

6. Констанстиновская Л.В. Солнечная активность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronom2000.info/астрономия/солнечная-активность> – Дата доступа: 19.06.2014.
7. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; под общ. ред. М.А. Гольберга – Мн.: Белорусский научно-исследовательский центр Экология, 2002. – 132 с.
8. Андреева, Е.С. Опасные явления погоды юга России / Под ред. Л.Н. Карлина – СПб: РГГМУ. ВВМ, 2006. – 216 с.
9. Мелешко, В.П. Климат России в XXI веке. Часть 1: новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета / В.П. Мелешко [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 6. – М.: ГУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета». – С. 5–9.

Материал поступил в редакцию 08.07.14

SHPOKA I.N. Spatial and temporal features of distribution of snow in Belarus

In work change in the number of days with snowstorms on the territory of Belarus and peculiarities of their formation during the period from 1976 to 2012. Snowstorms have a large temporal and spatial variability. Standard statistical methods were allowed to establish temporal regularities in the formation of the snowstorms. Spatial variability characteristics of the snowstorms of Belarus was estimated using a mapping of these characteristics.

УДК 667.637.222:625.75

Тур Э.А., Голуб Н.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭКОЛОГИЧНОГО РАЗМЕТОЧНОГО ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩЕГО АКРИЛОВОГО МАТЕРИАЛА

Введение. Развивающаяся городская инфраструктура Республики Беларусь требует надежно функционирующей и постоянно эволюционирующей транспортной системы. В этих условиях особую роль приобретают современные технические средства организации дорожного движения, к которым относятся дорожные знаки, горизонтальная и вертикальная разметка, светофоры и направляющие устройства.

Особая роль разметки дорог обусловлена следующими причинами:

- сложившейся архитектурно-планировочной схемой основных магистралей и улиц с очень ограниченными возможностями по ее изменению;
- значительно большим (нежели на загородных автомобильных дорогах) количеством транспортных пешеходных потоков, движущихся по различным, часто пересекающимся направлениям;
- наличием рекламы, витрин и других объектов, параметры которых (яркость, освещенность, меняющаяся информация) резко снижают эффективность применения дорожных знаков, указателей, направляющих устройств.

Требуемая сохранность дорожной разметки по площади определяется периодом, в течение которого на любом контрольном участке протяженностью 50 м разрушение продольной разметки из красок не превышает 50%, а из долговечных материалов не превышает 25% по площади. Для горизонтальной дорожной разметки городских магистралей и улиц применяются краски, термопластики, холодные пластики, полимерные ленты, а также световозвращатели, используемые для оптической ориентации водителя, в сочетании с линиями горизонтальной разметки. Подготовка поверхности дорожного покрытия перед нанесением разметочного материала включает очистку покрытия с использованием специальной техники или вручную. При необходимости должны быть предусмотрены следующие виды работ: текущий ремонт покрытия, заливка трещин, ремонт люков колодцев подземных коммуникаций, находящихся в зоне разметки [1].

Еще одной серьезной проблемой горизонтальной дорожной разметки в городских условиях является ее скользкость, особенно на линиях, обозначающих пешеходные переходы, количество которых в крупных городах составляет десятки тысяч. Поэтому в настоящее время представляет интерес разработка, лабораторные и натурные испытания нового композиционного разметочного материала химического отверждения с эффектом противоскольжения.

Целью данной работы являлось проведение натурных испытаний, а именно, исследование коэффициента сцепления разработанного нового, экологичного (не содержащего органических растворителей) противоскользкого пластика химического отверждения в различных условиях, характеристика данного разметочного материала, исследование особенностей его нанесения.

Традиционно для нанесения на дорожное покрытие в качестве разметки в Беларуси, России, Украине, Казахстане, странах Западной Европы, США и Канаде используются краски на основе органических растворителей. Они достаточно дешевы и просты в производстве, однако обладают рядом существенных недостатков (низкая устойчивость к истиранию, наличие органических растворителей в составе композиции).

