

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-4-27-34

^{1,*}Абайдуллина Т.Н., ²Строкова В. В., ¹Тимоховец В.Д., ¹Рафеев Е.С.¹Тюменский индустриальный университет²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: abajdullinatn@tyui.ru

АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЕИ В АСФАЛЬТОБЕТОНАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Аннотация. Автомобильные дороги являются одной из важных инфраструктурных составляющих, характеризующих степень развития как отдельных регионов, так и государства в целом. В этой связи весьма актуальными становятся вопросы, связанные с обеспечением работоспособности существующих и вновь строящихся дорог. Одной из серьезных проблем при решении данной задачи является преждевременный износ верхних слоев покрытий, который формируется в основном под влиянием истирающих воздействий автомобильных шин, оснащенных шипами. Данная проблема особенно актуальна в климатических реалиях нашей страны. Анализ причин формирования колеи износа позволил установить, что важным фактором являются характеристики применяемых материалов в составе асфальтобетона. В статье представлены результаты испытаний асфальтобетонов разных типов, изготовленных с применением щебня из различных горных пород, на истираемость. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что на результат истираемости асфальтобетона оказывает влияние не только вид горной породы, из которой изготовлен щебень, но также и его крупность. Наилучшие результаты истираемости получены для асфальтобетона типа ЩМА-22, содержащего в своем составе щебень фр. 16–22,4 мм карьера «Гора Змеевая», фр. 8–16 мм, фр. 4–8 мм Баженовского месторождения, дробленого песка Чернореченского месторождения, минерального порошка марки МП-2 и модифицированного битума.

Ключевые слова: колея, абразивный износ, щебень, асфальтобетон, истираемость.

Введение. Преждевременное разрушение покрытий автомобильных дорог связано в основном с увеличением доли автомобильного транспорта в общем объеме грузоперевозок и повышением нагрузок на ось автомобиля. Результатом этого является образование и накопление деформаций, появление дефектов в виде выбоин и трещин, а также образование колеи в результате абразивного износа структурных элементов асфальтобетона. Деформация покрытий автомобильных дорог связана во многом с недостаточной теплостойкостью битумного вяжущего. Она формируется под воздействием многократно повторяющегося воздействия движущегося транспорта, при котором на начальном этапе возникают микродефекты покрытия, затем эти дефекты увеличиваются и в итоге покрытие приходит в состояние, недопустимое с точки зрения его безопасной эксплуатации. Для борьбы с этим видом деформации известны многочисленные методы, основным из которых является повышение деформативной устойчивости асфальтобетона путем применения в его составе полимерных добавок - модификаторов битума [1]. Другим видом деформирования покрытия является образование колеи в результате абразивного износа структурных элементов асфальтобетона под действием автомобильных шин, оснащенных шипами. Данная проблема особенно актуальна для нашей страны, большая часть которой расположена в

северных широтах и при наступлении отрицательных температур и формировании снежного покрова использование шипованных шин является необходимой мерой обеспечения безопасности движения. Такие условия могут продолжаться в некоторых регионах страны до 6–8 месяцев, результатом является преждевременный износ асфальтобетона в верхних слоях дорожных покрытий [2–6]. Износ верхнего слоя асфальтобетонного покрытия на дорогах с разным уровнем интенсивности движения колеблется в довольно широких пределах – от 5 до 10 и более мм в год. Действующими в РФ нормативными документами износ дорожных покрытий шипованной резиной практически не учитывается, отсутствуют методики прогнозирования данного износа, а также требования к износостойкости покрытий автомобильных дорог разных технических категорий. Проблема образования колеи особенно актуальна для проектировщиков, строителей, эксплуатирующих организаций и владельцев автомобильных дорог, которые отличаются высокой интенсивностью движения и расположенных в I или II дорожно-климатических зонах и в высокогорных районах.

Целью данной работы являлось исследование и оценка глубины колеи при абразивном износе шипованными шинами автомобилей в ас-

фальтобетонах различных типов. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) провести анализ факторов, приводящих к образованию колеи износа;
- 2) изучить способы предотвращения образования колеи износа;
- 3) оценить влияние исходных материалов и вида асфальтобетона на величину колеи износа при различных комбинациях материалов.

