



УДК 625.08

Габдуллин Талгат Ривгатович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Харламов Евгений Владимирович

кандидат технических наук

E-mail: jkharlamov@ya.ru

Московский государственный строительный университет

Адрес организации: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Кашипов Рафилъ Фаилевич

заместитель главного конструктора

E-mail: rkashipov@gmail.com

ООО «Грузоподъем»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Нигматуллина, д. 3

Фазлеев Ильшат Айдарович

начальник центральной лаборатории

E-mail: Ilshat.Fazleev@tatavtodor

АО «Татавтодор»

Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 18/75

Германов Антон Анатольевич

заместитель начальника

ДРСУ «Высокогорский» Пригородный филиал АО «Татавтодор»

E-mail: germanov.anton@prg.tatavtodor.ru

Адрес организации: 422718, Россия, Республика Татарстан, Высокогорский район, ст. Киндери, ул. Лесная, д. 7А

Повышение морозостойкости материала дорожной разметки

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследований – повышение морозостойкости материала горячего термопластика для увеличения сроков эксплуатации дорожной разметки и снижения финансовых затрат на выполнение дорожно-разметочных работ.

Результаты. Основные результаты исследования заключаются в предложении одного из возможных вариантов оптимизации материала термопластика на основе добавления в его типовой состав строго дозированного количества пластификаторов. В результате достигается более высокий уровень морозостойкости термопластика, исключая возникновение трещин и сколов от нагрузок при проезде по поверхности разметки транспортных средств в низкотемпературных условиях эксплуатации.

Выводы. Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в предложении морозостойкого состава термопластика. Предложенный состав термопластика является более морозостойким (пластичным) по сравнению с известными типовыми составами. Описаны экспериментальные этапы его получения. Предполагается, что срок эксплуатации горизонтальных линий дорожной разметки, нанесенных разработанным составом, будет существенно повышаться.

Ключевые слова: дорожная разметка, дорожное покрытие, состав, пластификатор, морозостойкость, нагрузка, качество, способ, экономичность.

Введение

Основным недостатком горизонтальной дорожной разметки из термопластика, влияющим на ее срок службы, является износ.

Известно также, что основными причинами износа горизонтальной дорожной разметки являются ее отслоение и истирание [1, 2].

Отслоение может происходить:

- по причине недостаточно надежного сцепления термопластика с асфальтовым покрытием в связи с нарушением технологических условий нанесения разметки, в основном из-за недостаточной степени чистоты поверхности дорожного покрытия при нанесении разметки (пыль, грязь, влага и др.). (Габдуллин Т.Р. К вопросу совершенствования нанесения дорожной разметки // Известия КГАСУ, 2017, № 2(40). С. 281-287).

- из-за трещин разметочного материала, возникающих как от нагрузок транспортного потока, так и от очень низких температур, в результате его недостаточной пластичности. В трещины попадает влага, которая просачиваясь под разметку, вызывает ее отслоение.

Многолетняя практика эксплуатации дорожных разметок, нанесенных горячим термопластиком, показывает, что они имеют больший срок эксплуатации, чем разметки, нанесенные другими известными материалами [3-5].

В статье приведены результаты исследований, направленных на повышение морозостойкости материала термопластика.

Суть и содержание проведенных исследований

Наблюдения за нанесением дорожной разметки в последние сезоны на дорогах города г. Казани показали, что наносимый слой дорожной разметки из горячего термопластика стал толще и составляет примерно 5...7 мм (ранее 0,8...1,5 мм).

Решение об утолщении слоя было принято в целях увеличения сроков эксплуатации разметок. Однако при таком подходе возникла новая сложность в обеспечении сохранности нанесенной разметки на дорожном покрытии, а именно повышение морозостойкости материала разметки.

Одним из возможных вариантов решения данной задачи предлагается корректировка состава термопластика (маркировочного материала) повышением показателей его пластичности путем добавления в типовой состав некоторых общеизвестных пластификаторов.

Результаты исследований

Сущность нестандартного метода определения морозостойкости заключается в оценке снижения прочности материала термопластика после многократного повторения цикла замораживания и оттаивания образцов, изготовленных из экспериментального состава.

Для определения оптимального состава материала для дорожной разметки из термопластика был подготовлен и проведен эксперимент.

В качестве экспериментальных добавок к типовому составу были выбраны пластификаторы дибutilфталат (ДБФ) и Coral Master Basse на основе достаточно хорошей изученности их рабочих характеристик и эффективной применяемости в различных областях, в том числе и в разработке экспериментальных составов дорожных покрытий.

