) on binders, there is a need to modify according to the Norm – GOST 33133-2014 – the standard grades of bitumen supplied to the market.*

*There are a number of additives that can help achieve the required performance indicators for bitumen binders. These include rubber crumb-based modifiers. When selecting a modifier, the question of its characteristics arises, primarily the degree of devulcanization.*

*The authors studied samples of rubber powder-based elastomer modifiers from two different manufacturers using an improved gel-sol analysis method.*

*The physical, mechanical, and rheological properties of modified bitumens with different modifier contents have been obtained. The grade of rubber-bitumen binders has been determined according to the Norm GOST R 58400 that makes it possible to specify their areas of application.*

*Recommendations are provided regarding the effect of modifier content on the characteristics of rubber-bitumen binders.*

**Keywords:** *bitumen, rubber-bitumen binder (RBB), rubber powder, elastomer modifier (EM).*

---

**For citation: Melnik O.Yu., Maidanova N.V., Marshavina O.A.** Application of rubber powder-based elastomer modifiers to improve the quality of original road bitumens // Roads and Bridges. 2026; (55/1): 275-295 (In Russ.). DOI: 10.70991/1815-896X-2026-1-55-275-295.

---

## ВВЕДЕНИЕ

В России, по разным оценкам, не менее 97 % автомобильных дорог строится с асфальтобетонными покрытиями.

Одним из основных компонентов асфальтобетонных смесей является дорожный битум, оказывающий значительное влияние на достижение требуемых эксплуатационных показателей качества конструктивных слоев покрытия и основания дорог.

Рост осевых нагрузок, интенсивности и скоростей движения транспортных средств ведет к их усиленному воздействию на покрытия автомобильных дорог, что, совместно с погодноклиматическими факторами, обуславливает значительное накопление пластических деформаций в жаркий период и образование трещин – в холодный [1].

Необходимо тщательно подходить к выбору марки битумного вяжущего, поскольку его реологические свойства определяют свойства асфальтобетона и в дальнейшем обеспечивают высокую работоспособность и долговечность дорожной одежды.

Тип и марку битума, определяющие его свойства, следует выбирать с учетом зависимостей, которые характеризуют изменение упругих и пластичных свойств в пределах высоких и низких температур, когезии и адгезионных свойств, а также способности сохранять эти свойства во времени под воздействием погодноклиматических факторов и транспортных средств [2].

Данное требование зафиксировано в государственном стандарте, регламентирующем правила проектирования нежестких дорожных одежд и допускающем для применения битумные вяжущие по ГОСТ Р 58400.1-2019 и ГОСТ 58400.2-2019, рассчитанные для определенного конструктивного слоя, в том числе по ГОСТ 71009-2023. Кроме того, возможно применение нефтяных дорожных вязких битумов по ГОСТ 33133-2014, с подтверждени-

ем соответствия ГОСТ Р 58829-2020, учитывая условия движения, а также максимальную расчетную температуру слоя<sup>1</sup>.

Отметим, что наиболее оптимальная система проектирования применяемых вяжущих, учитывающая как температурные диапазоны, так эксплуатационные факторы, регламентируется ГОСТ 58400.3-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия» и предусматривает назначение марки вяжущего типа:

*PG X-Y* ,

где

*X* и *Y* – это расчетные температуры, определяющие диапазон температур ( $R = X - Y$ ), в котором битумное вяжущее обладает заданными характеристиками.

Вопрос снижения качества дорожного битума и его соответствие поставленным задачам, учитывая специфику нефтедобычи и производства, неоднократно поднимался в дорожном сообществе. Качество поставляемых дорожных битумов в большинстве случаев не отвечает требованиям, предъявляемым нормативной документацией к вяжущим, применяемым для производства асфальтобетонных смесей для тяжёлых и экстремально тяжёлых условий движения на улицах населенных пунктов.

Так, например, для битума БНД 70/100 (Киришский нефтеперерабатывающий завод) получено значение марки PG 64-28. Данная марка вяжущего не подходит для тяжёлых и экстремально тяжёлых условий движения на улицах населенных пунктов не только для автомобильных дорог, находящихся, например, в IV ДКЗ<sup>2</sup>, но даже в Северо-западном регионе (II ДКЗ).

Качество битума снижается и в процессе производства, перевозки и укладки асфальтобетонной смеси, когда под действием высоких температур происходят окислительные процессы, определяющие старение битумных вяжущих. Данный процесс, а также то, что в процессе адсорбции пленки вяжущего обедняются в части низкомолекулярных масляных фракций, приводит к преобладанию асфальтенов в составе пленок битумных вяжущих, ухудшая низкотемпературные характеристики асфальтобетонов.