Группой ученых из скандинавских стран [7] были систематизированы данные по образованию колеи износа, в результате чего удалось сгруппировать факторы, влияющие на скорость и глубину образующейся колеи. К числу таких

факторов можно отнести: интенсивность движения и состав транспортного потока, структуру асфальтобетона, вид применяемого вяжущего, прочность и износостойкость щебня и дробленого песка в асфальтобетоне, твердость исходной горной породы, максимальный номинальный размер крупного заполнителя и др. [8–12] На представленной диаграмме (рис. 1) наглядно показано влияние свойств исходных материалов и состава асфальтобетонной смеси на износ асфальтобетона дорожных покрытий при их эксплуатации. Как видно из приведенных данных, существенный вклад в образование колеи износа вносит характеристика применяемого щебня и битума.

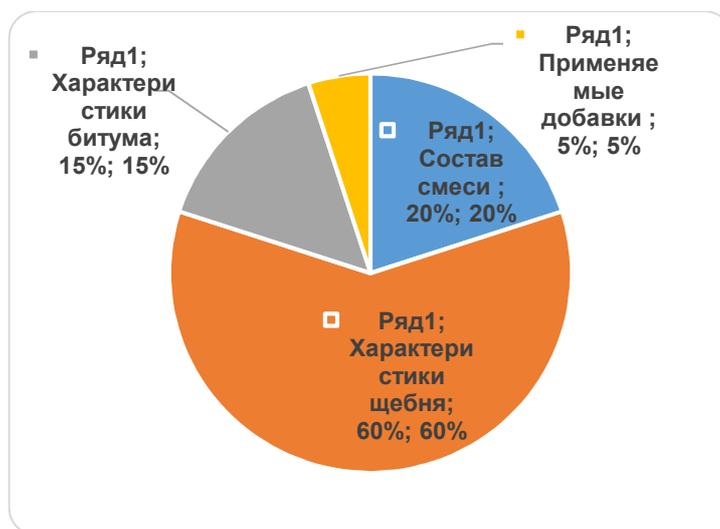


Рис. 1. Влияние свойств исходных материалов и состава смеси на образование колеи в асфальтобетоне

Материалы и методика. На начальном этапе определяли скорость и глубину формирования колеи износа на асфальтобетонах различных типов, поэтому в качестве объектов исследования были выбраны горячий асфальтобетон типа А16Вт, щебеночно-мастичный асфальтобетон типов ЩМА-16 и ЩМА-22. Стойкость к образованию колеи оценивали по показателю истираемости, определение которого производили на установке УКМП-РДТ в соответствии с ГОСТ Р 58406.5. Сущность метода заключается в определении потери объема испытуемого образца диаметром $(100,0 \pm 2,0)$ мм и толщиной $(30,0 \pm 1,0)$ мм, подвергнутого истирающему воздействию стальных шаров в количестве 40 шт. при температуре (5 ± 1) °С в течение (15 ± 1) мин. Данный метод моделирует воздействие шипованной резины в зимний период на асфальтобетонное покрытие, является аналогом Праль-теста, применяемого в европейских странах для оценки износа асфальтобетона под воздействием стальных шаров в присутствии воды на поверхности образцов.

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяли щебень Баженовского месторождения и карьера Гора Змеевая, расположенных в Свердловской области. Щебень Баженовского месторождения получают из горной породы перидотит, которая относится к группе глубинных ультраосновных пород. Условия образования и химический состав данной породы определяют ее основные свойства, которые характерны также для щебня, полученного из нее, а именно: высокая прочность на сжатие, износостойкость и морозостойкость. Щебень карьера Гора Змеевая представлен в основном горной породой габбро, для которой кроме аналогичных перидотиту свойств характерна высокая твердость и, следовательно, низкая истираемость. Поэтому было принято решение приготовить асфальтобетонные смеси с различными комбинациями применяемого щебня (таблица 1). Мелкий заполнитель во всех смесях – доломитовый дробленый песок. Минеральный порошок марки МП-2 – известняковый неактивированный. Для всех используемых материалов характерно хорошее сцепление

с битумом, что не требует применения адгезионных добавок и положительно сказывается на эксплуатационных свойствах асфальтобетона. В качестве вяжущего во всех смесях был использован вязкий нефтяной битум марки БНД 100/130 АО

«Газпромнефть – Омский НПЗ». Для предотвращения расслоения щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей использовали стабилизирующую добавку Стилобит. Характеристики щебня и дробленого песка приведены в таблицах 2–3.

