

**ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИЙ РАЗМЕТОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ КАК
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ**
**ANTI-SLIP MARKING MATERIAL AS A WAY TO IMPROVE ROAD
SAFETY**

Элина Тур,
Брест, Беларусь

Ключевые слова: горизонтальная разметка автомобильных дорог, противоскользящий материал, безопасность движения

Резюме. Разработан и испытан экологичный акриловый материал химического отверждения для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Материал предназначен для создания цветных противоскользящих покрытий с повышенной шероховатостью на аварийно-опасных участках дорог и площадок. Его применение позволяет увеличить срок службы разметочного покрытия, сэкономить материалы и энергоресурсы, повысить безопасность движения, улучшить экологическую обстановку при проведении разметочных работ за счет отсутствия в составе пластиков органических растворителей.

Keywords: horizontal marking of roads, anti-sliding material, safety of movement

Resume. Developed and tested eco-curing acrylic material for horizontal road marking. The material is designed for color-skid coatings with enhanced roughness on the accident-prone sections of roads and grounds. Its use will extend the life of marking coatings, save materials and energy, increase safety, improve the ecological environment during the marking of work due to the lack of plastics in the organic solvents.

В Республике Беларусь особую роль приобретают современные технические средства организации дорожного движения, к которым относятся дорожные знаки, горизонтальная и вертикальная разметка, светофоры и направляющие устройства. Для горизонтальной дорожной разметки городских улиц применяют краски, термопластики, холодные пластики, полимерные ленты, а также световозвращатели, используемые для оптической ориентации водителя. Выбор материалов и технологий должен осуществляться на основе тщательного анализа, проведения полного комплекса лабораторных и натурных испытаний. Только при этом подходе возможно эффективное использование разметки и повышение безопасности дорожного движения.

В последние годы появились инновационные разработки принципиально новых, перспективных, экологически полноценных акриловых материалов для горизонтальной разметки автомобильных дорог – холодных пластиков химического отверждения, которые являются альтернативой современным органорастворимым краскам [1, 2, 3, 4, 5].

В отличие от красок, содержащих органические растворители, пластики отверждаются за счет протекания химической реакции инициированной радикальной полимеризации [6]. Холодные пластики изготавливают на основе реакционно-способных акриловых мономеров. Связующее представляет собой раствор сополимера бутилакрилата и метилметакрилата в смеси исходных мономеров с добавлением катализатора. В состав основной полимерной композиции входят: минеральные наполнители, диоксид титана рутильной формы или другой минеральный пигмент в зависимости от цвета, комплекс функциональных добавок (диспергаторов, пластификаторов) [7, 8]. Второй компонент - инициатор полимеризации – перекись бензоила в виде 50%-го порошка (наносят на инертную матрицу) или в виде 25%-ной пасты в двухатомных спиртах (пропиленгликоле и т.п.) [6, 8]. Пластики после отверждения образуют толстослойное твердое непрозрачное покрытие, иногда содержащее в составе до 25% световозвращающих стеклошариков.

Разработанный и испытанный в лабораторных условиях экологичный акриловый материал химического отверждения предназначен для создания цветных противоскользящих покрытий с повышенной шероховатостью (устройства покрытий специального назначения; разметки остановок общественного транспорта, велосипедных дорожек, периметров перекрёстков, приближения к пешеходным переходам и аварийно-опасным участкам, детских площадок, спортивных площадок, прогулочных дорожек рядом с медицинскими учреждениями, санаториями, детскими садами, школами).

Комплексное композиционное покрытие состоит из трёх слоёв: нижний и верхний из пластика химического отверждения, промежуточный – из минерального наполнителя [8]. В качестве минерального наполнителя использовали бокситную крошку фракционного состава 5-20 мм. Отверждение производили перекисью бензоила в количестве 1,5-2,0% от массы пластика. Оптимизированная рецептура основной полимерной композиции пластика включает: 20%-ный раствор бутилметакрилового сополимера в смеси мономеров – 40,0 масс.%; катализатор аминного типа – 0,1-0,15 масс.%; стабилизатор - 2,4,6-три-трет-бутилфенол – 0,45-0,5 масс.%; диспергатор – 0,5 масс.%; агент реологии – 0,9-1,05 масс.%; пигмент (крон свинцово-молибдатный) – 5,0-7,0 масс.%; молотый микромрамор в качестве наполнителя (средняя фракция 20-25 мкм) – 53-55 масс.%. Для корректировки цветовой гаммы в рецептуру может быть включен диоксид титана рутильной формы с маслосемкостью не более 14 г/100 г. в количестве 1,0-3,0 масс.%.