<sup>1</sup> ГОСТ 71404-2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования». – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 141 с.

<sup>2</sup> ДКЗ – дорожно-климатическая зона.

Таким образом, возникает потребность в модификации поставляемого на рынок битума стандартных марок по ГОСТ 33133-2014.

### Модификация битумов добавками

Существует ряд добавок, с помощью которых возможно достижение требуемых эксплуатационных характеристик битума и асфальтобетона, в том числе модификаторы на основе резинового порошка. Такие добавки относятся к классу эластомерных модификаторов и успешно применяются во всем мире.

Действие модификаторов основано на образовании сетки с молекулярными составляющими компонентов битума. Каучуки и каучукоподобные полимеры (эластомеры) в отличие от термопластов при приложении растягивающей силы могут удлиняться в 2–10 раз, а после прекращения действия этой силы восстанавливать свои первоначальные размеры [3, 4].

Обусловлено это свойство особенностями структуры каучуков, у которых молекулы представлены не вытянутыми цепями, а спиральными образованиями, в которых межмолекулярные силы слабее внутримолекулярных, а соединения данных образований осуществляются лишь в немногих точках [5].

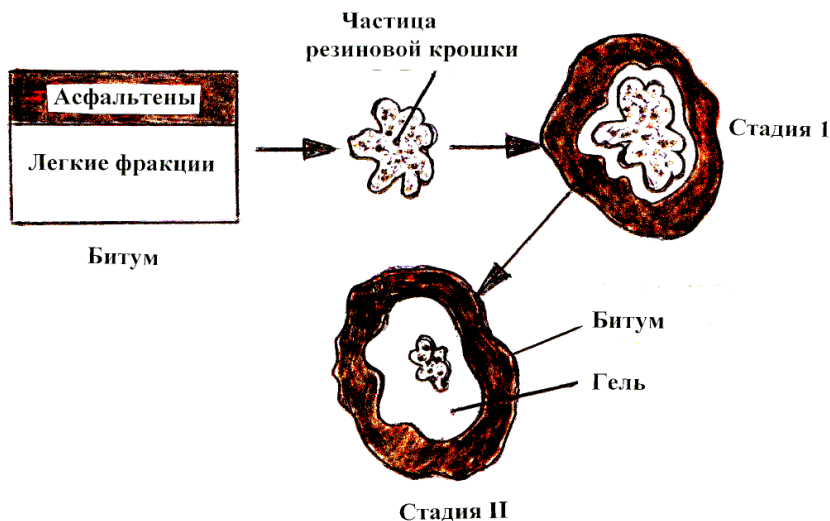
Процессы, происходящие в ходе модифицирования битума, включают в себя:

– набухание частицы резины, за счет насыщения низкомолекулярной составляющей битума, представленной в основном маслами (рис. 1, стадия I);

– дальнейшее образование геля, состоящего из набухших частиц каучука, которые объединены как между собой, так и с высокомолекулярными составляющими битумных вяжущих (см. рис. 1, стадия II).

В результате данных процессов в битумном вяжущем образуются резинобитумная матрица [6].

Отечественным [7] и зарубежным опытом [8-13] подтверждаются преимущества вышеуказанной модификации. Однако обращается внимание на необходимость предварительной обработки резиновой крошки. Это обусловлено тем, что большинство каучуков, входящих в состав резины, из-за больших размеров макромолекул, довольно плохо растворяются, но сильно набухают в органических растворителях.



*Рис. 1. Стадии образования резинобитумной частицы*

### Переработка резиновой крошки с получением активного резинового порошка

В дорожной отрасли России также активно развиваются технические решения, направленные на последующую переработку резиновой крошки, связанные с ее девулканизацией и получением конечного продукта – активного порошка дискретно девулканизированной резины (активного резинового порошка).

Существуют методики, включающие механическое и температурное воздействие и влияющие на характер набухания и на скорость растворения натурального каучука.

Поэтому предварительная обработка материала, полученного при переработке резинотехнических изделий из натурального и синтетического каучуков, приводит к их частичной деструкции и повышает растворимость каучука в битумных вяжущих [14].

Конечным продуктом является получение активного порошка дискретно девулканизированной резины (активного резинового порошка) с высокоразвитой удельной поверхностью частиц. В ходе процесса девулканизации разрывается полимерная структура резины по S-S и S-C связям на фрагменты, которые могут быть смешаны, в том числе с битумом. Среди способов девулканиза-

ции можно выделить метод высокотемпературного сдвигового измельчения в роторном диспергаторе резиновой крошки изношенных шин или применение девулканизатора, проникающего в резиновую матрицу и дестабилизирующего связи S-S и S-C.