Пластификаторы типа ДБФ предназначены для повышения упругости исходного материала, что, в конечном счёте, повышает его износостойкость и устойчивость к механическим воздействиям, делая материал более долговечным. Пластификатор ДБФ эффективно защищает покрытия от растрескивания. ДБФ не влияет на цвет исходного материала и является самым дешёвым из имеющихся пластификаторов. Таким образом, себестоимость материала термопластика заметно не подорожает.

Пластификатор Coral Master Basse хорошо известен в строительстве и эффективно используется при бетонировании. Специальная формула данного пластификатора увеличивает прочность, повышает податливость и растекаемость растворов. Готовые смеси более равномерно ложатся на поверхности и обладают повышенной адгезией [6-8].

Добавление данного пластификатора придает основному материалу следующие характеристики: придает дополнительную пластичность; увеличивает стойкость к механическим нагрузкам; регулирует водопотребление; ускоряет темп набора прочности; продлевает долговечность растворов; улучшает однородность растворов, и как следствие их прочность, долговечность, морозостойкость и водонепроницаемость; увеличивает подвижность готовой смеси, исключая появление трещин.

Для проведения эксперимента были изготовлены три партии (по десять в каждой партии) кернов термопластика с различными в процентном соотношении добавками пластификатора в состав.

Первая партия из десяти образцов была сделана из типового состава термопластика без добавления пластификатора.

Три группы (по десять кернов) с добавлением в состав пластификатора ДФБ по 0,5 %, 1,0 % и 1,5 % соответственно, в каждой группе были изготовлены образцы для второй партии.

Третья партия с добавлением пластификатора Coral Master Bazze была изготовлена аналогично второй партии (три группы по десять образцов) также по 0,5 %, 1,0 % и 1,5 % соответственно.

Образцы приготавливались в соответствии с ГОСТ 12801-98.

При подготовке к испытаниям образцы были подвержены водонасыщению в условиях вакуума, а затем – попеременно замораживанию и оттаиванию в течение 25 повторяющихся циклов. При каждом цикле включалось замораживание в морозильной камере (рис. 1) при температуре минус 30°C и оттаивание в воде при комнатной температуре.



Рис. 1. Испытательное климатическое оборудование (иллюстрация автора)

После завершения последнего цикла определяли предел прочности при сжатии при 20°C в соответствии с ГОСТ 12801-98.

Для приготовления экспериментального горячего состава термопластика была использована типовая рецептура, приведённая в табл. 1.

Таблица 1

Состав испытуемого термопластика

Компонент	Содержание, %
Неорганические наполнители	80
Глицериновый эфир канифоли	12
Минеральное масло	3
Полиэтиленовый воск	2
Эластомер	3

Все компоненты загружались в металлическую ёмкость объёмом 1 л одновременно и нагревались электронагревателем до 220 °С. При нагревании смесь периодически перемешивалась. Через 20 минут, после достижения 220 °С, мешалкой марки Heidolph RZR1 лопастного винтового типа проводилась гомогенизация смеси при 300 об/мин в течение 10 минут. Измерение температуры проводилось при помощи электронного инфракрасного термометра – пирометра.

После истечения времени перемешивания полученный расплав выливался в цилиндрические формы с тефлоновыми вкладышами. Размеры цилиндров имели

соотношение две высоты к диаметру образца. Охлаждение образцов проводилось при комнатной температуре и термостатировалось в течение не менее 2 часов [8]. Затем образцы вынимались из формы, очищались от тефлоновой ткани и дефектов литья. После полученные образцы термопластика помещались в испытательную холодильную камеру и выдерживались при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 14 дней в режиме замораживания и оттаивания (переход через ноль) через каждые 12 часов.

Проведенные испытания показали следующие результаты:

Образец № 1. С добавлением пластификатора марки Coral MasterBazze:

Таблица 2

Дозировка пластификатора 0,5 %

№ испытания	Нагрузка при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	20	56,3
2	17,5	56,9
3	18,8	55
4	19,4	54,4
5	16,9	52,5

Таблица 3

Дозировка пластификатора 1,0 %

№ испытания	Нагрузка при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	24,4	62,5
2	23,1	64,4
3	23,8	63,8
4	22,5	63,1
5	25	65,6

Таблица 4

Дозировка пластификатора 1,5%

№ испытания	Нагрузка при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	21,3	57,5
2	20,6	59,4
3	21,9	60
4	20	58,1
5	22,5	58,8

Для образца № 1 с добавлением пластификатора Coral MasterBazze, наилучшие результаты показали образцы с добавлением пластификатора в количестве 1 % от испытываемой массы термопластика. Средняя нагрузка, которую выдержали образцы по результатам пяти экспериментов составила $23,8\text{ кг/см}^2$. Таким образом, выдержанная испытываемым образцом нагрузка в 1,3 раза превосходит расчетную.