Выбросы растворителей в настоящее время (как в процессе производства красок, так и в процессе их высыхания на дорожном покрытии за счет испарения растворителей) представляют собой большую экологическую проблему. В течение последних лет предпринимались попытки применять менее вредные растворители для производства красок дорожной разметки. Но такие растворители очень дороги и производство становится нерентабельным, так как возрастает себестоимость краски, а функциональная долговечность остается на прежнем уровне. Дальнейшим шагом в решении данной экологической проблемы явилась разработка водно-дисперсионных красок. Однако это производство является непростым с технологической точки зрения, нанесение на дорожное полотно требует изготовления разметочной техники (трубопроводов, различных деталей, вентиляей, кранов и т.п.) из высококачественной нержавеющей стали. Это значительно увеличивает как расходы по производству технологического оборудования, так и себестоимость разметочных работ [2].

В последние годы появились инновационные разработки новых, перспективных, экологически полноценных акриловых материалов для горизонтальной разметки автомобильных дорог – холодных пластиков химического отверждения, которые являются альтернативой современным органорастворяемым краскам. После отверждения они образуют толстослойное твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие, содержащее в составе до 25% световозвращающих стеклошариков. Преимущество пластиков перед красками состоит в том, что толщина наносимого слоя увеличивается в несколько раз, поэтому срок службы разметки продлевается до нескольких лет. Но

Тур Элина Аркадьевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Голуб Наталья Михайловна, к.х.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

технология нанесения и большой расход материала при толщине слоя 2,5–4 мм увеличивает стоимость разметочных работ в 3–4 раза. Таким образом, исходя из высокой функциональной долговечности и стоимости разметочных работ, пластики применяют для разметки автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения (выше 10000 автомобилей в сутки в крупных городах и на федеральных магистралях) [3].

Разметка пластиками имеет большой срок службы на асфальтобетонных покрытиях, (адгезия) с новым цементобетонным покрытием хуже, чем со старым. Разметка из пластика может повреждаться при снегоочистительных работах из-за её толщины, поэтому применение пластика вместо обычной краски может быть экономически целесообразно только на дорогах с интенсивным движением транспортных средств. Эффективность работы разметки определяется ее хорошей видимостью в любое время суток, в любую погоду, независимо от времени года, а также обеспечением необходимого сцепления с колесом автомобиля.

Автором был разработан и испытан в натурных условиях экологичный материал химического отверждения для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Он предназначен для создания цветных противоскользящих покрытий с повышенной шероховатостью (разметки больших площадей асфальтобетона, устройства покрытий специального назначения; разметки остановок общественного транспорта, велосипедных дорожек, периметров перекрестков, 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.

Материал отверждался за счет протекания химической реакции иницированной радикальной полимеризации [2, 4]. Он был изготовлен на основе реакционно-способных акриловых мономеров. Связующее представляло собой 20%-й раствор сополимера бутилакрилата и метилметакрилата в смеси исходных мономеров с добавлением катализатора. В состав высоконаполненной полимерной композиции (компонент А) вошли: мраморный порошок со средним диаметром частиц $d_{ср}=25$ мкм, кварцевый песок со средним диаметром частиц $d_{ср}=100$ мкм диоксид титана рутильной формы, пигмент красный железоксидный, а также комплекс функциональных добавок (диспергаторов, смачивателей, пластификаторов) [3]. Компонент В представлял собой инициатор полимеризации – перекись бензоила в виде 50%-го порошка (для снижения пожаро- и взрывоопасности её нанесли заводским способом на инертную матрицу). После отверждения материал образовывал на асфальтобетонной подложке толстослойное твердое непрозрачное лакокрасочное покрытие.

