

Лабораторное сравнение Стиболит и PROPolymer МА-СК

Е.Д. Зайков, В.Б. Балабанов

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,
Российская Федерация*

Аннотация: Для повышения долговечности асфальтобетона в жарком климате применяют стабилизирующие добавки. Традиционный модификатор Стилобит повышает устойчивость к колеобразованию и трещинам, но ограничен по температурной стабильности и обеспечению плотности. В исследовании сравнивали смеси со Стилобитом и новым модификатором PROPolymer МА-СК. Смесь с PROPolymer МА-СК показала лучшую устойчивость к колеобразованию, более стабильное вяжущее и повышенную плотность, что снижает риск деформаций и делает его более эффективной и экономичной альтернативой для дорожных покрытий в жарком климате.

Ключевые слова: PROPolymer МА-СК, щебёночно-мастичные асфальтобетонные смеси, колеи, колеобразование, эксплуатационные характеристики, Стилобит, модификаторы.

Введение

Одним из наиболее распространенных дефектов дорожного покрытия является колеобразование. На покрытии образуются продольные полосы, которые могут тянуться на многие километры и достигать глубины в десятки сантиметров (Рис. 1–2). Незаметные для водителей углубления в дороге часто становятся причиной аварий и замедляют движение транспорта на дорогах.



Рис. 1



Рис. 2

За последние 20 лет в строительстве дорог с асфальтобетонным покрытием применялись различные типы модификаторов, что позволило улучшить характеристики асфальтобетонных смесей и увеличить срок

службы покрытия. В целом, модифицированные асфальтобетонные смеси создаются с помощью полимерной или химической модификации, однако полимерная модификация рекомендована большинством организаций. Полимеры улучшают свойства битума и, соответственно, эксплуатационные характеристики асфальтобетонной смеси. Полимеры делятся на две категории — эластомеры и пластимеры, которые различаются по физическим характеристикам и функциям модификаторов в улучшении битумных свойств. Кроме того, при строительстве асфальтобетонных покрытий начинает распространяться реактивный эластомерный терполимер. Многолетние исследования показали, что битум, модифицированный полимером «Стилобит», обладает высокой эффективностью и дает положительные результаты в устойчивости к колееобразованию и другим дефектам. Однако его использование увеличивает стоимость асфальтобетона, а также требует значительных усилий для длительного хранения. Таким образом, поиск более доступных и простых альтернатив полимеру «Стилобит» является важной задачей. В данном исследовании была протестирована эффективность PROpolymer MA-CK для получения щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (ЩМАС) с высокой устойчивостью к колееобразованию.

Методы и материалы

Материалы

В данном исследовании использовался битум нефтяной дорожный (БНД) марки 100/130, поставленный компанией «Роснефть». Для измерения характеристик битума были проведены некоторые традиционные испытания базового битума, такие, как испытания на пенетрацию и температуру размягчения. (Табл.1).

Результаты испытаний битума БНД марки 100/130

№	Наименования показателя	Метод испытания	Норма по ГОСТ 33133-2014	Фактическое значение
1	Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	ГОСТ 33136-2014	101-130	114
2	Температура размягчения по кольцу и шару, °C	ГОСТ 33142-2014	не ниже 45	47
3	Растяжимость при 0°C, см	ГОСТ 33138-2014	не менее 4,0	4,6
4	Температура хрупкости, °C	ГОСТ 33143-2014	не выше - 20	-27
5	Температура вспышки, °C	ГОСТ 33141-2014	не ниже 230	280
6	Изменения массы образца после старения, %	ГОСТ 33140-2014	не более 0,7	0,3

Образцы ЦМА были приготовлены с использованием двух добавок, «Стилобит» и PROPolymer MA-CK. (Табл. 2)

7	Изменения температуры размягчения после старения, °С	ГОСТ 33140-2014 ГОСТ 33142-2014	не более 7	6,4
---	--	---------------------------------	------------	-----

Таблица 1. Свойства битума

Подбор составов с добавками «Стилобит» и PROPolymer «МА-СК»

Материалы	Состав минеральной части смеси, % (битум в 100%)	
	1 состав	2 состав
Щебень фр. 8-16	53,9	53,9
Щебень фр. 4-8	18	18
Песок дробленый фр. 0-4	12,3	12,3
Минеральный порошок МП-2	10,4	10,4
Стабилизирующая добавка "Стилобит"	0,4	0
Полмерный модификатор PROPolymer МА-СК	0	0,5
БНД 100/130	5,3	5,3

Таблица 2. Состав асфальтобетонной смеси

Состав рецептов соответствует требованиям ГОСТ 58406.1-2020 для щебеночно-мастичной смеси ЦМА-16 для устройства верхнего слоя покрытия [1, 2].

