

УДК 625.7/.8

С. Г. Артемова^а, О. Б. Барлит^а, В. М. Певнев^а, С. Д. Гофман^б

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Волгоградский строительный техникум*

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ — ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Целью работы является разработка и обоснование внедряемых, ранее не применявшихся критериев подбора материалов для нанесения дорожной разметки, обеспечивающего всесезонную функциональную сохранность, определение оптимальных климатических условий для выполнения работ по нанесению горизонтальной дорожной разметки.

Работа включает в себя написание двух статей. Предлагается вторая статья, которая отражает результаты анализа предварительно собранных данных, описание натурных исследований с представлением графических материалов, а также обоснование и порядок разработки предлагаемой методики подбора материалов и определения оптимальных климатических условий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автомобильная дорога, дорожная разметка, термопластик, функциональный срок службы, безопасность.

Учитывая, что высокий риск возникновения дорожно-транспортных происшествий и необходимость постоянного визуального ориентирования автовладельцев являются основополагающими факторами необходимости обеспечения всесезонной функциональной сохранности всех элементов дорожной разметки [1], грамотный и профессиональный подход к обоснованию выбора материала и всех этапов нанесения горизонтальной дорожной разметки обуславливает полноценную отдачу требуемых светотехнических качеств¹.

Наличие дорожной разметки на территории Волгоградского региона обеспечивается на тысячах километрах автомобильных дорог. Согласно постановлению Администрации Волгоградской области от 24.05.2010 № 231-п «Об утверждении Перечня автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Волгоградской области» по территории региона протекает более 650 дорог регионального значения общей протяженностью более 11 000 км.

В свою очередь, городские автомобильные дороги располагаются в 8 районах г. Волгограда. Общая протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет более 430 км. В общем представлении количество транспортных улиц составляет более 335.

Полный перечень автомобильных городских дорог отражен в постановлении главы Волгограда от 16.10.2008 № 2143 «Об утверждении перечня автомобильных дорог общего пользования местного значения Волгограда». Волгоградская область занимает третье место в ЮФО по протяженности автомобильных дорог общего пользования.

¹ ГОСТ Р 51256—2018. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. М. : Стандартинформ, 2018. 44 с.

С учетом разнообразия рельефа и климатических условий прохождения автомобильных дорог одним из этапов, применяемых в новой методике подбора материалов и определения оптимальных климатических условий проведения работ по нанесению разметки, является использование данных дорожно-климатического районирования Российской Федерации².

Дорожно-климатическое районирование (рис. 1) выполнено на основании анализа данных гидрометеослужбы по среднемугодовому количеству дней с максимальной дневной температурой наружного воздуха в городах 8 федеральных округов: Центрального (Москва, Тула, Орел, Воронеж, Смоленск); Северо-Западного (Санкт-Петербург, Калининград, Архангельск); Приволжского (Ульяновск, Оренбург, Ижевск); Уральского (Ханты-Мансийск, Челябинск, Тюмень); Сибирского (Новосибирск, Красноярск, Иркутск); Дальневосточного (Хабаровск, Якутск, Магадан); Южного (Волгоград, Краснодар, Ростов-на-Дону, Сочи); Северо-Кавказского (Ставрополь, Махачкала, Владикавказ)³.



Рис. 1. Карта дорожно-климатического районирования РФ

При районировании учтены результаты наблюдений за колееобразованием, а также температурные режимы воздуха, верхних и нижних слоев асфальтобетонных покрытий, собранные на 30 дорожных автоматизированных системах метеорологического обеспечения, расположенных на автомобильных дорогах в различных регионах РФ.

² ГОСТ Р 53172—2008. Изделия для дорожной разметки. Микростеклошарики. Технические требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200070983?ysclid=ls8xntxku913627102>.

³ Методические рекомендации по выбору и применению материалов для разметки автомобильных дорог. М. : Союздорнии, 2002. 25с.

Для подтверждения выдвигаемых предположений и обоснования разработки методики были проведены натурные измерения светотехнических показателей дорожной разметки. Измерения проводились в дневное и вечернее время суток в летнее время (первая половина августа). Важно учитывать, что период нанесения разметки — май, июнь, июль.

Ниже представлены элементы дорожной разметки, выполненные термопластичными материалами, которые предположительно могут не отвечать нормативно-техническим требованиям (рис. 2).