Все полученные такими способами добавки являются модифицирующими добавками направленного действия и предназначены для получения материала, обладающего новыми свойствами за счет комплексного изменения свойств исходного сырья. По способу введения данные добавки относятся к вводимым в битум по «мокрой» технологии и регулируют эксплуатационные характеристики асфальтобетонов, такие как усталостная прочность, трещиностойкость, стойкость к колееобразованию, водостойкость.

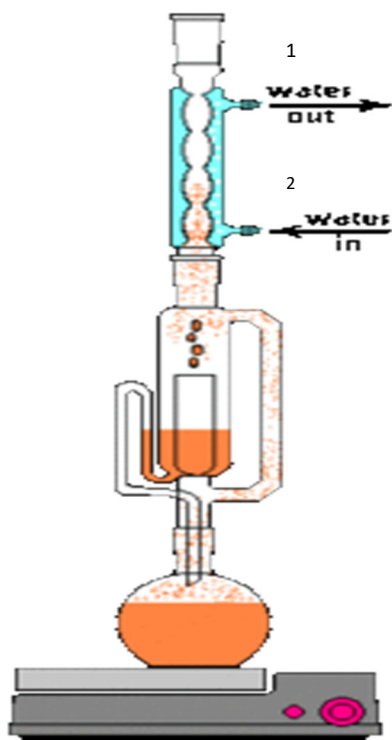
При выборе модификатора возникает вопрос о характеристиках модификатора и в первую очередь о степени девулканизации.

В большинстве нормативно-технической документации на эластомерные модификаторы на основе резинового порошка (ГОСТ Р 55419-2013) приведены физические показатели модификаторов: размер частиц, насыпная плотность, влажность, слеживаемость, которые никоим образом не характеризуют физико-химические свойства модификаторов, степень деструкции поверхности и, соответственно, не позволяя прогнозировать технические и эксплуатационные показатели битумных вяжущих и асфальтобетонных смесей и идентифицировать продукцию при входном контроле у потребителей [15].

### Метод исследования эластомерных модификаторов

Для оценки физико-механических свойств резинобитумных вяжущих (РБВ), приемосдаточного контроля качества эластомерных модификаторов у производителей и входного контроля на асфальтобетонных заводах предлагается использовать известный метод гель-золь анализа [15], усовершенствовав его применительно к поставленным задачам.

В ходе испытания по данной методике гель-золь анализа применялся экстрактор Соксклета (рис. 2).



*Рис. 2. Экстрактор  
Соксклета:*

*1 – выпуск воды;  
2 – подача воды*

Такое испытание состоит из последовательных циклов извлечения низкомолекулярных веществ из образца, размещенного в колбу экстрактора, наполненную толуолом. Цикл представляет собой процесс испарения и последующего охлаждения, в результате которого растворитель в виде конденсата проходит через емкость с пробой исследуемого материала. Происходит поглощение растворителем веществ до тех пор, пока его цвет в экстракторе не станет прозрачным, что свидетельствует об экстрагировании всех низкомолекулярных веществ из образца.

В ходе рассматриваемой работы исследовали два эластомерных модификатора (ЭМ) фракции менее 0,6 мм с характеристиками, приведенными в **табл. 1** и **табл. 2**, в соответствии с данными, указанными производителем в сопроводительных документах (паспорт).

Таблица 1

*Характеристики эластомерного модификатора ЭМ1*

<b>№ п/п</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Ед. изм.</b>	<b>Значение</b>
1	Остаток на сите 1,0 мм при просеивании, не более	%	2,0
2	рН баланс	рН	12±2
3	Индекс агломерации (слеживаемость), не менее	Балл	0,50±0,05
4	Влажность, не более	%, по массе	5,0
5	Насыпная плотность	г/см <sup>3</sup>	0,4±0,05

*Примечание: Производителем данного модификатора в его составе указано наличие пластификатора (нефтяные смолы).*

Таблица 2

*Характеристики эластомерного модификатора ЭМ2*

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Ед. изм.</b>	<b>Значение</b>
1	Внешний вид	-	порошок
2	Цвет	-	от серого до черного цвета
3	Остаток на сите 0,63 мм при просеивании,	%	не более 2
4	Остаток на сите 0,9 мм при просеивании	%	0
5	Насыпная плотность	г/см <sup>3</sup>	0,4±0,05
6	Условная прочность при растяжении,	МПа	не менее 3 Мпа
7	Относительное удлинение при разрыве	%	не менее 70

С помощью вышеописанного метода было определено содержание золь и гель фракций в образцах модификаторов. Результаты приведены в **табл. 3**.