Методы

Определение максимальной плотности

Сущность метода заключается в определении плотности размельченной пробы асфальтобетонной смеси после удаления воздушных пустот достигается путём вакуумирования пробы асфальтобетонной смеси в совокупности с применением легкой вибрации.

Определение объемной плотности

Принцип метода заключается в определении объемной плотности испытуемого образца путем определении его массы на воздухе и в воде.

Определение стекания вяжущего

В этом методе оценивается способность смеси удерживать содержащееся в ней вяжущего.

Определение средней глубины колеи

Сущность метода заключается в прокатывании нагруженного колеса по испытываемому образцу при требуемой температуре и определении глубины колеи после 10000 циклов нагрузки или достижения предельного значения.

Результаты исследования

Полученные результаты показаны на рисунках 3-6

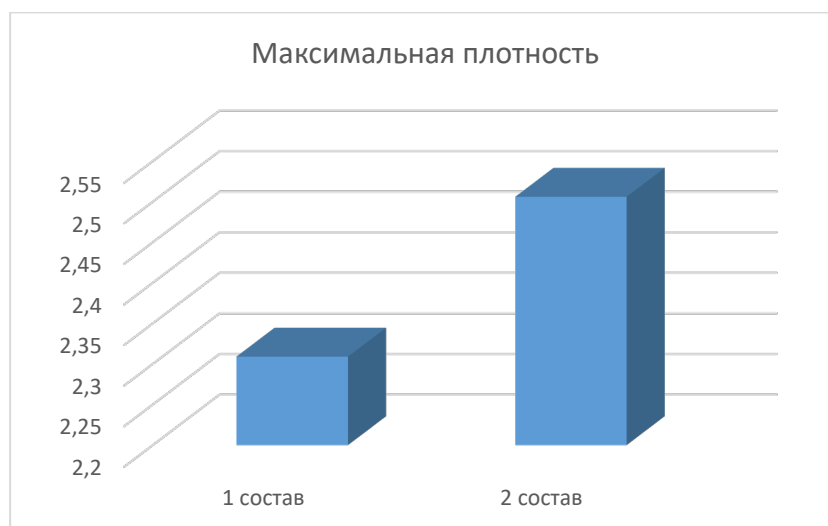


Рисунок 1. – Максимальная плотность

Максимальная плотность отражает, насколько плотно частицы материала могут быть упакованы без учета пустот. У состава с добавкой МА-СК ($2,370 \text{ г/см}^3$) максимальная плотность выше, чем у смеси Стилобит ($2,309 \text{ г/см}^3$), что говорит о более плотной структуре частиц или лучшей их упаковке в составе с добавкой МА-СК [3].

Разница в значениях (примерно $0,061 \text{ г/см}^3$) может быть обусловлена различиями в химическом составе стабилизирующих добавок, размере и форме частиц, а также их взаимодействием с другими компонентами смеси [4].

Более высокая максимальная плотность добавки МА-СК может указывать на потенциально большую прочность материала, так как плотность

часто коррелирует с механическими характеристиками, но это требует дополнительных тестов на прочность [5, 6].

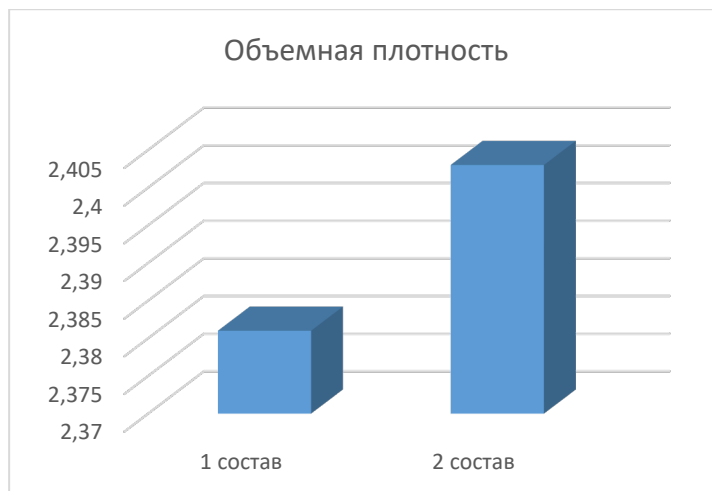


Рисунок 2. – Объемная плотность

Объемная плотность учитывает не только массу материала, но и объем, включая пустоты. У состава с добавкой МА-СК (2,403 г/см³) объемная плотность выше, чем у смеси Стилобит (2,381 г/см³), что согласуется с данными о максимальной плотности.