Образец № 2. С добавлением пластификатора ДБФ:

Таблица 5

Дозировка пластификатора 0,5 %

№ испытания	Нагрузка, при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка, при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	50	86,7
2	51,3	84,4
3	50,6	85,6
4	51,9	85
5	52,5	86,3

Таблица 6

Дозировка пластификатора 1%

№ испытания	Нагрузка, при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка, при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	58,1	100,6
2	56,9	98,8
3	59,4	101,3
4	57,5	96,3
5	58,8	97,5

Таблица 7

Дозировка пластификатора 1,5 %

№ испытания	Нагрузка, при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка, при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	54,4	87,5
2	55,6	88,1
3	53,8	89,4
4	53,1	88,8
5	55,0	90,0

Результаты проведенных испытаний позволяют сделать объективный вывод, что наилучшие показатели имеют образцы с дозировкой пластификатора 1 %. Средняя нагрузка по результатам пяти экспериментов, которую выдержали данные образцы, составила 54,4 кг/см². Выдержанная нагрузка в 2,8 раза превосходит необходимую.

Таблица 8

Испытание образцов без добавления пластификатора № 1

№ испытания	Нагрузка при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	15,6	31,3
2	14,4	35,0
3	12,5	25,0
4	18,1	36,9
5	13,1	28,9

Таблица 9

Испытание образцов без добавления пластификатора № 2

№ испытания	Нагрузка при которой происходит потеря формы, кг/см ²	Нагрузка при которой происходит полное разрушение, кг/см ²
1	16,9	34,4
2	15,6	33,1
3	14,4	32,5
4	16,3	28,8
5	18,1	37,5

В процессе нагружения керна – образца № 3 без добавления пластификаторов наблюдалась картина потери формы, далее – появление трещин и полное его разрушение [9]. При испытании образцов с добавлением пластификатора прослеживалась другая ситуация: начальное проявление потери формы, незначительные трещины и достижение максимального сжатия образца без критических его разрушений. Таким образом, можно сделать вывод о том, что добавление пластификатора влияет на технические характеристики термопластика, а именно повышает его морозостойкость, тем самым

минимизируя появление всевозможных трещин на поверхности дорожной разметки от воздействия низкотемпературных климатических факторов.

Следовательно, способом коррекции состава термопластика за счет добавления незначительного количества пластификатора (1 %) достаточно эффективно решается задача повышения морозостойкости материала дорожной разметки. Термопластик при этом становится более пластичным и эксплуатационные нагрузки не вызывают образование трещин с последующим отслаиванием разметки от поверхности дорожного покрытия.

Пластификаторы являются веществами, входящими в состав самых разнообразных полимерных материалов. В целом они значительно повышают эластичность и пластичность материалов в процессе переработки и использования [9-11].

Кроме того, для пластификаторов характерно свойство облегчения диспергирования всех ингредиентов, снижение температуры технологической обработки. Некоторые типы пластификаторов способствуют повышению огнеупорности, термостойкости и улучшают устойчивость к УФ-лучам. Выбранные добавки обеспечивают повышение пластичности и подвижности разметочного материала. Дорожная разметка подвергается резким перепадам температур даже в течение суток. При этом важно, чтобы качество состава материала отвечало всем необходимым эксплуатационным критериям и, соответственно, добавление в состав материала дорожной разметки пластификаторов имело целью повышение (сохранение) его эксплуатационных характеристик.

Данные пластификаторы улучшают следующие показатели: повышается текучесть, снижается водопроницаемость, повышаются морозостойкость, прочность, взаимная сцепляемость соединений, увеличивается срок использования готовой смеси.

Благодаря свойствам пластификаторов дополнительно увеличиваются прочностные характеристики термопластика. Добавление пластификаторов в состав материала дорожной разметки увеличивает его адгезионные свойства. Это означает, что термопластик застывает равномерно, не появляются расслоения и холодные швы, он обладает хорошим сцеплением с асфальтовым верхним покрытием дороги. Улучшение в целом технических и рабочих свойств термопластика позволяет получить смесь высокой прочности с длительным сроком эксплуатации.