Таблица 1

Составы асфальтобетонных смесей для оценки истираемости асфальтобетона

Состав №1, асфальтобетонной смеси А16Вт	
Щебень фр. 4-8, 8-16 мм – карьер Гора Змеевая	
Песок дробленый – Чернореченское месторождение	
Минеральный порошок МП-2 Северо-Богдановичское месторождение известняков	
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 100/130	
Состав №2, асфальтобетонной смеси А16Вт	
Щебень фр. 8-16 мм – карьер Гора Змеевая	
Щебень фр. 4-8 мм – Баженовское месторождение	
Песок дробленый – Чернореченское месторождение	
Минеральный порошок МП-2 Северо-Богдановичское месторождение известняков	
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 100/130	
Состав №3, щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА-16	
Щебень фр. 4-8, 8-16 мм – карьер Гора Змеевая	
Песок дробленый – Чернореченское месторождение	
Минеральный порошок МП-2 Северо-Богдановичское месторождение известняков	
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 100/130	
Стабилизирующая добавка Стилобит	
Состав №4, щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА-16	
Щебень фр. 8-16 мм – карьер Гора Змеевая	
Щебень фр. 4-8 мм – Баженовское месторождение	
Песок дробленый – Чернореченское месторождение	
Минеральный порошок МП-2 Северо-Богдановичское месторождение известняков	
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 100/130	
Стабилизирующая добавка Стилобит	
Состав №5, щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА-22	
Щебень фр. 4-8, 8-16, 16-22,4 мм – Баженовское месторождение	
Песок дробленый – Чернореченское месторождение	
Минеральный порошок МП-2 Северо-Богдановичское месторождение известняков	
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 100/130	
Стабилизирующая добавка Стилобит	
Состав №6, щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА-22	
Щебень фр. 16-22,4 мм – карьер Гора Змеевая	
Щебень фр. 4-8, 8-16 мм – Баженовское месторождение	
Песок дробленый – Чернореченское месторождение	
Минеральный порошок МП-2 Северо-Богдановичское месторождение известняков	
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 100/130	
Стабилизирующая добавка Стилобит	

Таблица 2

Физико-механические характеристики применяемого щебня

№ п/п	Характеристика	Баженовское месторождение			Карьер Гора Змеевая		
		Фр. 4-8 мм	Фр. 8-16 мм	Фр.16-22,4 мм	Фр. 4-8 мм	Фр. 8-16 мм	Фр.16-22,4 мм
1	Марка по зерновому составу	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10	90/10
2	Марка по дробимости	1400	1400	1400	1400	1400	1400
3	Сопротивление дроблению и износу	И1	И1	И1	И1	И1	И1
4	Сцепление битума с поверхностью щебня, балл	5	5	5	5	5	5

Таблица 3

Физико-механические характеристики дробленого песка

№ п/п	Характеристика	
1	Вид горной породы	доломит
2	Модуль крупности	2,95
3	Марка по дробимости	1200
4	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	8,5

Характеристики применяемого битума марки БНД 100/130: глубина проникания иглы при 25 °С – 103 мм⁻¹; температура размягчения – 45,4 °С, растяжимость при 0 °С – 5,4 см. Свойства

полимерно-битумного вяжущего марки ПБВ 90: глубина проникания иглы при 25 °С – 98 усл.град., температура размягчения – 61,5 °С, температура хрупкости – минус 27 °С, эластичность – 91 %.

Приготовление асфальтобетонных смесей производили в лабораторном смесителе, температура смеси составляла 140–160 °С. При этой температуре динамическая вязкость битума находилась в пределах 150–190 МПа·с.

Основная часть. Из полученных смесей формовали стандартные образцы-цилиндры диаметром 101,6 мм на компакторе Маршалла 50 ударами уплотнительного молота, на которых затем определяли физические и эксплуатационные свойства асфальтобетона (таблица 4).

