

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/36SAVN619.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Талалай В.В., Васильев Ю.Э., Кочетков В.А. Контроль качества термопластичных материалов для дорожной разметки // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/36SAVN619.pdf> (доступ свободный).
Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Talalai V.V., Vasiliev Yu.E., Kochetkov V.A. (2019). Quality control of thermoplastic materials for road marking. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/36SAVN619.pdf> (in Russian)

УДК 625.7/8:504

Талалай Виктор Вячеславович

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Старший преподаватель
E-mail: talalay@bk.ru

Васильев Юрий Эммануилович

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Заведующий кафедрой
Доктор технических наук, доцент
E-mail: vashome@yandex.ru

Кочетков Владимир Анатольевич

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия
Старший преподаватель
Кандидат технических наук
E-mail: igoshashkov@yandex.ru

Контроль качества термопластичных материалов для дорожной разметки

Аннотация. Специфика нанесения и эксплуатации дорожной разметки в России имеет свои особенности и решение задачи о получении функционально устойчивой разметки с повышенным сроком службы требует научного подхода к выбору оптимальной рецептуры с учетом конкретных условий эксплуатации.

К числу перспективных технических решений данной проблемы относится разработка рецептур и производство термопластичных разметочных материалов на основе микродоломитового наполнителя и нефтеполимерной смолы.

Цель работы: разработка научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего направленное регулирование процесса структурообразования и получение энергоэффективного термопластичного композиционного материала для дорожной разметки.

Авторами статьи определены требования к долговечным разметочным материалам; выполнен последовательный подбор компонентов рецептуры; проведены комплексные испытания экспериментальных составов.

Проведенное в статье сравнение эксплуатационных характеристик разработанных составов с аналогом на стойкость к воздействию автомобильных колес с различными протекторами (в том числе шипованными) проводили на полигоне «Карусель-2» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. Каждое колесо

устанавливалось на своей штанге и в испытательном режиме катилось со скоростью 90 км/ч, наезжая на испытываемые образцы дорожного термопласта.

Оценка макрошероховатости проводилась с использованием 3D-модели (цифровой), составленной на основе фотоснимков испытанных образцов. Полевые испытания на полигоне показали, что разработанные составы разметочного термопласта оказываются более устойчивыми к многократным нагрузкам в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: дорожная разметка; материал; светлота; резкость; контрастность; определение; методы испытаний; цементобетонные дорожные покрытия; безопасность; черные линии

Введение

В Российской Федерации за период с 2003 по 2013 гг. количество автомобилей увеличилось с 20 млн шт. до свыше 36 млн шт., что означает увеличение нагрузки на автомобильные дороги общего пользования и улично-дорожную сеть населенных пунктов в среднем на 5–7 % ежегодно [1–3].

В то же время низкие темпы строительства и ремонта дорожной сети, не соответствующие возросшей интенсивности грузоперевозок, привели к тому, что инфраструктура транспортных магистралей в большинстве случаев не отвечает требованиям современных технических регламентов и нормативов.

Необходимо отметить высокую аварийность, связанную с качеством дорожной разметки, которая призвана упорядочивать транспортные потоки, облегчать ориентацию для участников дорожного движения. Такие функции разметки подтверждены международным опытом ее применения.

Ее значение становится особенно заметным ночью, когда с ее помощью водитель может точно оценить во время движения и положение своего автомобиля на проезжей части.

Срок эксплуатации и функциональные свойства разметки в основном зависят от качества и совместимости применяемых материалов и их компонентов и соблюдения технологии ее нанесения на дорожные покрытия. При этом важно, на какое основание она наносится и каково состояние этого основания.

Климатические условия в России в зависимости от региона значительно различаются – от полярных широт до субтропиков, от областей с преимущественно повышенной среднесуточной температурой и засушливым климатом до областей с резкими температурными перепадами и повышенной влажностью.