Рис. 2. Элементы дорожной разметки второй группы

В ходе проведения измерений определили наличие проблемы и сформировали вопрос, суть которого состоит в объяснении факта, что полученные результаты значительно отличаются, несмотря на идентичность материала (все работы выполнены термопластичными материалами из одной партии). Часть результатов полностью соответствуют требованиям нормативных документов, часть — не соответствуют одному из двух заявленных показателей, есть также результаты, полностью не отвечающие требованиям технической документации (рис. 3, 4).



Рис. 3. II категория дороги, дневные измерения, тип линии 1.6



Рис. 4. II категория дороги, дневные измерения, тип линии 1.1

Учитывая, что выполнение работ на исследуемых участках проводилось в период с мая по июль, а измерения проводились в первой половине августа, принято решение обратиться к архивам погодных температур за этот период. Выяснилось, что температуры окружающего воздуха в этот период не противоречили рекомендациям нормативных документов⁴.

При дальнейшем анализе ситуации получена дополнительная информация о конкретных датах нанесения разметки. После всестороннего анализа собранной информации сделаны следующие выводы.

1. Работы по группе участков, результаты которых полностью отвечают требованиям нормативно-технической документации, проводились в период с середины мая по вторую половину июня;

2. Работы по группам участков, результаты которых частично или полностью не соответствуют допустимым требованиям нормативной документации, выполнялись в период с второй половины июня по конец июля.

3. Данные архивов атмосферных температур, подтверждают, что с 20 июня по конец июля систематично температура поднималась выше 33 °С, а периодически достигала 39 °С.

4. Данные о температуре покрытия в указанные периоды отсутствуют, но исходя из информации о температуре окружающего воздуха в тот же период, можно предположить, что температура дорожного покрытия достигала 90 °С при температуре окружающего воздуха 34...36 °С.

5. Учитывая результаты натурных измерений, данные о сроках и времени нанесения, а также информацию о температурных режимах, можно сделать вывод, что работы по нанесению горизонтальной дорожной разметки выполнены подрядной организацией профессионально и качественно с соблюдением требований государственных стандартов.

Однако согласно ОДМ 218.6.020—2016 в определенные периоды проведения работ предположительно не были учтены рекомендации о температуре дорожного покрытия, хотя рекомендации о температуре окружающей среды соблюдены в полном объеме.

Возможно, выполнение работ в период с температурой дорожного покрытия, превышающей максимально допустимую, привело к тому, что в момент нанесения и в процессе дальнейшей эксплуатации термопластика плотность материала была ниже 1,85 г/см³, что в свою очередь нарушает ГОСТ Р 52575—2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования». А также, в нарушение п. 5.1.11 вышеуказанного ГОСТ, класс материала для дорожной разметки, вероятно, не соответствовал фактическим климатическим условиям, в противном случае измеряемые показатели были бы идентичными⁵.

Это, в свою очередь, при нанесении разметки могло вызвать нарушение процесса адгезии. При дальнейшей эксплуатации предположительно происходило следующее.

⁴ Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. М. : Росавтодор, 2003. 69 с.

⁵ ГОСТ Р 52575—2021. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования. М. : Стандартинформ, 2021. 12 с.

ОДМ 218.6.020—2016. Методические рекомендации по устройству дорожной разметки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456037935?ysclid=ls95gsjz2615271682>.

Во-первых, при нанесении термопластичных материалов на дорожное покрытие, имеющее температуру выше 35...45 °С, процесс застывания термопластика увеличивается и соответственно изменяется процесс адгезии материала с покрытием. Время ограничения дорожного движения на участке нанесения разметки в данном случае необходимо увеличить для обеспечения полноценного процесса застывания⁶. При начале движения транспортных средств происходит наезд на не полностью застывший материал, что может нарушить целостную структуру его верхнего слоя и снизить срок функциональной службы термопластика.

Во-вторых, при достижении высоких атмосферных температур происходит размягчение термопластиков, что влечет повышенную загрязняемость поверхности материала, последующее вовлечение в верхний слой песка и пыли, а при наездах транспортных средств микростеклошарики вдавливались в структуру материала. В итоге этот процесс снизил светотехнические показатели термопластика и придал разметке серый оттенок⁷.