Заключение

Таким образом, добавление небольшого количества пластификатора (не более 1 %) в состав термопластика позволяет достаточно успешно решить задачу повышения морозостойкости дорожной разметки. Дорожная разметка из термопластика с повышенными показателями пластичности уверенно воспринимает эксплуатационные нагрузки. Образование трещин с последующим отслаиванием от поверхности дорожного покрытия материала разметки минимизируется. Соответственно возрастает срок эксплуатации дорожной разметки, исчезает необходимость ежегодного нанесения (освежения) разметки, тем самым достигается значительная экономия финансовых и технических ресурсов. Это позволяет весьма существенно уменьшить бюджетные расходы города на нанесение и освежение дорожных разметок.

Дополнительные компоненты рецептуры термопластика являются коммерчески доступными, больших финансовых затрат не требуют. В связи с вышесказанным определяющим элементом в технологии повышения морозостойкости термопластика является его скорректированная рецептура изготовления.

Таким образом, подбор компонентов и оптимизация количества добавок в составе материала термопластика явилась основной научной задачей, на решение которой были направлены проведенные исследования.

Основные результаты выполненных исследований:

1. Были проведены исследования по усовершенствованию состава материала горячего термопластика с целью повышения его морозостойкости.
2. В качестве добавок были выбраны два пластификатора, хорошо известные на рынке строительных материалов. В результате проведенных экспериментальных исследований был определен состав термопластика, обеспечивающий более высокую морозостойкость в сравнении с типовым его составом.

3. Экспериментально был определен наиболее эффективный (среди выбранных) пластификатор для добавления в состав термопластика. Тем самым была экспериментально доказана возможность применения пластификатора в составе термопластика для повышения его физико-механических характеристик.

4. Прессовые испытания образцов термопластика после двухнедельной выдержки в испытательной холодильной камере показали отсутствие изменений его физико-механических свойств.

5. Сравнительный анализ результатов испытаний термопластика с добавлением пластификаторов с результатами испытаний термопластика с типовым составом позволил определить наиболее оптимальное соотношение добавляемого компонента.

6. Таким образом, было экспериментально установлено, что добавление 1 % пластификатора в состав горячего термопластика является наиболее оптимальным.

7. Применение в дорожной отрасли нанесения дорожной разметки предлагаемым составом позволит повысить долговечность эксплуатации разметочной сети.

8. Такая разметка может без существенных повреждений эксплуатироваться в течение 3-4-х лет.

9. С учетом сокращения объемов ежегодно выполняемых работ произойдет заметная экономия бюджетных средств за счет снижения расходов на ежегодное нанесение (освежение) дорожной разметки, а также эксплуатационных расходов (дорожно-разметочных и др. машин);

А также это приведет к экономии фонда заработной платы подрядных организаций.

Таким образом, внедрение и применение разработанного состава горячего термопластика дорожной разметки является перспективно-привлекательным для дорожно-строительной отрасли в целом.

Список библиографических ссылок

1. Иванов Г. П., Гришин И. В. О проблеме дорожного строительства – наличие трещин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог и мостов и пути их решения // Техника и технология транспорта. 2019. № 11. С. 1–8.
2. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия. 2012. 304 с.
3. Николаева Р. В., Талипов Т. И. Обеспечение безопасности дорожного движения на стадии проектирования автомобильных дорог // Техника и технология транспорта. 2019. № 1 (10). С. 8.
4. Николаева Р. В., Абдулов Ф. И. Повышение безопасности дорожного движения пешеходов // Техника и технология транспорта. 2019. № 2 (12). С. 12.
5. Губаева Е. Р. Надземная транспортная система – скорость, комфорт, безопасность. Техника и технология транспорта. 2017. № 3 (4). С. 11.
6. Феникс центр. Большая база стройматериалов // <https://fenixcentr.com.ua/coral-master-bazze-plastifikator-dlya-fundamenta-101> // (дата обращения 17.03.2020).
7. Vdovin E. A., Stroganov V. F. Modification of cement-bound mixtures with sodium formate additives for the construction of pavement bases at low air temperatures // IOP Conference Series: Materials Science and Engi. 2019. № 065. P. 91–99.
8. Шарапов Р. Р., Харламов Е. В., Агарков А. М. К вопросу об разрушении материалов // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 5–8.
9. Canestrari F., Cardone F., Graziani A., Santagata F., Bahia H. U. Adhesive and Cohesive Properties of Asphalt-Aggregate Systems Subjected to Moisture Damage // Road Materials and Pavement Design. 2015. Vol. 11. P. 11–32.
10. Teltayev B. B., Rossi C. O., Izmailova G. G., Amirbayev E. D. Effect of freeze-thaw cycles on mechanical characteristics of bitumens and stone mastic asphalts // Applied Sciences. 2019. № 9 (3), статья № 458.
11. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom // ICE Publishing, 2014. 588 p.