Поэтому специфика нанесения и эксплуатации дорожной разметки в России имеет свои особенности и решение задачи о получении функционально устойчивой разметки с повышенным сроком службы требует научного подхода к выбору оптимальной рецептуры с учетом конкретных условий эксплуатации [4–6].

Применение композиционных разметочных материалов на основе термопластов по сравнению с традиционными лакокрасочными материалами позволяет повысить срок их службы в 5–10 раз в зависимости от интенсивности транспортного потока.

Несмотря на более высокую стоимость термопластов их доля в содержании автомобильных дорог постоянно растет и достигает уже 30 % в регионах России с развитой дорожной инфраструктурой.

Разметочный материал на полимерной основе должен сохранять заданные нормативными документами свойства и требуемый срок службы в различных условиях ее применения и обладать способностью противостоять влияющим воздействиям различной природы.

Поэтому задача обоснования выбора свойств и разработки новых термопластичных, качественных и долговечных разметочных материалов, обеспечивающих их высокие технологические и функциональные качества, является актуальной [7–11].

Однако до настоящего времени не решена задача направленного регулирования функциональных и технологических свойств термопластичных материалов для дорожной разметки (термопластиков) путем изменения их рецептурного состава с учетом дорожно-климатических условий эксплуатации, характера и интенсивности движения автотранспорта [7].

К числу перспективных технических решений данной проблемы относится разработка рецептур и производство термопластичных разметочных материалов на основе микродоломитового наполнителя и нефтеполимерной смолы (НПС).

Применение НПС и дополнительных функциональных компонентов обеспечивает требуемые показатели однородности и долговечности разметки и их соответствие требованиям нормативных документов.

Цель работы: разработка научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего направленные регулирование процесса структурообразования и получение энергоэффективного термопластичного композиционного материала для дорожной разметки.

Научная новизна разработки

Установлено, что повышение адгезии на границе раздела фаз «матрица на основе нефтеполимерной смолы – доломит» достигается посредством формирования пространственно-сшитой структуры, образовавшейся вследствие взаимодействия кремний-функциональных групп органосилана марки АГМ-9 (аппрет, наносимый на поверхность доломитового микронаполнителя) с реакционноспособными группами нефтеполимерной смолы.

Процесс формирования пространственно-сшитой структуры протекает по механизму: (1) гидролиз водно-спиртового раствора АГМ-9 в пропорции $H_2O:C_2H_5OH:AGM-9=20:10:1$; (2) образование органоолигомеров и взаимодействие их гидроксильных групп с гидроксильными группами на поверхности доломита с образованием ковалентных связей; (3) реакции присоединения аппрета к макромолекулам полимеров, входящих в состав нефтеполимерной смолы.

Установлены экспериментально-статистические модели влияния основных рецептурных и технологических факторов на эксплуатационные свойства композиционного материала для дорожной разметки на основе аппретированного доломитового наполнителя и нефтеполимерной смолы, расширяющие область применения и дополняющие закономерности общей теории композиционных материалов, а также являющиеся основой для оптимизации состава и режима изготовления указанных композитов с заданными эксплуатационными свойствами.

Теоретическая значимость результатов работы заключается в получении новых знаний о механизме образования пространственно-сшитой структуры на границе раздела фаз «матрица на основе нефтеполимерной смолы – доломит», обеспечивающей повышение адгезии и

показателей эксплуатационных свойств дорожных разметок на основе нефтеполимерной смолы и диатомита.

Определены оптимальные показатели и режимы приготовления расплава разметочного материала на основе градиентного способа и оптимальное соотношение аппретированного и неаппретированного доломита.

Определены требования к сроку службы термопластичных материалов для дорожной разметки; выполнен подбор рецептур; проведены комплексные испытания разработанных материалов.

Разработан СТО 47768292-01-2015 «Материалы для дорожной разметки на полимерной основе. Технические условия. Методы испытаний».