Таким образом, сформированы основные причины, приведшие к полученным отрицательным результатам измерений. Если принять, что сделанные выводы в теории верны, то следующим этапом должна стать разработка решений по устранению в будущем этих факторов. Необходимо учесть, что данные из ОДМ 218.6.020—2016 носят рекомендательный характер и не обязательны к исполнению. Подобная информация о климатических условиях выполнения работ в других нормативных документах отсутствует.

В целях совершенствования отдельных нормативных аспектов предложена методика подбора материала для нанесения дорожной разметки и определения оптимальных климатических условий, которую необходимо включить в категорию технических документов, обязательных к исполнению.

Дорожно-климатическое районирование необходимо, чтобы определить оптимальные периоды времени для нанесения дорожной разметки (весенний период), а также для своевременного полива и приостановки выполнения работ в пиковые значения температур (летний период) и для определения оптимального периода для реализации вторичного или последующих нанесений дорожной разметки (осенний период). Данную информацию следует учитывать при разработке производственного календаря и различной конкурсной документации⁸.

При внедрении данной методики критически важным будет этап первичного сбора данных. Это необходимо сделать в течение одного строительного сезона. Требуется фиксировать еженедельно температуру окружающего воздуха, а также температуру дорожного покрытия в дневное и ночное время, ориентировочно в 13.00 и 01.00. Впоследствии полученные данные вместе с информацией о дорожно-климатическом районировании позволит сформировать объемные базы данных, на основе и с учетом которых будут разрабаты-

⁶ Journal of Transport Geography. URL: <https://transportgeography.org.uk/journal-of-transport-geography>.

⁷ Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (TRR). URL: <https://journals.sagepub.com/toc/trra/0/0>.

⁸ ГОСТ Р 52289—2019. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. М. : Стандартинформ, 2020. 134 с.

ваться производственные календари и муниципальные задания на выполнение работ по нанесению дорожной разметки.

Также предлагается внедрить в методику анализ следующих дополнительных параметров термопластичных материалов, особенно при выполнении работ в южных регионах страны.

Текучесть расплава термопластика

Показатель текучности расплава (ПТР, индекс расплава) — условная величина, характеризующая поведение термопластичного полимера в вязкотекучем состоянии при переработке его в изделия. Показатель текучности расплава определяется количеством материала (в г), выдавливаемого через стандартный капилляр экструзионного пластометра (вискозиметра) при определенных условиях и пересчитанного на время течения 10 мин⁹.

Вязкость расплава при температуре 190 °С по вискозиметру Брукфильда

Вязкость — внутреннее трение жидкости, которое обусловлено межмолекулярным взаимодействием и проявляется при течении. Вязкость расплавов и растворов полимеров определяется разнообразными методами, однако наибольшее распространение получили капиллярная и ротационная вискозиметрия.

Одной из самых характерных особенностей растворов полимеров является вязкость, очень высокая по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ, непостоянная при разных скоростях течения, сильно зависящая от температуры, нелинейно изменяющаяся с концентрацией раствора и связанная с молекулярным весом полимера определенными соотношениями¹⁰.

Вязкость жидкости можно определить, как сопротивление жидкости движению одного ее слоя относительно другого. Любое перемещение одной части жидкости относительно другой тормозится силами притяжения между ее элементами. Иначе говоря, вязкость жидкости характеризует внутреннее трение, возникающее при перемещении слоев жидкости¹¹.

Вискозиметры Брукфильда ротационные DV2T, DV3T предназначены для измерений динамической вязкости жидкостей в лабораторных условиях. Принцип действия вискозиметров Брукфильда основан на измерении изменения крутящего момента ротора, создаваемого исследуемым продуктом. Изменение крутящего момента ротора определяется датчиком угла вращения по закручиванию измерительной пружины. Диапазон измерения вязкости зависит от размера и формы применяемого ротора, а также от скорости его вращения.

Программа Rheocalc обеспечивает автоматическое управление и сбор данных на вискозиметре с использованием компьютера. Rheocalc может анализировать данные, накладывать несколько графиков друг на друга, распечатывать табличные данные, рассчитывать математические модели и выполнять другие операции. Можно графически отобразить и сохранить до пяти сравниваемых наборов данных [2].

⁹ Transportation Research Part C: Emerging Technologies. URL: https://archive.org/details/pub_transportation-research-part-c-emerging-technologies.

¹⁰ Методические рекомендации по выбору и применению материалов для разметки автомобильных дорог. М. : Союздорнии, 2002. 25 с.