Вследствие протекания в системе каталитической реакции инициированной радикальной полимеризации (катализатор – N,N-диметил-п-толуидин, инициатор – пероксид бензоила) стабильность пластика с инициатором полимеризации ограничена во времени и составляет 20-40 минут. За этот период времени противоскользящий материал должен быть нанесен на асфальтобетонное дорожное покрытие [9].

Противоскользящий материал исследовали в лабораторных условиях согласно [10] стандартными методами [11]. Стабильность при хранении определяли ускоренным методом. Образец материала без инициатора полимеризации в плотно укупоренной таре ставили в термошкаф и выдерживали при $(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$ в течение 120 ч. Затем визуально оценивали наличие расслоения, образования осадка и т.п. по сравнению с контрольным образцом. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты лабораторных испытаний пластика

Наименование показателя	Величина
Плотность, г/см ³	1,7 – 1,9
Стабильность при хранении	стабилен
Время отверждения до степени 5 при температуре $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$	не более 25 мин
Массовая доля нелетучих веществ (с инициатором), %	98-99
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды и 3%-ного водного раствора хлорида натрия при $t = (20\pm 2)^{\circ}\text{C}$, ч	более 200
Стойкость покрытия к статическому воздействию водного раствора хлорида натрия при $t = (0\pm 2)^{\circ}\text{C}$, ч	более 200
Адгезия к асфальтобетону, МПа: - до замораживания - оттаивания - после 10 циклов замораживания – оттаивания	более 0,7 более 0,5
Эластичность покрытия при изгибе, мм	14-16
Водонасыщение, % по объёму	0,3-0,4

Согласно лабораторным исследованиям, комплексное противоскользящее покрытие сочетает в себе твердость, износостойкость, эластичность, морозостойкость, стойкость к воздействию воды и водного раствора хлорида натрия, устойчивость к воздействию переменных температур (многократный переход через 0°C), высокую адгезию к асфальтобетонному дорожному полотну. Неотверждённый материал показал достаточную стабильность при хранении, позволяющую транспортировать его на длительные расстояния даже при высоких температурах (до $+60^{\circ}\text{C}$), то есть использовать в южных регионах.

Вторым этапом разработки являлось проведение натурных испытаний акрилового химически отверждаемого противоскользящего материала, а именно, изучение особенностей его нанесения, отверждения в различных условиях. Коэффициент сцепления определяли при помощи прибора SRT, состоящего из качающегося маятника, снабженного каучуковым башмаком на свободном конце, и воспроизводящего поведение автомобиля (снабженного шинами с рифленным протектором) в момент, когда шины блокируются тормозом на скорости 50 км/ч на влажной дороге.

Комплексное покрытие было нанесено ручным способом на несколько участков дорожного полотна для определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с противоскользящим материалом. Через 6 месяцев были произведены замеры при помощи прибора SRT. Износ двухслойного покрытия (пластик-крошка) составил в среднем 15-16%, трехслойного (пластик-крошка-пластик-) – 19-20%. Коэффициент сцепления противоскользящего материала с условным колесом оказалась в среднем в 2 раза выше коэффициента сцепления асфальта. Известно, что повышение коэффициента сцепления в 3 раза приводит к сокращению тормозного пути в 2 раза на мокром покрытии [1, 9]. Расстояние от начала торможения до полной остановки автомобиля (X) складывается из времени реакции водителя (ВР) и тормозного пути (ТП). По данным Белавтодора, ВР=18 м; ТП=55 м при движении со скоростью 90 км/ч по мокрому асфальту, а $X1 = ВР + ТП = 18 + 55 = 73$ м. На противоскользящем покрытии ТП = 30 м, следовательно, $X2 = ВР + ТП = 18 + 30 = 48$ м [9].

Таким образом, повышение коэффициента сцепления в 2 раза приведёт к сокращению тормозного пути в 1,34 раза на мокром покрытии.