Организовано производство разработанных материалов на ООО ПХ «Технопласт», которые были внедрены на федеральной и ряде территориальных сетей автомобильных дорог и на дорогах населенных пунктов (акт внедрения ООО ПХ «Технопласт», 2016 г.).

Проведено сравнение разработанных составов с аналогом на стойкость к воздействию автомобильных колес с различными протекторами (в том числе шипованными) на полигоне «Карусель-2» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) (г. Москва) (акт внедрения ООО МИП «МАДИ – Дорожные Технологии», 2016 г.) [6].

Методологической основой работы является современный опыт ведущих отечественных и зарубежных исследователей в области создания эффективных полимерных материалов для дорожной разметки [8–11].

В работе использованы гостированные методы контроля качества материалов для дорожной разметки, а также современные методы исследования полимеров: инфракрасная спектроскопия, определение удельной поверхности методом Козени-Фармана, термогравиметрический анализ, оптическая спектроскопия, методы испытаний дорожных покрытий и др. Для статической обработки использовали пакет программ Excel.

Испытания разметочного материала

Испытания полученных согласно разработанной схеме планового эксперимента образцов проводились в химической лаборатории кафедры «Оборудование и технологии обработки материалов» СГТУ имени Гагарина Ю.А. и лаборатории кафедры дорожно-строительных материалов ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)».

Сравнительные характеристики разработанных составов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение характеристик разработанных составов с аналогом

Параметры	Состав «Кратер»	Состав 1	Состав 2
Скорость течения расплава при $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$, V , г/с	от 4,8 до 5,2	от 5,1 до 5,7	от 4,7 – до 5,3
Температура размягчения, T_p , $^{\circ}\text{C}$	от 110 до 112	от 115 до 120	от 105 до 115
Белизна, %	от 80 – 83	от 81 до 83	от 82 до 86
$\sigma_{сж}$ при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, МПа	от 2,4 до 3,2	от 3,5 до 4,0	от 2,6 до 3,0
$\sigma_{сж}$ при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, МПа	от 7,5 до 9,5	от 9,8 до 11,3	от 7,8 до 8,4
$\sigma_{сж}$ при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, МПа	от 14,5 до 19,0	от 22,0 до 25,0	от 15,6 до 19,4

Параметры	Состав «Кратер»	Состав 1	Состав 2
Относительное удлинение при растяжении ϵ , %:			
при 20 °С	3,5	5	6
при 0 °С	2	3	3,5
при -10 °С	1	2	2,5
Липкость	Нелипкий	Нелипкий	Нелипкий
Адгезия при $T = 20$ °С, МПа	от 1,2 до 1,5	от 2,4 до 2,7	от 2,0 до 2,3
Время отверждения, мин	от 15 до 17	от 8 до 10	от 12 до 15

Составлено автором

Сравнение эксплуатационных характеристик разработанных составов с аналогом на стойкость к воздействию автомобильных колес с различными протекторами (в том числе шипованными) проводили на полигоне «Карусель-2» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) (г. Москва), рисунки 1–3.

Каждое колесо устанавливалось на своей штанге и в испытательном режиме катилось со скоростью 90 км/ч, наезжая на испытуемые образцы дорожного термопласта. После одной тысячи циклов проводили визуальную оценку испытуемых образцов.