Таблица 4

Физические и эксплуатационные свойства асфальтобетона

№ п/п	Физико-механические показатели	№ состава					
		1	2	3	4	5	6
1	Объемная плотность, г/см ³	2,580	2,464	2,620	2,590	2,462	2,520
2	Содержание воздушных пустот, %	3,1	3,3	3,2	3,5	3,0	3,2
3	Средняя глубина колеи, мм	3,0	2,9	3,3	3,2	3,0	3,1
4	Коэффициент водостойкости	0,86	0,87	0,87	0,91	0,86	0,88

Полученные результаты показывают, что свойства асфальтобетонов различных типов соответствуют требованиям нормативных документов, независимо от применяемых в их составе исходных материалов. При этом содержание воздушных пустот в асфальтобетоне находится в

пределах от 3,0 до 3,5 %. Далее образцы асфальтобетона испытывали на истираемость.

Результаты определения истираемости асфальтобетона приведены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты определения истираемости асфальтобетона

№ состава	Тип асфальтобетона	Истираемость, см ³	Класс по истираемости	Требования ГОСТ Р 58406.1-2020, 58406.2-2020
1	A16Bт	25	1	До 25
2	A16Bт	31	2	От 26 до 35
3	ЩМА-16	24	1	До 25
4	ЩМА-16	26	2	От 26 до 35
5	ЩМА-22	30	2	От 26 до 35
6	ЩМА-22	22	1	До 25

На основании анализа полученных данных (таблица 5) можно провести ранжирование исследуемых асфальтобетонов по эффективности их сопротивления образованию и накоплению колеи износа: состав №6 → состав №3 → состав №1 → состав №4 → состав №5 → состав №2. При этом по значению уменьшения объема все испытанные образцы показывают класс по истираемости от 1 до 2.

Наименьшей истираемостью обладает асфальтобетон типа ЩМА-22 (состав № 6), что, вероятно, подтверждает предположение о повышенной износостойкости данного типа асфальтобетона. Это объясняется, возможно, тем, что в состав данного асфальтобетона входит щебень фр.

16–22,4 мм из горной породы габбро. Полученные результаты подтверждают утверждение о том, что чем выше размер зерен щебня, применяемого в асфальтобетоне, тем выше его стойкость к износу. Внешний вид образцов до и после испытания на истираемость, изготовленных из щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-22, показан на рисунке 2.

Дальнейшие исследования проводились на щебеночно-мастичном асфальтобетоне типа ЩМА-22. Определяли влияние вида вяжущего на интенсивность образования колеи в асфальтобетоне. Дополнительно была приготовлена асфальтобетонная смесь ЩМА-22 состава №6 с поли-

мерно-битумным вяжущим ПБВ 90 с целью изучения влияния вида вяжущего на интенсивность образования колеи износа. Испытания образцов на истираемость показали класс по истираемости 1, при этом среднее уменьшение объема образцов составило 20 см³. Данные результаты подтверждают более высокую стойкость к износу асфальтобетона с модифицированным битумом в его составе. Коэффициент водостойкости асфальтобетона составил 0,89, что свидетельствует о высокой стойкости вяжущего к агрессивному воздействию воды и объясняется, по-видимому, более прочным сцеплением модифицированного битума со щебнем и наличием эластичности у модифицированного битума. По итогам проведенного исследования установлен оптимальный состав щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-22, обладающего повышенной стойкостью к образованию колеи износа:

Щебень фр. 16-22,4 мм, карьер «Гора Змеевая»	44 %
Щебень фр. 8-16 мм, карьер «Гора Змеевая»	18 %
Щебень фр. 4-8 мм, карьер «Гора Змеевая»	10 %
Песок дробленый, месторождение «Чернореченское»	20 %
Минеральный порошок МП-2, Северо-Богдановичское месторождение известняков	8 %
Полимерно-битумное вяжущее ПБВ 90, АО «Газпромнефть – Омский НПЗ»	6,4 %
Стабилизирующая добавка Стиллобит,	0,4 %