Таблица 3

*Содержание золь и гель фракций в образцах модификатора*

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование показателя</i>	<i>ЭМ1</i>	<i>ЭМ2</i>
1	Содержание золь фракции, %	36	12
2	Содержание гель фракции, %	64	88

**Результаты испытаний резинобитумных вяжущих**

Приготовление **резинобитумных вяжущих (РБВ)** осуществлялось в лабораторных условиях в соответствии с режимами, указанными в **табл. 4**, с применением смесителя «Торнадо».

Таблица 4

*Режимы приготовления РБВ*

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование показателя</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>Значение показателя</i>
1	Продолжительность перемешивания	час	4
2	Скорость вращения мешалки	об/мин	4000
3	Температура	°С	170-175

Сравнительные результаты испытаний вяжущих и исходного битума представлены в **табл. 5** и **табл. 6**.

Анализируя содержание золь фракции и гель фракции представленных модификаторов, можно предположить бóльшую степень девулканизации модификатора марки ЭМ1. Однако разница не столь значительна, поскольку, как показали дальнейшие испытания, на полученные результаты оказало влияние наличие пластификатора в составе ЭМ1.

При модифицировании битумов активированными резиновыми порошками происходит набухание и растворение каучуков и их взаимодействие с компонентами битума, а также повышение

межмолекулярного взаимодействия. Как следует из полученных результатов, это приводит к увеличению таких показателей, как температура размягчения и вязкости, и к снижению пенетрации.

Анализируя физико-механические характеристики полученного РБВ, можно отметить очевидное влияние пластификатора в составе ЭМ1 на показатели, что выражается в меньшем снижении пенетрации: 31,2 % – ЭМ1; 59,7 % – ЭМ2; и большем увеличении температуры размягчения: 21,2 % – ЭМ1, 36,4 % – ЭМ2.

Кроме того, фиксируется значительно меньшее значение показателя динамической вязкости при 135 °С: 1,96 (Па·с) – ЭМ1; 4,32 (Па·с) – ЭМ2. Последнее значение данного показателя для РБВ с ЭМ2 позволяет прогнозировать снижение удобоукладываемости и удобоуплотняемости при производстве работ по укладке асфальтобетонной смеси.

При этом заметно повысилась эластичность. Это связано с тем, что все каучуки, и натуральные, и синтетические, имеют цепное строение. Цепное строение обуславливает специфическое свойство полимеров – эластичность. Помимо этого, цепное строение макромолекул делает существенными по величине силы межмолекулярного взаимодействия в полимерных телах, что придает полимерам волокно- и пленкообразующие свойства [6], что впоследствии должно оказать влияние на улучшение показателей, характеризующих эксплуатационную долговечность асфальтобетонов.

Снижение значения эластичности при 0 °С для РБВ с 15 % содержанием ЭМ2 свидетельствует о наличии нерастворенного модификатора, который выполняет функцию заполнителя. Напротив, для растворения ЭМ1 в количестве 15 % достаточно низкомолекулярной составляющей.

Низкие значения растяжимости, по сравнению с исходным битумом, характерны для РБВ, поскольку растворение модификатора неполное, вязущее неоднородно.

Снижение максимального усилия при растяжении при увеличении содержания модификатора с 12 % до 15 % также свидетельствует о недостаточном растворении модификатора. Решением для данного случая может стать изменение параметров при приготовлении РБВ, например, увеличение времени или температуры.

Таблица 5

## Физико-механические свойства вяжущих

Наименование показателя	Обозначение НД на методы испытаний	Наименование вяжущего			
		БНД 70/100	БНД 70/100 – 92 % ЭМ1 – 8 %	БНД 70/100 – 88 % ЭМ1 – 12 %	БНД 70/100 – 85 % ЭМ1 – 15 %
Однородность	ГОСТ Р 52056	Однородно	Неоднородно	Неоднородно	Неоднородно
Глубина проникания иглы, 0,1 мм при 25 °С при 0 °С,	ГОСТ 33136	77 29	62 19	55 28	53 25
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	ГОСТ 33142	50,0	57,0	60,2	60,6
Растяжимость, см при 25 °С при 0 °С	ГОСТ 33138	105 7	10 4,8	9 5	12 7
Эластичность, % при 25 °С при 0 °С	ГОСТ Р 52056	-	57 56	66 60	64 60
Макс. усилие при растяжении, Н при 25 °С при 0 °С	ГОСТ 33138	1,109 59,718	3,598 74,517	4,679 100,238	3,938 123,510
Динамическая вязкость, Па·с при 60°С60 °С при 135 °С	ГОСТ 33137	184,2 0,41	801,7 1,01	>2500 (0,1 RPM) 1,64	>2500 (0,1 RPM) 1,96
Температура вспышки, °С	ГОСТ 33141	321	308	306	298

Примечание: \*НД – нормативный документ.