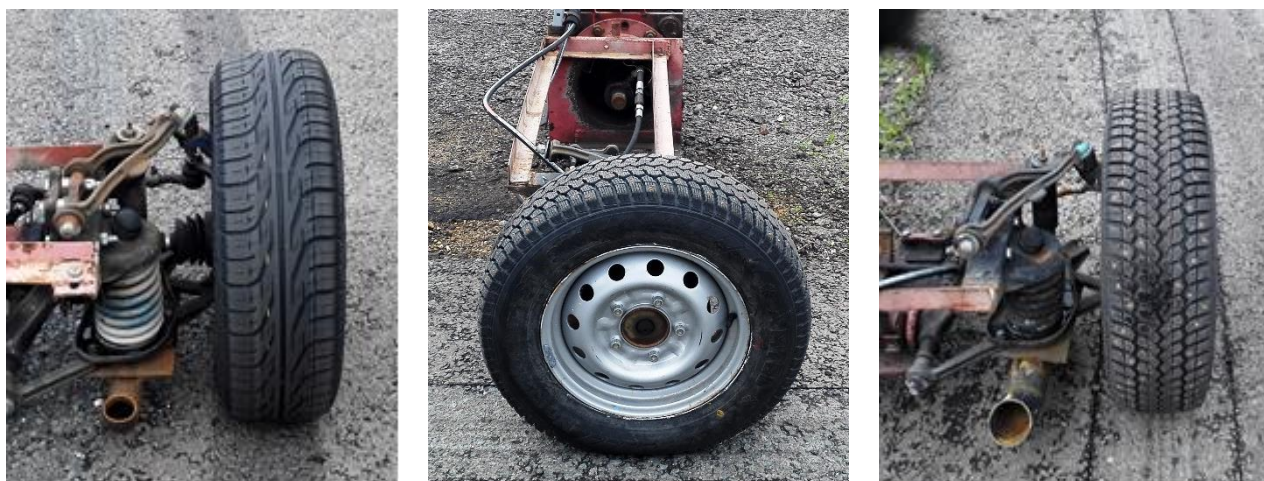


Рисунок 1. Виды протекторов автомобильных колес, использованных при испытаниях (фото автора)



а



б

Рисунок 2. Вид полигона для испытания дорожных материалов на многократное воздействие колеса (фото автора)

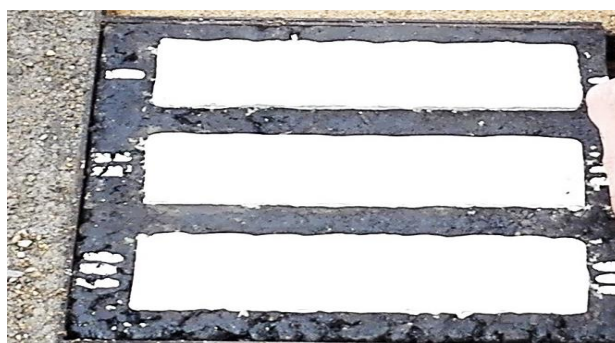


Рисунок 3. Установка образцов на испытательном участке

Состояние образцов разметочного материала на трассе испытательного полигона после испытаний представлено на рисунке 4.

Натурные испытания показали, что после прохода в количестве 1000 циклов образцы II и III практически не деформировались и не загрязнились, в то время как образец I загрязнился.

Макрошероховатость изношенной части возросла с 0,2 до 1,2 мм. Скорость износа образцов дорожной разметки (текущее среднее разброса вертикальных отметок) уменьшилась ориентировочно на 5–12 %.



Рисунок 4. Образцы разметочного материала на трассе испытательного полигона после испытаний: I – образец «Кратер»; II – состав 1; III – состав 2 (фото автора)

Дальнейшие полевые испытания на полигоне (4000 проходов) показали, что разработанный состав (образец 3) разметочного термопласта оказываются более устойчивым к многократным нагрузкам в условиях эксплуатации (таблица 3). Оценка макрошероховатости проводилась с использованием 3D-модели (цифровой), составленной на основе фотоснимков испытанных образцов (рисунок 5, таблица 2).