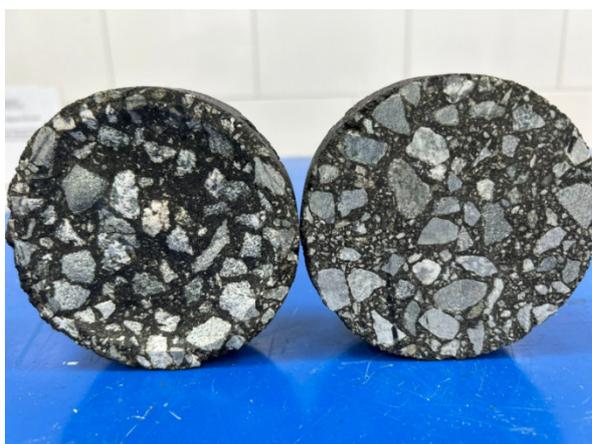


Рис. 2. Образцы ЩМА-22 до и после испытания на истираемость

Опытные участки из щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-22 были выполнены при ремонте городских улиц в г. Тюмень в 2023 году. Также с целью наблюдения за образованием колеи на участках торможения и разгона (перекрестки, остановки общественного транспорта)

при ремонте этих участков локально был использован щебеночно-мастичный асфальтобетон типа ЩМА-22. Эксплуатация опытных участков в течение года показала частичное обнажение зерен крупного заполнителя, при этом ровность покрытия не изменилась, зазор под 3-х метровой рейкой отсутствовал.

Поиск путей снижения интенсивности образования колеи износа на автомобильных дорогах позволит нормировать данный показатель в проектной документации и на стадии проектирования автомобильных дорог прогнозировать возможный срок их эксплуатации до достижения предельного состояния, недопустимого по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [13–15].

Выводы:

1. Физические и эксплуатационные свойства исследуемых асфальтобетонов соответствуют требованиям действующих нормативных документов. При этом значение показателя «Содержание воздушных пустот» находится в диапазоне от 3,0 до 3,5 % для всех типов. Показатель истираемости испытанных образцов асфальтобетона имеет минимальное значение для составов №1,3 и 6. Это, вероятно, объясняется тем, что в этих асфальтобетонах в качестве структурообразующих фракций применен щебень из горной породы габбро, которая более эффективно сопротивляется истирающим воздействиям.

2. Асфальтобетон, изготовленный с применением полимерно-битумного вяжущего ПБВ 90, показал результат повышенной стойкости к износу и водостойкости в сравнении с аналогичным асфальтобетоном, приготовленным на нефтяном битуме марки БНД 100/130.

3. Наблюдение за образованием и развитием колеи на опытных участках необходимо продолжить. На основании полученных результатов будет возможно разработать зависимости, описывающие динамику развития глубины колеи под действием истирающих воздействий для прогнозной оценки сроков службы верхних слоев дорожных покрытий.

Источник финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00796, <https://rscf.ru/project/23-19-00796/> с использованием оборудования Центра высоких технологий на базе БГТУ им. В.Г. Шухова, а также оборудования на базе Испытательной лаборатории Акционерного общества «Тюменское областное дорожно-эксплуатационное предприятие».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмадова Х.Х., Хадисова Ж.Т., Махмудова Л.Ш., Абдулмежидова З.А., Мусаева М.А.

Основные способы модификации битумов различными добавками // Вестник ГГНТУ. Технические науки, Том XV, №3 (17). 2019. С. 42–56.

2. Тимоховец В.Д., Бабич Т.Г. Определение величины износа дорожного покрытия // Construction and Geotechnics. 2024. Том 15, № 1. С. 33–45. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.03.

3. Леднев А.В. Анализ факторов, влияющих на износостойкость асфальтобетона // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2018. № 1. С. 1–10.

4. Blab R., Kappl K., Lackner R., Aigner E. Permanent deformation of bituminous bound materials in flexible pavements // Evaluation of test methods and prediction models. Samaris D28. 2006. Vol. 1. Pp. 144–152.

5. Johannes G. Investigations of Road Wear Caused by Studded Tires // Tire Science and Technology. 2014. Vol. 42(1). Pp. 2–15.

6. Герцог В.Н., Долгих Г.В., Кузин Н.В. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 5 (57). С. 45–57.

7. Износ асфальтобетонных покрытий шипованной резиной [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dor.spb.ru/index/technology/iznos-rokrytiy/> (дата обращения: 22.12.2024).

8. Радовский Б.С. Концепция вечных дорожных одежд // Дорожная техника. 2011. № 11. С. 132–144.

9. Баймухаметов Г.Ф. Новые методы абразивных испытаний в дорожном строительстве // Техника и технология транспорта. 2019. № 11. С. 22–26.

10. Стягов А.С. Анализ зарубежных методов испытаний асфальтобетонов верхних слоев покрытия // Известия РГСУ. 2015. № 19. С. 208–214.