Разница (примерно 0,022 г/см³) меньше, чем в случае максимальной плотности, что может указывать на то, что пустотность (наличие воздуха или пор) у обеих смесей относительно близка, но добавка МА-СК все же имеет более компактную структуру.

Более высокая объемная плотность добавки МА-СК может быть связана с лучшей способностью добавки МА-СК заполнять пустоты или обеспечивать более равномерное распределение компонентов в смеси. Это может положительно сказаться на эксплуатационных характеристиках, таких, как устойчивость к деформациям.

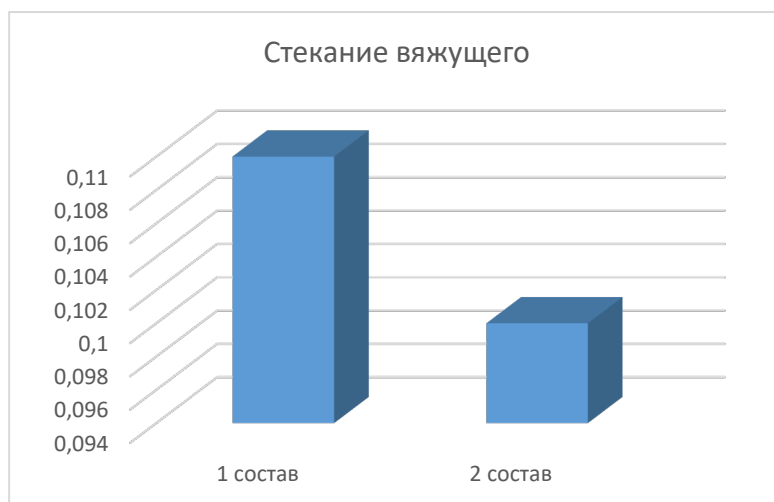


Рисунок 3. – Стекания вяжущего

Стойкость к стеканию вяжущего показывает, насколько стабильно вяжущее вещество удерживается в смеси при высоких температурах. У смеси МА-СК (0,1%) стекание ниже, чем у состава с добавкой Стиллобит (0,11%), что указывает на лучшую способность МА-СК удерживать вяжущее.

Разница (0,01%) небольшая, но это может быть значимо в контексте долговечности материала, особенно для асфальтобетонных покрытий, где стекание вяжущего может привести к ухудшению свойств (например, снижению сцепления или образованию трещин) [7, 8].

Более низкий показатель стекания у состава с добавкой МА-СК может быть обусловлен лучшей адгезией между вяжущим и стабилизирующей добавкой, а также, возможно, более высокой вязкостью смеси при нагреве.

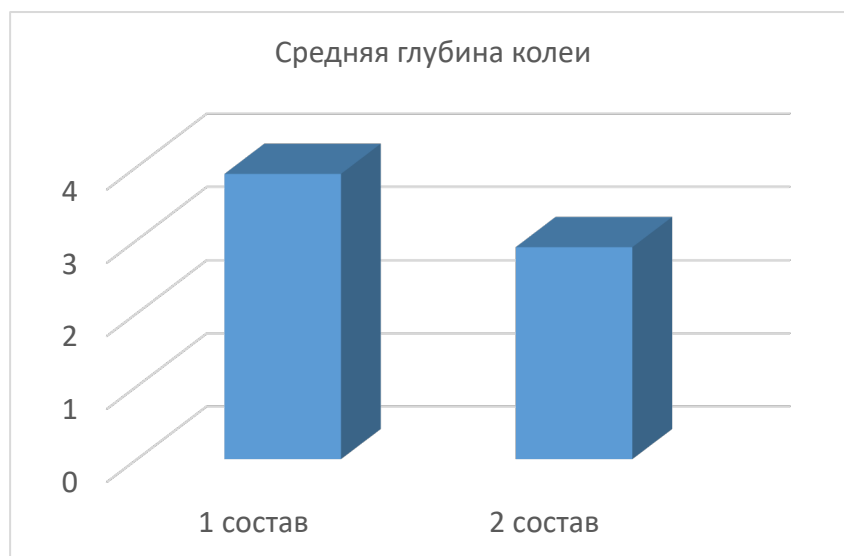


Рисунок 4. – Средняя глубина колеи

На основе предоставленной диаграммы, отражающей среднюю глубину колеи для двух составов, можно прийти к следующим выводам: состав с добавкой Стилобит демонстрирует среднюю глубину колеи 3,9 мм, тогда как смесь МА-СК имеет более низкий показатель — 2,9 мм.