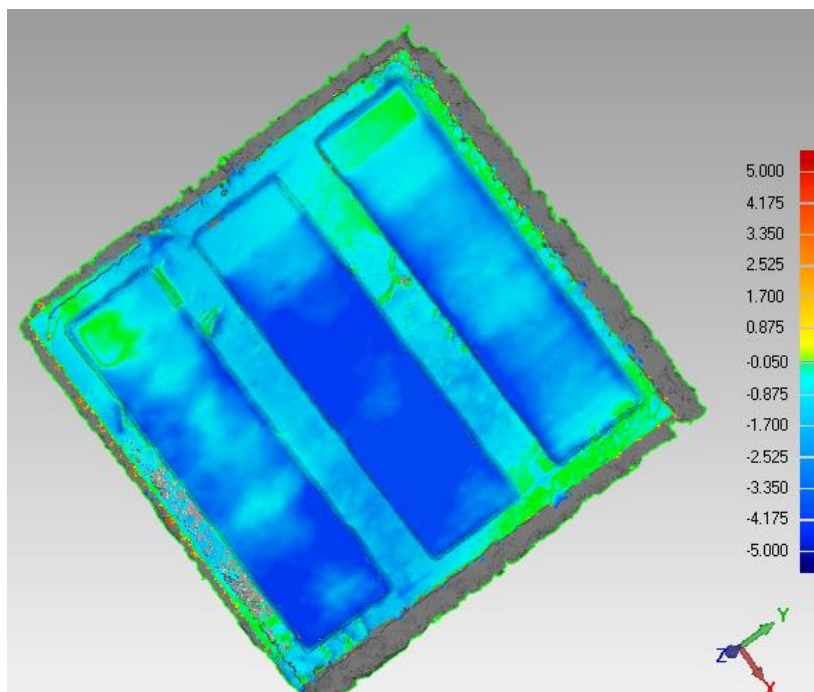


Рисунок 5. Состояние образцов материала после испытаний (3D) (фото автора)

Таблица 2

Результаты испытаний разработанных составов на стенде

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Загрязнение	Да	нет	нет
Деформируемость	Да	нет	нет
Макрошероховатость, мм	2,5	более 4,0	1,5
Разрушение	нет	да	нет

Составлено автором

Полевые испытания на полигоне показали, что разработанные составы разметочного термопласта оказываются более устойчивыми к многократным нагрузкам в условиях эксплуатации.

Выпущенные опытные партии разработанных материалов внедрены на федеральной и территориальной сети автомобильных дорог и улично-дорожной сети населенных пунктов в г. Москва, г. Санкт-Петербург, Пермский край, Оренбургская область, Саратовская область (акт внедрения ООО ПХ «Технопласт», 2016 г.). Ориентировочный объем произведенных разметочных материалов – 600 т.

Пример нанесения автором термопластика производства ООО ПХ «Технопласт» представлен на рисунке 7.



а



б

Рисунок 7. Нанесение автором термопластика производства ООО ПХ «Технопласт» (фото автора)

Выводы

1. В процессе работы определены требования к долговечным разметочным материалам; выполнен последовательный подбор компонентов рецептуры; проведены комплексные испытания экспериментальных составов.
2. Реализовано научно-техническое сопровождение разработки составов и производства разметочных материалов в ООО ПХ «Технопласт».
3. Разработан СТО 47768292-01-2015 «Материалы для дорожной разметки на полимерной основе. Технические условия. Методы испытаний».
4. Получены практические результаты разработки технологии производства композиционных разметочных материалов на основе НПС.
5. Сравнение эксплуатационных характеристик разработанных составов с аналогом на стойкость к воздействию автомобильных колес с различными протекторами (в том числе шипованными) проводилось на полигоне «Карусель-2» МАДИ (г. Москва).