11. Хафизов Э.Р., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф., Фомин А.Ю., Буланов П.Е., Никметзянов А.Р. Определение интенсивности движения и состава потока на улично-дорожной сети г. Казани в рамках исследования образования дефектов на дорожных покрытиях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2. С. 297–304.

12. Хафизов Э.Р., Шамсиев Д.И., Баймухаметов Г.Ф. Мониторинг глубины колеи на автомобильных дорогах г. Казань // Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы XX международной научно-практической конференции. 2019. С. 107–109.

13. Torbjörn J., Lars-Göran W. Utveckling och uppgradering av prognosmodell för beläggningsslitage från dubbade däck samt en kunskapsöversikt över inverkan faktorer. Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 2007. VTI notat 07-2007. Version 3.2.03.

14. Сектор А.Г. Износ асфальтобетонных покрытий автомобильными шинами с шипами // Дорожная техника. 2017. С. 44–53.

15. Bahadori A., Zhang K., Li X., Muhunthan B. Development of asphalt materials to mitigate sdudded tire wear of pavements // Washington State University, California State University, Chico, California State University, Fresno. Final Report. 2017. 43 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.23938.02243

Информация об авторах:

Абайдуллина Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов. E-mail: abajdullinatn@tyuiu.ru. Тюменский индустриальный университет. Россия, 625000, г.Тюмень, ул. Володарского, д.38.

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: vvstrokova@gmail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тимоховец Вера Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов. E-mail: timohovetsvd@tyuiu.ru. Тюменский индустриальный университет. Россия, 625000, г.Тюмень, ул. Володарского, д.38.

Рафейкова Екатерина Сергеевна, студент кафедры автомобильных дорог и аэродромов. E-mail: Rafeykova.Kate@yandex.ru. Тюменский индустриальный университет. Россия, 625000, г.Тюмень, ул. Володарского, д.38.

Поступила 17.02.2025 г.

© Абайдуллина Т.Н., Строкова В. В., Тимоховец В.Д., Рафейкова Е.С., 2025

^{1,*}Abaidullina T.N., ²Strokova V.V., ¹Timokhovets V.D., ¹Rafeikova E.S.

¹Industrial University of Tyumen

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: abajdullinatn@tyui.ru

INTENSITY ANALYSIS OF RUTTING IN VARIOUS TYPES OF ASPHALT CONCRETE

Abstract. Highways are one of the important infrastructure components that characterize the development level of regions and the state. In this regard issues related to ensuring the operability of existing and newly built roads become very relevant. One of the serious problems in solving this issue is premature wear of the pavement upper layers which is formed mainly under the influence of abrasive effects of automobile tires equipped with studs. This problem is especially relevant in the climatic realities of our country. Analysis of the causes of wear track formation allowed us to establish that an important factor is the material's characteristics in the asphalt concrete composition. The article presents the tests results of different types of asphalt concrete made using crushed stone from various rocks for abrasion. The results obtained allow us to conclude that the result of asphalt concrete abrasion is influenced not only by the type of rock from which the crushed stone is made but also by its size. The best results of abrasion were obtained for asphalt concrete of the stone mastic asphalt SMA-22 containing crushed stone of fraction 16-22.4 mm from the quarry "Gora Zmeevaya", fraction 8-16 mm, fraction 4-8 mm from the Bazhenovskoye deposit, crushed sand from the Chernorechenskoye deposit, mineral powder of the grade MP-2 and modified bitumen.

Keywords: rut, abrasive wear, crushed stone, asphalt concrete, abrasion.