Этот результат указывает на то, что смесь с добавкой МА-СК обладает лучшей устойчивостью к деформации и колееобразованию под воздействием нагрузок. Более низкая глубина колеи у МА-СК связана с улучшенными физико-механическими свойствами материала, такими, как повышенная адгезия вяжущего, что способствует распределению нагрузки и снижению износа.

Таким образом, МА-СК представляется более эффективной добавкой для повышения устойчивости асфальтобетона к колееобразованию, что делает ее предпочтительной для применения в условиях, где этот дефект является проблемой [9, 10].

Заключение

Смесь МА-СК демонстрирует лучшие показатели по всем четырем параметрам: более высокая максимальная и объемная плотность, меньшее стекание вяжущего, а также наименьшая глубина колеи. Это может

указывать на то, что МА-СК лучше справляется с задачей стабилизации смеси, обеспечивая более плотную и устойчивую структуру.

Смесь Стилобит, хотя и уступает по характеристикам, все еще находится в близком диапазоне значений, что говорит о ее пригодности, но, возможно, с меньшей эффективностью в сравнении с МА-СК.

Литература

1. Игнатъев А.А. Добавки в асфальтобетон. Обзор литературы. Известия КГАСУ. 2023. № 1. 63. С. 12-20.
2. Цыбин Д.Ю. Оценка эффективности применения комплексного модификатора PROpolymer МА-СК для щебеночно-мастичного асфальтобетона. Инновации. Наука. Образование. 2021. 40. С. 393-398.
3. Ban I., Barišić I., Cuculić M., Zvonarić M. Performance Evaluation of Waste Rubber-Modified Asphalt Mixtures: A Comparative Study of Asphalt Concrete and Stone Mastic Asphalt Gradings. Infrastructures. 2025. 10. pp.107-121.
4. Mashaan N.S. Rutting and Aging Properties of Recycled Polymer-Modified Pavement Materials. Recycling. 2025. 10. pp. 34-49
5. Траутвайн А.И., Сырых А.А. Анализ рынка стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона. Теоретические предпосылки применения органических волокон для стабилизации битума. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. №1. С. 82-99.
6. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Тоболенко С.С. Исследование влияния стабилизирующих добавок на долговечность щебеночно-мастичного асфальтобетона. Мир дорог. 2020. № 128. С. 78–81.
7. Бабков В.Ф., Киселёв А.А., Пашкевич В.В. Асфальтобетонные смеси и дорожные одежды: свойства, расчёт, проектирование. – М. Транспорт, 2020. № 3. С. 288-368.

8. Королев К.В., Тарасова Е.П. Влияние полимерных модификаторов на эксплуатационные характеристики асфальтобетонных смесей. Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2020. 26. № 2. – С. 268–276.

9. Ляпин А.А., Фролов С.В. Влияние полимерных и волокнистых стабилизирующих добавок на устойчивость щебёночно-мастичного асфальтобетона к колееобразованию. Автомобильные дороги. 2019. № 6. С. 42–47.

10. Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Ядыкина В.В. Современные стабилизирующие добавки для щебёночно-мастичных асфальтобетонных смесей и их влияние на эксплуатационные свойства. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 78–85.

References

1. Ignatiev A.A. Izvestiya KGASU. 2023. № 1. 63. pp. 12-20.
2. Tsybin D.Yu. Innovatstsi. Nauka. Obrazovanie. 2021. 40. pp. 393-398.
3. Ban I., Barišić I., Cuculić M., Zvonarić M. Infrastructures. 2025. 10. pp.107-121.
4. Mashaan N.S. Recycling. 2025. 10. pp. 34-49.
5. Trautvain A.I., Syrykh A.A. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2025. №1. pp. 82-99.
6. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I., Tobolenko S.S. Mir dorog. 2020. № 128. pp. 78–81.
7. Babkov V.F., Kiselev A.A., Pashkevich V.V. M.: Transport. 2020. № 3. pp. 288-368.
8. Korolev K.V., Tarasova E.P. Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2020. 26. № 2. pp. 268–276.



9. Lyapin A.A., Frolov S.V. Avtomobil'nye dorogi. 2019. № 6. pp. 42–47.
10. Gridchin A.M., Trautvain A.I., Yadykina V.V. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2018. № 11. pp. 78–85.

Авторы согласны на обработку и хранение персональных данных.

Дата поступления: 8.11.2025

Дата публикации: 27.12.2025