ЛИТЕРАТУРА

1. Возный С.И. Технология долговечных композиционных разметочных материалов на полимерной основе. Автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Саратов: СГТУ, 2012. – 20 с.
2. Совершенствование рецептур и технологии производства пластичных материалов для дорожной разметки на полимерной основе: моногр. / А.П. Бажанов, С.М. Евтеева, С.И. Возный, В.К. Крылов, В.В. Талалай. Под ред. А.В. Кочеткова. – Пенза: ПГУАС. – 2015. – 200 с.
3. Талалай В.В. Энергоэффективный термопластичный композиционный материал для дорожной разметки: монография / В.В. Талалай, А.В. Кочетков. Под редакцией Л.В. Янковского. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехнич. ун-та, 2019. – 120 с.
4. Разработка технологии, производства и применения композитных полимерных разметочных материалов / С.И. Возный, С.М. Евтеева, В.В. Талалай, А.В. Кочетков // Интернет-журнал «Науковедение». 2012, № 3. – С. 24.
5. Technology for the production of thermoplastics for road marking / S.I. Vozny, S.M. Evteeva, V.V. Talalay, A.V. Kochetkov Page Range: p. T/43–T/49 File size: Journal: International Polymer Science and Technology Issue Year: ipsat Volume: 42 Issue No: No.11.
6. Талалай, В.В. Исследование структурных особенностей термопластичного разметочного материала, наполненного дисперсным модифицированным минеральным наполнителем / В.В. Талалай, Ю.Э. Васильев, А.А. Артеменко, А.В. Кочетков // Автомобильные дороги. 2019, № 4. – С. 137–143.
7. Патент РК 31474. Способ определения качества нанесения разметочного материала на поверхность автомобильной дороги / Кадырова М.Ж., Кадыров Ж.Н., Кочетков А.В. 31.08.2016, бюл. №10.
8. Computer vision-guided intelligent traffic signaling for isolated intersections / Kumaran, S.K., Mohapatra, S., Dogra, D.P., Roy, P.P., Kim, B.-G. Expert Systems with Applications, 134, с. 267–278, 2019.
9. Simulation study of vehicle travel time on route with signals considering comprehensive influencing factors / Lv, W., Zhou, X., Fang, Z., Huo, F., Li, X., Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2019.
10. Fricker, J.D., Zhang, Y., Modeling Pedestrian and Motorist Interaction at Semi-Controlled Crosswalks: The Effects of a Change from One-Way to Two-Way Street Operation, Transportation Research Record, 2019.
11. Arker Paul. Les nouvelles caracteristiques et performances de la signalization routiere horizontale // Revue Generate des Routes et Aerodromes. – 2000. – № 782. – P. 34–36.

Talalai Viktor Vyacheslavovich

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russian
E-mail: talalay@bk.ru

Vasiliev Yuri Emmanuilovich

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: vashome@yandex.ru

Kochetkov Vladimir Anatolyevich

Air force academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin, Voronezh, Russia
E-mail: igoshashkov@yandex.ru

Quality control of thermoplastic materials for road marking

Abstract. The specifics of the application and operation of road markings in Russia has its own characteristics and the solution of the problem of obtaining functionally stable markings with increased service life requires a scientific approach to the selection of the optimal formulation, taking into account specific operating conditions.

Among the promising technical solutions to this problem is the development of formulations and production of thermoplastic marking materials based on microdolomite filler and oil polymer resin.

The purpose of the work: development of a scientifically based technological solution that provides directional control of the process of structure formation and obtaining energy-efficient thermoplastic composite material for road markings.

The authors of the article defined the requirements for durable marking materials; made a consistent selection of components of the formulation; conducted comprehensive tests of experimental compositions.

The comparison of the performance characteristics of the developed compositions with the analog for the resistance to the impact of automobile wheels with different treads (including studded) was carried out at the "Karusel-2" landfill of the Moscow automobile and road state technical University. Each wheel was mounted on its own bar and in the test mode rolled at a speed of 90 km/h, hitting the test samples of road thermoplastics.

Macro-roughness was assessed using a 3D model (digital) based on photographs of the tested samples. Field tests at the landfill showed that the developed compositions of marking thermoplastics are more resistant to multiple loads in operation.

Keywords: road markings; material; lightness; sharpness; contrast; definition; test methods; cement concrete pavements; safety; black lines