REFERENCES

1. Ahmadova H.H., Hadisova Z.H.T., Mahmudova L.SH., Abdulmezhidova Z.A., Musaeva M.A. Basic bitumen modification methods various additives [Osnovnye sposoby modifikatsii bitumov razlichnymi dobavkami]. Herald of GSTOU. Technical Sciences. Volume XV. No. 3 (17). 2019. Pp. 42-56. (rus)
2. Timohovec V.D., Babich T.G. Determination of road surface wear and tear [Opredelenie velichiny iznosa dorozhnogo pokrytiya]. Construction and Geotechnics. 2024. Vol. 15. No. 1. Pp. 33-45. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.03. (rus)
3. Lednev A.V. Analysis of factors influencing the wear resistance of asphalt concrete [Analiz faktorov, vliyayushchih na iznosostojkost' asfal'tobetona]. Engineering journal of Don. No. 1. 2018. (rus)
4. Blab R., Kappl K., Lackner R., Aigner E. Permanent deformation of bituminous bound materials in flexible pavements. Evaluation of test methods and prediction models Samaris D28. 2006. Vol. 1. Pp. 144.
5. Gultlinger, Johannes, et al. 2014. Investigations of Road Wear Caused by Studded Tires. Tire Science and Technology. 2014. Vol. 42, 1. Pp. 2-15.
6. Gercog V.N., Dolgih G.V., Kuzin N.V. Calculation criteria for road pavement evenness. Part 1: substantiating the flatness standards of asphalt concrete pavement [Raschet dorozhnyh odezhd po kriteriyam rovnosti. CHast' 1. Obosnovanie norm rovnosti asfal'tobetonnyh pokrytij]. Magazine of Civil Engineering. No.5. 2015. Pp. 45-57. DOI: 10.5862/MCE.57.4. (rus)
7. Wear of asphalt concrete pavements by studded tires [Iznos asfal'tobetonnyh pokrytij shipovannykh rezinoj]. AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.dor.spb.ru/index/technology/iznos-pokrytij/> (date of treatment: 22.12.2024). (rus)
8. Radovskij B.S. Concept of eternal road pavements [Konceptiya vechnyh dorozhnyh odezhd]. Dorozhnaya tekhnika. 2011. No. 11. Pp. 132-144. (rus)
9. Bajmuhametov G.F. New methods of abrasion test in the road building [Novye metody abrazivnyh ispytaniy v dorozhnom stroitel'stve]. Technique and technology of transport. 2019. No. №11. Pp. 22-26. (rus)
10. Styagov A.S. Analysis of foreign test methods for asphalt concrete of the upper layers of the coating [Analiz zarubezhnyh metodov ispytaniy asfal'tobetonov verhnih sloev pokrytiya]. News of the RSSU. 2015. No. 19. Pp. 208-214 (rus)
11. Hafizov E.R., Vdovin E.A., Mavliev L.F., Fomin A.YU., Bulanov P.E., Nikmetzyanov A.R. Determination of the volume of traffic and speed of movement on the street-road network in Kazan in the framework of the study of a formation of defects on road surfaces [Opredelenie intensivnosti dvizheniya i sostava potoka na ulichno-dorozhnoj seti g. Kazani v ramkah issledovaniya obrazovaniya defektov na dorozhnyh pokrytyah]. News of the Kazan State University of Architecture and Engineering. 2017. No. 2. Pp. 297-304. (rus)
12. Khafizov E.R., Shamsiev D.I., Baimukhametov G.F. Monitoring the rut depth on the roads of Kazan [Monitoring glubiny kolei na avtomobil'nyh dorogah g. Kazan']. Fundamental'nye i prikladnye nauki segodnya. Materialy HKH mezhdunarodnoj

nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. Pp. 107–109. (rus)

13. Torbjörn J., Lars-Göran W. Utveckling och uppgradering av prognosmodell för beläggningsslitage från dubbade däck samt en kunskapsöversikt över inverkande faktorer. Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). 2007. VTI notat 07-2007. Version 3.2.03.

14. Sektor A. G. Wear of asphalt concrete pavements by studded car tires [Iznos asfal'tobetonnyh pokrytij avtomobil'nyimi shinami s shipami]. Dorozhnaya tekhnika. 2017. Pp. 44–53. (rus)

15. Bahadori A. Zhang K., Li X., Development of asphalt concrete materials to reduce the wear of road surfaces due to tire impacts. University of Washington, California State University, Chico, California State University, Fresno. The final report. 2017. 43 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.23938.02243

Received 17.02.2025

Для цитирования:

Абайдуллина Т.Н., Строкова В. В., Тимоховец В.Д., Рафейкова Е.С. Анализ интенсивности образования колеи в асфальтобетонах различных типов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 4. С. 27–34. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-4-27-34

For citation:

Abaidullina T.N., Strokovva V.V., Timokhovets V.D., Rafeikova E.S. Intensity analysis of rutting in various types of asphalt concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 4. Pp. 27–34. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-4-27-34