На сложных участках, таких как: повороты с радиусом менее 150 м, участки с уклонами, для обеспечения безопасности требуется более высокий показатель сопротивления скольжению. Это означает, что износ противоскользящего покрытия на таких участках будет выше, чем на иных участках, в том числе участках с уклоном вверх. Экспериментальные данные подтверждают это утверждение. Так, на участке перед поворотом с уклоном вниз (прекрасный обзор, скорость транспортного средства, вероятно, высокая) износ 2-слойного противоскользящего материала составил 59,2 %, 3-слойного – 26,85 %, а на участке с уклоном вверх перед поворотом направо (справа лес, худший обзор, водитель заранее снижает скорость) износ 2-слойного материала составил 17,12 %, 3-слойного – 22,22 %. Таким образом, 2-слойный материал является менее изнosoустойчивым на более сложном участке дороги, его износ в 2,2 раза выше, чем 3-слойного материала. Очевидно, что для получения большего коэффициента сцепления следует использовать бокситную крошку более крупной фракции и провести дополнительные натурные испытания. Трёхслойный противоскользящий материал показал высокую изнosoустойчивость, достаточный коэффициент сцепления и хорошую видимость при различных погодных условиях [8, 9].

Применение акриловых противоскользящих холодных пластиков при устройстве горизонтальной дорожной разметки специального назначения позволяет: увеличить срок службы разметочного покрытия; сэкономить материалы и энергоресурсы; повысить безопасность движения; улучшить экологическую обстановку при проведении разметочных работ за счет отсутствия в составе пластиков органических растворителей.

Проведенные комплексные лабораторные и полевые испытания показали особую важность натурных испытаний для материалов дорожной разметки. Не умаляя важности лабораторных исследований при разработке оптимизированных (по физико-механическим и экономическим показателям) рецептур разметочных материалов, следует отметить, что (как показывает практика) только натурные испытания позволяют оценить удобство нанесения материала как важную технологическую характеристику,

динамику процесса его износостойкости в процессе эксплуатации, в том числе – в зависимости от вида и места разметки на дорожном полотне, сохранение видимости разметки для водителя. Как правило, натурные испытания достаточно длительные, кропотливые и затратные, но позволяют получить бесценные результаты, направленные на повышение безопасности дорожного движения.

Литература

1. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
2. Тур, Э.А. Пластики холодного нанесения для горизонтальной разметки автомобильных дорог / Э.А. Тур // Материалы международной научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии», Минск, 16–18 ноября 2005 г. / БГТУ. – Минск, 2005. – С. 8–11.
3. Тур, Э.А. Новый экологически рациональный материал для горизонтальной разметки автомобильных дорог / Э.А. Тур, С.В. Басов // Вестник БрГТУ. – 2009. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 66–67
4. Тур, Э.А. Экологически полноценный материал для горизонтальной разметки асфальтобетонных и бетонных автомобильных дорог / Э.А. Тур // Проблемы устойчивого развития регионов республики Беларусь и сопредельных стран: сборник научных статей Второй Международной научно-практической конференции, Могилёв, 27-29 марта 2012 г. / МГУ имени А.А. Кулешова, г. Могилёв: УО «МГУ имени А.А. Кулешова», 2012. – ч. 2. – С.161-165.
5. Тур, Э.А. Экологически полноценный акриловый материал для горизонтальной разметки автомобильных дорог / Э.А. Тур, Н.М. Голуб // Радиоэкология. Новые технологии обеспечения экологической безопасности: сб. науч. трудов международной научно-технич. конф., Уфа, 20-30 марта 2012 г. / под общ. ред. Г.Г. Ягафарова. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2012. - С. 166 – 172.
6. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
7. Скороходова, О.Н. Неорганические пигменты и их применение в лакокрасочных материалах / О.Н. Скороходова, Е.Е. Казакова. - М.: Пэйнт-Медиа, 2005. – 264 с.
8. Тур, Э.А. Исследование физико-механических свойств экологичного акрилового разметочного противоскользящего материала / Э.А. Тур // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 109–111.
9. Тур, Э.А. Исследование эксплуатационных свойств экологичного разметочного противоскользящего акрилового материала / Э.А. Тур, Н.М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 123–125.
10. СТБ 1520-2009 Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Технические условия.
11. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. –272 с.