Жизнеспособность противоскользящего материала после соединения компонентов А и В, смешение которых производится непосредственно перед нанесением пластика на дорожное покрытие, является важной технологической характеристикой. Она должна находиться в определённых пределах, а именно 20–30 мин. За этот период времени композиция должна быть тщательно перемешана с инициатором полимеризации и нанесена на дорожное полотно. Более длительное «время жизни» неприемлемо, так как при проведении разметочных работ в любое время года движение перекрывают на период времени не более 20–40 мин [4].

Вследствие протекания в системе каталитической реакции иницированной радикальной полимеризации (катализатор аминного типа – диметил-п-толуидин, инициатор – перекись бензоила) стабильность пластика с инициатором полимеризации ограничена во времени. Жизнеспособность исследуемой сложной гетерогенной системы характеризуется временем до начала резкого нарастания вязкости материала (гелеобразования). Гелеобразование обусловлено протеканием реакции полимеризации и образованием в объеме системы пространственной сетки, приводящее к резкому снижению текучести материала. Образование геля характеризуется не моментом начала гелеобразования, а целым интервалом или областью. На первой стадии происходит возникновение микрогелей,

частично шитых частиц коллоидного размера. На второй стадии начинается формирование сетчатой структуры при объединении микрогелей в единую полимерную матрицу. Визуально гелеобразование пластика наблюдается на второй стадии процесса. Реальный образующийся полимер представляет собой ограниченные по размеру сетчатые агрегаты, звенья макромолекул которых пространственно связаны между собой химическими связями. Сами же агрегаты соединяются не только химическими, но и физическими (ван-дер-ваальсовыми или водородными) связями [2, 4].

В качестве минерального наполнителя для промежуточного слоя использовали бокситную крошку фракционного состава 5–20 мм. Исследовали также двухслойное комплексное покрытие: нижний слой из пластика, верхний – из окрашенной бокситной крошки. Отверждение производили перекисью бензоила в количестве 1,5–2,0% от массы пластика в зависимости от температуры окружающего воздуха и подложки.

Комплексное противоскользящее покрытие было нанесено ручным способом на несколько участков дорожного полотна для определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с материалом и с асфальтобетоном.

Разметку производили в сухую погоду по очищенному от пыли и грязи сухому дорожному покрытию при установившейся температуре воздуха и дорожного покрытия не ниже +5 и не выше +30С и относительной влажности воздуха не более 85% согласно [5]. Расход пластика составил 2,5–3,5 кг/м² для нижнего слоя, 1,5–2,5 кг/м² для верхнего слоя. Расход минерального наполнителя (бокситной крошки), используемого для промежуточного слоя, при нанесении пластика составил 3,5–6 кг/м².

Через 6 месяцев были произведены замеры при помощи прибора SRT. Прибор состоит из качающегося маятника, снабженного каучуковым башмаком на свободном конце, и воспроизводит поведение автомобиля, снабженного шинами с рифленым протектором, в момент, когда шины блокируются тормозом на скорости 50 км/ч на влажной дороге. Результаты определения коэффициента сцепления противоскользящего материала через 6 месяцев эксплуатации приведены в таблице 1.

Коэффициент сцепления экологичного противоскользящего материала с условным колесом рассчитывали по формуле 1:

$$K_c = K_{\text{Кразм.}} / K_{\text{асф.}} \quad (1)$$

Значение коэффициента сцепления не должно быть ниже 0,75, согласно нормам, утверждённым в Республике Беларусь [6].

Согласно проведенным натурным испытаниям, величина коэффициента сцепления свежеложенного противоскользящего пластика 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]. Расстояние от начала торможения до полной остановки автомобиля (X) складывается из времени реакции водителя (ВР) и тормозного пути (ТП).