Таблица 5  
(продолжение)

## Физико-механические свойства вяжущих

Наименование показателя	Обозначение НД на методы испытаний	Наименование вяжущего			
		БНД 70/100	БНД 70/100 – 92 % ЭМ2 – 8 %	БНД 70/100 – 88 % ЭМ2 – 12 %	БНД 70/100 – 85 % ЭМ2 – 15 %
Однородность	ГОСТ Р 52056	Однородно	Неоднородно	Неоднородно	Неоднородно
Глубина проникания иглы, 0,1 мм при 25 °С при 0 °С	ГОСТ 33136	77 29	48 24	41 23	31 24
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	ГОСТ 33142	50,0	63,0	70,0	68,2
Растяжимость, см при 25 °С при 0 °С	ГОСТ 33138	105 7	9 4	9 5	9 5
Эластичность, % при 25 °С при 0 °С	ГОСТ Р 52056	-	62 58	79 74	83 56
Макс. усилие при растяжении, Н при 25 °С при 0 °С	ГОСТ 33138	1,109 59,718	5,206 128,760	9,466 140,315	6,939 126,042
Динамическая вязкость, Па·с при 60 °С при 135 °С	ГОСТ 33137	184,2 0,41	>2500 (0,1 RPM) 1,73	>2500 (0,1 RPM) 3,63	>2500 (0,1 RPM) 4,32
Температура вспышки, °С	ГОСТ 33141	321	312	305	303

Примечание: \*НД – нормативный документ.

Таблица 6

## Сравнительные результаты испытаний реологических свойств вяжущих

Наименование показателя	НД* на метод испытаний	Норма по НД	БНД 70/100	Состав РБВ		
				БНД 70/100 – 92% ЭМ1 – 8 %	БНД 70/100 – 88% ЭМ1 – 12 %	БНД 70/100 – 85% ЭМ1 – 15 %
Сдвиговая устойчивость исходного битумного вяжущего	ГОСТ Р 58400.10	Не менее 1,0	64°С 1,212	70°С 1,438	76°С 1,170	76°С 1,600
<i>Показатели исходного битумного вяжущего</i>						
<i>Показатели битумного вяжущего, состаренного по методу RTFOT (ГОСТ 33140-2014)</i>						
Сдвиговая устойчивость битумного вяжущего, состаренного по методу RTFOT	ГОСТ Р 58400.10	Не менее 2,2	64°С 2,812	70°С 2,727	76°С 2,313	76°С 3,199
<i>Показатели битумного вяжущего, подготовленного по методу PAV (ГОСТ Р 58400.5-2019)</i>						
Усталостная устойчивость битумного вяжущего, подготовленного по методу PAV; Температура, при которой $G^*/\sin\delta$ не более 5000 кПа	ГОСТ Р 58400.10	Не более 5000	25°С 1198	25°С 1162	25°С 1020	25°С 1255
<i>Низкотемпературная устойчивость</i>						
Жесткость $S(t)$ , МПа	ГОСТ Р 58400.8	Не более 300	-28°С 122,042	-28°С 96,498	-28°С 90,304	-34°С 151,697
Параметр $m$		Не менее 0,3	0,325	0,306	0,320	0,303
Жесткость $S(t)$ , МПа	ГОСТ Р 58400.8	Не более 300	-34°С 225,860	-34°С 199,427	-34°С 152,932	-40°С 271,237
Параметр $m$		Не менее 0,3	0,294	0,281	0,298	0,281

Примечание: \*НД – нормативный документ.