¹¹ Методические рекомендации по устройству горизонтальной дорожной разметки без воздушным способом. М. : Росавтодор, 2001. 60 с.

Разработан предварительный вариант методики подбора материала и совершенствования оптимальных климатических условий для выполнения работ по нанесению дорожной разметки.

Методика подбора материала и определение оптимальных климатических условий

1.1. В течение каждого строительного сезона необходимо фиксировать температуру окружающего воздуха и температуру дорожного покрытия в дневное и ночное время суток. Выполнение данных работ необходимо выполнять еженедельно (1—2 замера) с середины мая по середину сентября.

1.2. По данным дорожно-климатического районирования РФ и полученными данными п. 1.1 формировать полноценную базы для каждого региона. Ежегодно информацию необходимо актуализировать и при необходимости корректировать сроки нанесения дорожной разметки и применяемый материал.

1.3. С учетом полученных данных о температуре дорожного покрытия (п. 1.1—1.2) производить подбор материала по температуре размягчения (п. 5.1.11 ГОСТ Р 52575—2021).

1.4. Проводить определение дополнительного параметра — текучести расплава термопластика.

1.5. Проводить определение дополнительного параметра — вязкости расплава при температуре 190 °С по вискозиметру Брукфильда¹² [2].

Таким образом определяются оптимальные климатические условия выполнения работ для каждого региона, а также обосновывается подбор термопластичных материалов для нанесения дорожной разметки.

В качестве вывода необходимо отметить, что на сегодняшний день оптимальным материалом для нанесения горизонтальной дорожной разметки является термопластик горячего нанесения. Полиэфирные пластики находят новое применение с учетом добавок пластификаторов. Важно обеспечить полную функциональную сохранность дорожной разметки и ее светотехнические характеристики, предложенные мероприятия направлены на решение этих задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Артемова С. Г., Барлит О. Б., Нурахунов Н. М.* Совершенствование системы методов подбора материалов для дорожной разметки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 2(91). С. 48—57.
2. *Пугин К. Г., Юшков В. С.* Современные материалы нанесения дорожной разметки // Материалы международной науч.-практ. конф. «Проблемы функционирования систем транспорта». Тюмень, 2010. С. 275—278.

© Артемова С. Г., Барлит О. Б., Певнев В. М., Гофман С. Д., 2024

*Поступила в редакцию
в январе 2024 г.*

¹² СНиП 3.06.03—85. Автомобильные дороги. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095529?ysclid=ls9lwefa5232237577>.

СТБ 1520—2008. Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Правила применения. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск : БГИ стандартизации и сертификации, 2008. 20 с.

Ссылка для цитирования:

Артемова С. Г., Барлит О. Б., Певнев В. М., Гофман С. Д. Материалы для дорожной разметки — приоритетное направление в совершенствовании транспортных процессов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 53—61. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_53.

Об авторах:

Артемова Светлана Георгиевна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; snartemov@mail.ru

Барлит Олег Борисович — магистрант каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Певнев Вадим Михайлович — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Гофман Софья Дмитриевна — студентка, Волгоградский строительный техникум. Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Скосырева, 1; sweet05sofi@mail.ru

Svetlana G. Artemova^a, Oleg B. Barlit^a, Vadim M. Pevnev^a, Sofiya D. Gofman^b

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Volgograd Construction College*

**MATERIALS FOR ROAD MARKING ARE A PRIORITY
IN IMPROVING TRANSPORT PROCESSES**

The purpose of the work is to develop and justify introduced, previously unused criteria for selecting material for applying road markings in order to ensure all-season functional safety and determine optimal climatic conditions for carrying out work on applying horizontal road markings.

The work cycle includes writing two articles. Now we present to your attention the second part of the work, which includes the result of the analysis of pre-collected data, a description of field research with the presentation of graphic materials, as well as the rationale and procedure for developing the proposed methodology for selecting material and determining optimal climatic conditions.

Key words: highway, road markings, thermoplastic, functional service life, safety.

For citation:

Artemova S. G., Barlit O. B., Pevnev V. M., Gofman S. D. [Materials for road marking are a priority in improving transport processes]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 53—61. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_53.

About authors:

Svetlana G. Artemova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; snartemov@mail.ru

Oleg B. Barlit — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Vadim M. Pevnev — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Sofiya D. Gofman — Student, Volgograd Construction College. 1, Skosyreva st., Volgograd, 400066, Russian Federation; sweet05sofi@mail.ru