По данным Белавтодора (г. Минск), ВР=18 м; ТП=55 м при движении со скоростью 90 км/ч по мокрому асфальту, следовательно, расстояние от начала торможения до полной остановки автомобиля в этом случае равно:

$$X_1 = ВР + ТП = 18 + 55 = 73 \text{ м}$$

На противоскользящем покрытии ТП = 30 м, следовательно, расстояние от начала торможения до полной остановки автомобиля равно:

$$X_2 = ВР + ТП = 18 + 30 = 48 \text{ м}$$

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 высокая) износ 2-слойного

Таблица 1. Коэффициент сцепления через 6 месяцев эксплуатации

Участок замеров	Двухслойное покрытие (пластик-крошка)	Трёхслойное покрытие (пластик-крошка-пластик)
Прямолинейный участок трассы перед поворотом с торможением (далее – поворот на 90° с уклоном вниз), крошку укатывали ручным катком		
Контрольный участок	2,01	2,16
Изношенный участок	0,82	1,58
% износа через 6 месяцев	59,2	26,9
Участок трассы с уклоном вверх перед поворотом на 90°, крошку не укатывали		
Контрольный участок	1,52	2,34
Изношенный участок	1,26	1,82
% износа через 6 месяцев	17,12	22,22

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 износоустойчивым 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 износоустойчивость, достаточный коэффициент сцепления и хорошую видимость при различных погодных условиях.

Большой интерес представляло также определение оптимальной массы инициатора полимеризации, который необходимо добавлять в противоскользящий экологичный материал непосредственно перед нанесением в зависимости от температуры окружающей среды. Согласно результатам исследований, приведенным в таблице 2, она составила от 1,0 до 2,0% на 100% массы пластика.

Таблица 2. Зависимость количества инициатора полимеризации от температуры окружающей среды

Температура воздуха, °С	% инициатора (на 100 % холодного пластика, по массе)
+ 5	2,0
+ 10	2,0
+ 15	1,5
+ 20	1,5
+ 25	1,5
+ 30	1,0

Кроме того, было определено нецелесообразным вводить избыточное количество инициатора полимеризации с целью уменьшить время отверждения материала при низких температурах. Увеличение количества инициатора сверх расчетного нарушает планируемый процесс полимеризации и повышает хрупкость материала, увеличивает водопоглощение, снижает не только адгезию к асфальтобетону, но и срок функциональной долговечности.

Заключение. Для получения высококачественной, долговечной разметки необходимо соблюдение двух основных условий: использование высококачественных материалов и качественное выполнение работ по нанесению разметки на дорожное полотно, то есть безусловное соблюдение технологии нанесения противоскользящего экологичного материала.

Использование холодных пластиков при устройстве горизонтальной дорожной разметки 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.

В результате натурных испытаний доказано, что величина коэффициента сцепления свежееуложенного противоскользящего экологичного акрилового пластика в среднем в 2 раза выше коэффициента сцепления асфальта. Таким образом, повышение коэффициента сцепления в 2 раза приводит к сокращению тормозного пути в 1,34 раза на мокром покрытии. Противоскользящий материал показал высокую износоустойчивость, достаточный коэффициент сцепления и хорошую видимость при различных погодных условиях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Европейское руководство по качеству / Под ред. У. Цорлля; пер. с англ. под ред. проф. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 578 с.
2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э.Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
3. 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.
4. Охрименко, И.С. Химия и технология плёнообразующих веществ / И.С. Охрименко, В.В. Верхоланцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
5. Материалы для горизонтальной разметки автомобильных дорог. Технические условия: СТБ 1520-2009.
6. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Общие технические условия: СТБ 1231-2012.

Материал поступил в редакцию 20.01.14

TUR E.A., GOLUB N.M. Research of operational properties of the ecological marking antiskid acrylic material

In this work results of field tests of an ecological material of chemical cure for a horizontal marking of highways are discussed. Investigated an adhesion coefficient of antiskid plastic of chemical cure in various conditions and features of its drawing on asphalt-concrete.

УДК 667.637.222:625.75

Тур Э.А., Голуб Н.М.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. В настоящее время из-за явного несоответствия сложившейся дорожно-транспортной инфраструктуры реальным

потребностям граждан и государства в целом ситуация в области безопасности дорожного движения является неудовлетворительной.