**Таблица 6**  
**Сравнительные результаты испытаний реологических свойств вяжущих**  
**(продолжение)**

Наименование показателя	НД* на метод испытаний	Норма по НД	БНД 70/100	Состав РБВ		
				БНД 70/100 – 92% ЭМ2 – 8 %	БНД 70/100 – 88% ЭМ2 – 12 %	БНД 70/100 – 85% ЭМ2 – 15 %
<b>Показатели исходного битумного вяжущего</b>						
Сдвиговая устойчивость исходного битумного вяжущего	ГОСТ Р 58400.10	Не менее 1,0	64°С 1,212	76°С 1,806	88°С 2,615	88°С 1,307
<b>Показатели битумного вяжущего, состаренного по методу RTFOT, ГОСТ 33140-2014</b>						
Сдвиговая устойчивость битумного вяжущего, состаренного по методу RTFOT	ГОСТ Р 58400.10	Не менее 2,2	64°С 2,812	76°С 4,232	88°С 2,615	88°С 3,595
<b>Показатели битумного вяжущего, подготовленного по методу PAV, ГОСТ Р 58400.5</b>						
Усталостная устойчивость битумного вяжущего, подготовленного по методу PAV; Температура, при которой $G^*/\sin\delta$ не более 5000 кПа	ГОСТ Р 58400.10	Не более 5000	25°С 1198	25°С 493	25°С 1255	25°С 785
<b>Низкотемпературная устойчивость</b>						
Жесткость S(t), МПа	ГОСТ Р 58400.8	Не более 300	-28°С 122,042	-28°С 92,065	-28°С 77,067	-28°С 90,118
Параметр m		Не менее 0,3	0,325	0,314	0,311	0,310
Жесткость S(t), МПа	ГОСТ Р 58400.8	Не более 300	-34°С 225,860	-34°С 183,536	-34°С 153,468	-34°С 177,972
Параметр m		Не менее 0,3	0,294	0,284	0,288	0,286

Примечание: \*НД – нормативный документ.

Следует отметить, что параметрами «сдвиговая устойчивость» и «усталостная устойчивость» состаренного вяжущего определяются верхнее и нижнее значения марки вяжущего по ГОСТ Р 58400.1-2019 (табл. 7).

Таблица 7

**Марка вяжущих по PG**

Наименование показателя	НД* на метод испытаний	БНД 70/100	Состав РБВ		
			БНД 70/100 – 92 % ЭМ1-8 %	БНД 70/100 – 88 % ЭМ1-12 %	БНД 70/100 – 85 % ЭМ1-15 %
Фактическая марка PG <sup>1</sup> по BBR <sup>2</sup>	ГОСТ Р 58400.1	65,6-32,8	72,0-29,4	76,5-34,1	80,4-34,8
Марка PG по BBR	ГОСТ Р 58400.1	64-28	70-28	76-34	76-34
Наименование показателя	НД на метод испытаний	БНД 70/100	Состав РБВ		
			БНД 70/100 – 92 % ЭМ2 – 8 %	БНД 70/100 – 88 % ЭМ2 – 12 %	БНД 70/100 – 85 % ЭМ2 – 15 %
Фактическая марка PG по BBR	ГОСТ Р 58400.1	65,6-32,8	81,9-30,8	90,2-30,9	91-30,5
Марка PG по BBR	ГОСТ Р 58400.1	64-28	76-28	88-28	88-28

Примечание: \*НД – нормативный документ.

<sup>1</sup>PG (Performance Grade – классификация по уровню эксплуатационных качеств).

<sup>2</sup>BBR (Bending Beam Rheometer) – Реометр для измерения изгиба балочки.

**ВЫВОДЫ**

– Проведенные исследования показали эффективность применения эластомерных модификаторов на основе активированного резинового порошка с целью повышения качества стандартных битумов по ГОСТ 33133-2014.

– Введение в исходный битум марки БНД 70/100 от 8 до 15 % резинового модификатора способствует увеличению верхнего значения марки на 1-4 шаг, по ГОСТ 58400.1-2019, не изменяя нижнее.

– В зависимости от состава модификатора появляется возможность улучшения низкотемпературных показателей, что

отражается в улучшении на 1 шаг (ЭМ1) нижнего значения марки полученного вяжущего.

– Варьируя процент модификатора, а также его вид (ЭМ1 и ЭМ2), можно подобрать вяжущее для различных дорожно-климатических зон.

– Рекомендованное значение содержания для обоих модификаторов в РБВ для применяемого битума составило 12 %.

– Область применения, определяемая температурными показателями региона планируемой эксплуатации, для испытанных модификаторов различна, учитывая верхнее и нижнее значения полученных марок.