Gabdullin Talgat Rivgatovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: talgat2204@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kharlamov Evgeny Vladimirovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: jkharlamov@ya.ru**Moscow State University of Civil Engineering**

The organization address: 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Kashipov Rafil Failevich

deputy chief designer,

E-mail: rafil_mail.ru@mail.ru**LLC «Gruzopjem»**

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Nigmatullin st., 3

Fazleev Ilschat Ajdarovich

head of the central laboratory

E-mail: Ilschat.Fazleev@tatavtodor**JSC «Tatavtodor»**

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Dostoevsky st., 18/75

Germanov Anton Anatolyevich

deputy head

DRSU «Vysokogorsky» Suburban branch of JSC «Tatavtodor»E-mail: germanov.anton@prg.tatavtodor.ru

The organization address: 422718, Russia, Republic of Tatarstan, Vysokogorsky district, st. Kinderi, Lesnaya st., 7A

Improving frost resistance of road marking material

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to increase the frost resistance of hot thermoplastic material to increase the life of the road marking and reduce the financial costs of road marking.

Results. The main results of the study are to propose one of the possible options for optimizing thermoplastic material based on the addition of a strictly dosed amount of plasticizers to its typical composition. As a result, a higher level of thermoplastic plasticity is achieved, eliminating the occurrence of cracks and chips due to loads when travelling along the marking surface of vehicles under low-temperature operating conditions.

Conclusions. The significance of the results for the road construction industry lies in the proposal of a frost-resistant composition of thermoplastics. The proposed composition of thermoplastics is more frost-resistant (plastic) in comparison with the known typical compositions of thermoplastics. The experimental stages of its preparation are described. It is assumed that the life of the horizontal lines of the road markings, applied by the developed composition, will significantly increase.

Keywords: road marking, road surface, composition, plasticizer, frost resistance, load, quality, method, profitability.

References

1. Ivanov G. P., Grishin I. V. On the problem of road construction – the presence of cracks in the asphalt concrete coatings of roads and bridges and ways to solve them // *Tekhnika i tekhnologiya transporta*. 2019. № 11. P. 1–8.

2. Podolsky V. P. Technology and organization of the construction of roads. Road coverings, 2012. 304 p.
3. Nikolaeva R. V., Talipov T. I. Ensuring road safety at the design stage of roads // Tekhnika i tekhnologiya transporta. 2019. № 1 (10). P. 8.
4. Nikolaev R. V., Abduloev F. I. Improving pedestrian traffic safety // Tekhnika i tekhnologiya transporta. 2019. № 2 (12). P. 12.
5. Gubaeva E. R. Elevated transport system – speed, comfort, safety // Tekhnika i tekhnologiya transporta. 2017. № 3 (4). P. 11.
6. Phoenix Center. A large base of building materials // <https://fenixcentr.com.ua/coral-master-bazze-plastifikator-dlya-fundamenta-10l> (reference date 17.03.2020).
7. Vdovin E. A., Stroganov V. F. Modification of cement-bound mixtures with sodium formate additives for the construction of pavement bases at low air temperatures // IOP Conference Series: Materials Science and Engi. 2019. № 065. P. 91–99.
8. Sharapov R. R., Kharlamov E. V., Agarkov A. M. To the question of the destruction of materials // Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2017. V. 78. № 11. P. 5–8.
9. Canestrari F., Cardone F., Graziani A., Santagata F., Bahia H. U. Adhesive and Cohesive Properties of Asphalt-Aggregate Systems Subjected to Moisture Damage // Road Materials and Pavement Design. 2015. Vol. 11. P. 11–32.
10. Teltayev B. B., Rossi C. O., Izmailova G. G., Amirbayev E. D. Effect of freeze-thaw cycles on mechanical characteristics of bitumens and stone mastic asphalts // Applied Sciences. 2019. № 9 (3), article № 458.
11. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom // ICE Publishing, 2014. 588 p.