© Мельник О.Ю., Майданова Н.В., Маршавина О.А., 2026

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Илиополов С.К. Повышение температурной стойкости асфальтобетонных смесей путем использования резино-полимерной добавки. – С.К. Илиополов, Р.М. Черсков, И.В. Мардирасова // Вестник ХНАДУ. – 2006. – № 34-35. – С. 130-132.
2. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.
3. Идрисова Э.У. Влияние полимерных модификаторов на растяжимость дорожных битумов / Э.У. Идрисова, И.Б. Идагова, М.Р. Магомедов // Вестник магистратуры. – 2021. – № 10-4 (121). – С. 27-30.
4. Органические вяжущие для дорожного строительства: учебное пособие для вузов / Илиополов С.К., Мардирасова И.В., Углова Е.В., Безродный О.К. – Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2003. – 428 с.
5. Юхневский П.И. Строительные материалы и изделия: учебное пособие / П.И. Юхневский, Г.Т. Широкий. – Минск: Технопринт, 2004. – 474 с.
6. Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учебное пособие / В.Д. Галдина; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Сибирская гос. автомобильно-дорожная акад. (СибАДИ)». – Омск: СибАДИ, 2009. – 227 с.
7. Шаховец С.Е. Эластомерные модификаторы для нефтяных битумов и асфальтобетонов / С.Е. Шаховец, Н.В. Майданова // Дорожная держава. – 2021. – 10.
8. Reacted and Activated Rubber from Recycled Tires Superior Advances in Asphalt Rubber Performance. Jorge Sousa, George Way. Way Jorge Draft EE and George Granada Draft / Proceedings of the Asphalt Rubber 2012 Conference. – Munich, Germany, October 2012.

9. *Performance Evaluation on Nanocomposite Clay Modified Rubberized Binders.* Shyaamkrishnan Vigneswaran, Jihyeon Yun, Hyunhwan Kim, Maedeh D. Amiri, Soon-Jae Lee // *International Journal of Pavement Research and Technology.* – 2026. – Vol.19. – PP. 1033-1049. – <https://doi.org/10.1007/s42947-025-00539-y>.
10. *A Review on Using Crumb Rubber in Reinforcement of Asphalt Pavement.* Nuha SalimMashaan, Asim Hassan Ali, Mohamed Rehan Karim, Mahrez Abdelaziz. // *The Scientific World Journal.* – 2014(4):214612. – DOI:10.1155/2014/214612.
11. *Nuha SalimMashaan, Asim Hassan Ali, Mohamed Rehan Karim, and Mahrez Abdelaziz. A Review on Using Crumb Rubber in Reinforcement of Asphalt Pavement // The Scientific World Journal.* –2014. Article ID 214612, 21 pages. – <http://dx.doi.org/10.1155/2014/214612>.
12. *Abdalrhman Milad, Ahmed Suliman B. Ali, Nur Izzi Md Yusoff. A Review of the Utilisation of Recycled Waste Material as an Alternative Modifier in Asphalt Mixtures // Civil Engineering Journal.* – 2020. – Vol. 6 (Special Issue): 42-60. – DOI:10.28991/cej-2020-SP(EMCE)-05.
13. *Zhanbolat Shakhmov, Adiya Zhumagulova, Samal Kosparmakova, Aru Kozhahmet, Jakharkhan Kabdrashit. Properties of modified bitumen in road construction // Technobius, 2023, 3(2), 0040.* – DOI: <https://doi.org/10.54355/tbus/3.2.2023.0040>.
14. *Справочник химика 21 века.* – Онлайн проект. – <https://www.chem21.info> стр. 317].
15. *Майданова Н.В. Оценка эффективности эластомерных модификаторов дорожных битумов и асфальтобетонных смесей на основе гель золь анализа / Н.В. Майданова, В.А. Кудряшова, Е.А. Рюткянен, О.Ю. Мельник, Н.Д. Шишилов, С.Е. Шаховец // Транспортное строительство.* – 2024.– № 3. – С. 8-13.

## REFERENCES

1. *Iliopolov S.K. Povyshenie temperaturnoj stojkosti asfal'tobetonov putem ispol'-zovaniya rezino-polimernoj dobavki.* – S.K. Iliopolov, R.M. Cherskov, I.V. Mardirosova // *Vestnik HNADU.* – 2006. – № 34-35. – S. 130-132.
2. *Kolbanovskaya A.S. Dorozhnye bitумы / A.S. Kolbanovskaya, V.V. Mihajlov.* – M.: Transport, 1973. – 264 s.
3. *Idrisova E.U. Vliyanie polimernyh modifikatorov na rastyazhimost' dorozhnyh bitumov / E.U. Idrisova, I.B. Idagova, M.R. Magomadov // Vestnik magistratury.* – 2021. – № 10-4 (121). – S. 27-30.
4. *Organicheskie vyazhushchie dlya dorozhnogo stroitel'stva: uchebnoe posobie dlya vuzov / Iliopolov S.K., Mardirosova I.V., Uglova E.V., Bezrodnyj O.K.* – Rostov-na-Donu: ООО «Izdatel'stvo «Yug», 2003. – 428 s.
5. *Yuhnevskij P.I. Stroitel'nye materialy i izdeliya: uchebnoe posobie / P.I. Yuhnevskij, G.T. Shirokij.* – Minsk: Tekhnoprint, 2004. – 474 s.
6. *Galdina V.D. Modificirovannye bitумы: uchebnoe posobie / V.D. Galdina; Federal'-noe agentstvo po obrazovaniyu, GOU VPO «Sibirskaya gos. avtomobil'no-dorozhnaya akad. (SibADI)».* – Omsk: SibADI, 2009. – 227 s.

7. *Shahovec S.E. Elastomernye modifikatory dlya neftyanyh bitumov i asfal'tobetonov / S.E. Shahovec, N.V. Majdanova // Dorozhnaya derzhava. – 2021. – 10.*
8. *Reacted and Activated Rubber from Recycled Tires Superior Advances in Asphalt Rubber Performance. Jorge Sousa, George Way. Way Jorge Draft EE and George Granada Draft / Proceedings of the Asphalt Rubber 2012 Conference. – Munich, Germany, October 2012.*
9. *Performance Evaluation on Nanocomposite Clay Modified Rubberized Binders. Shyaamkrishnan Vigneswaran, Jihyeon Yun, Hyunhwan Kim, Maedeh D. Amiri, Soon-Jae Lee // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2026. – Vol.19. – PP. 1033-1049. – <https://doi.org/10.1007/s42947-025-00539-y>.*
10. *A Review on Using Crumb Rubber in Reinforcement of Asphalt Pavement. Nuha SalimMashaan, Asim Hassan Ali, Mohamed Rehan Karim, Mahrez Abdelaziz. // The Scientific World Journal. – 2014(4):214612. – DOI:10.1155/2014/214612.*
11. *Nuha SalimMashaan, Asim Hassan Ali, Mohamed Rehan Karim, and Mahrez Abdelaziz. A Review on Using Crumb Rubber in Reinforcement of Asphalt Pavement // The Scientific World Journal. –2014. Article ID 214612, 21 pages. – <http://dx.doi.org/10.1155/2014/214612>.*
12. *Abdalrhman Milad, Ahmed Suliman B. Ali, Nur Izzi Md Yusoff. A Review of the Utilisation of Recycled Waste Material as an Alternative Modifier in Asphalt Mixtures // Civil Engineering Journal. – 2020. – Vol. 6 (Special Issue): 42-60. – DOI:10.28991/cej-2020-SP(EMCE)-05.*
13. *Zhanbolat Shakhmov, Adiya Zhumagulova, Samal Kosparmakova, Aru Kozhahmet, Jakharkhan Kabdrashit. Properties of modified bitumen in road construction // Technobius, 2023, 3(2), 0040. – DOI: <https://doi.org/10.54355/tbus/3.2.2023.0040>.*
14. *Spravochnik himika 21 veka. – Onlajn proekt. – <https://www.chem21.info> str. 317].*
15. *Majdanova N.V. Ocenka effektivnosti elastomernih modifikatorov dorozhnyh bitumov i asfal'tobetonnyh smesey na osnove gel' zol' analiza / N.V. Majdanova, V.A. Kudryashova, E.A. Rytukyanen, O.Yu. Mel'nik, N.D. Shishilov, S.E. Shahovec // Transportnoe stroitel'stvo. – 2024.– № 3. – S. 8-13.*

---

#### Информация об авторах

**О.Ю. Мельник** – аспирант, директор по технологиям и качеству, ООО «ДСК АБЗ-Дорстрой»; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия  
**Н.В. Майданова** – кандидат технических наук, директор по инновациям, технологиям и качеству, ГК «АБЗ-1», Санкт-Петербург, Россия  
**О.А. Маршавина** – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия

---

#### Information about the author

**O.Yu. Melnik** – Postgraduate Student, Director of Technology and Quality, DSK ABZ-Dorstroy LLC; Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), Saint Petersburg, Russia

**N.V. Maidanova** – Ph.D. in Engineering Science, Director of Innovation, Technology, and Quality, ABZ-1 Group of Companies, Saint Petersburg, Russia

**O.A. Marshavina** – Senior Lecturer, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (SPbGASU), Saint Petersburg, Russia

---

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

---

Рецензент: канд. техн. наук С.В. Полякова, заместитель начальника редакционно-издательского отдела департамента научно-технического развития и стандартизации (Федеральное автономное учреждение «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ»)).

---

Статья поступила в редакцию 08.04.2026. Одобрена после рецензирования 14.04.2026. Принята к публикации 22.04.2026.

The article was submitted 08.04.2026. Approved after reviewing 14.04.2026. Accepted for publication 22.04.2026.