

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №4, Том 6 / 2019, No 4, Vol 6 <https://t-s.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/03SATS419.pdf>

DOI: 10.15862/03SATS419 (<http://dx.doi.org/10.15862/03SATS419>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Талалай В.В., Васильев Ю.Э., Кочетков В.А. Научно-техническое сопровождение производства термопластичных материалов для дорожной разметки // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №4, <https://t-s.today/PDF/03SATS419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03SATS419

For citation:

Talalai V.V., Vasiliev Yu.E., Kochetkov V.A. (2019). Scientific and technical support of production of thermoplastic materials for road marking. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/03SATS419.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/03SATS419

УДК 625.7/.87; 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

Научно-техническое сопровождение производства термопластичных материалов для дорожной разметки

Аннотация. В основе технологической оценки состава термопласта для дорожной разметки лежит калькуляция производственных затрат, связанных с конкретной технологической схемой. В самом общем виде любой процесс получения маркировочных термопластов состоит из следующих технологических операций: подготовка компонентов; приготовление термопластичной смеси; растаривание и упаковка.

Принципиально таких схем в настоящее время существует две: схема, определяющая производство термопласта в виде сухой механической смеси; схема, определяющая производство термопласта в виде гомогенных плавящихся блоков.

Смешивание всех компонентов по первой схеме в смесителе производится в течение трех–пяти минут. Во время смешивания в смеситель вводятся навески жидких компонентов, если последние предусмотрены рецептурой. Выгрузка готовой смеси производится через отверстие в днище корпуса смесителя.

Производство по второй схеме обладает рядом несомненных преимуществ. Это тщательное диспергирование компонентов, входящих в состав термопласта, что обеспечивает

единообразие его свойств в любой части партии изготавливаемого материала. При транспортировке термопласт в таре не требует укрытия от атмосферных осадков и может храниться неограниченно по времени в неотапливаемых складских помещениях.

Из приведенных данных видно, что разработанные составы, полученные в результате выполнения настоящей работы, по сравнению с аналогом обладают повышенной адгезией к асфальтобетону и эластичностью в диапазоне температур от -10°C до 20°C . Эти показатели позволяют сделать вывод о лучшей стойкости разработанного материала в условиях эксплуатации, особенно при отрицательных температурах.

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

Введение

Специалистами ООО ПХ «Технопласт», г. Москва проводятся работы по нанесению дорожной разметки на автомобильных дорогах федерального и территориального значения. В основе технологической оценки состава термопласта для дорожной разметки лежит калькуляция производственных затрат, связанных с конкретной технологической схемой.

Принципиально таких схем в настоящее время существует две (рисунок 1): схема, определяющая производство термопласта в виде сухой механической смеси (рисунок 1а); схема, определяющая производство термопласта в виде гомогенных плавящихся блоков (рисунок 1б) [1–8].

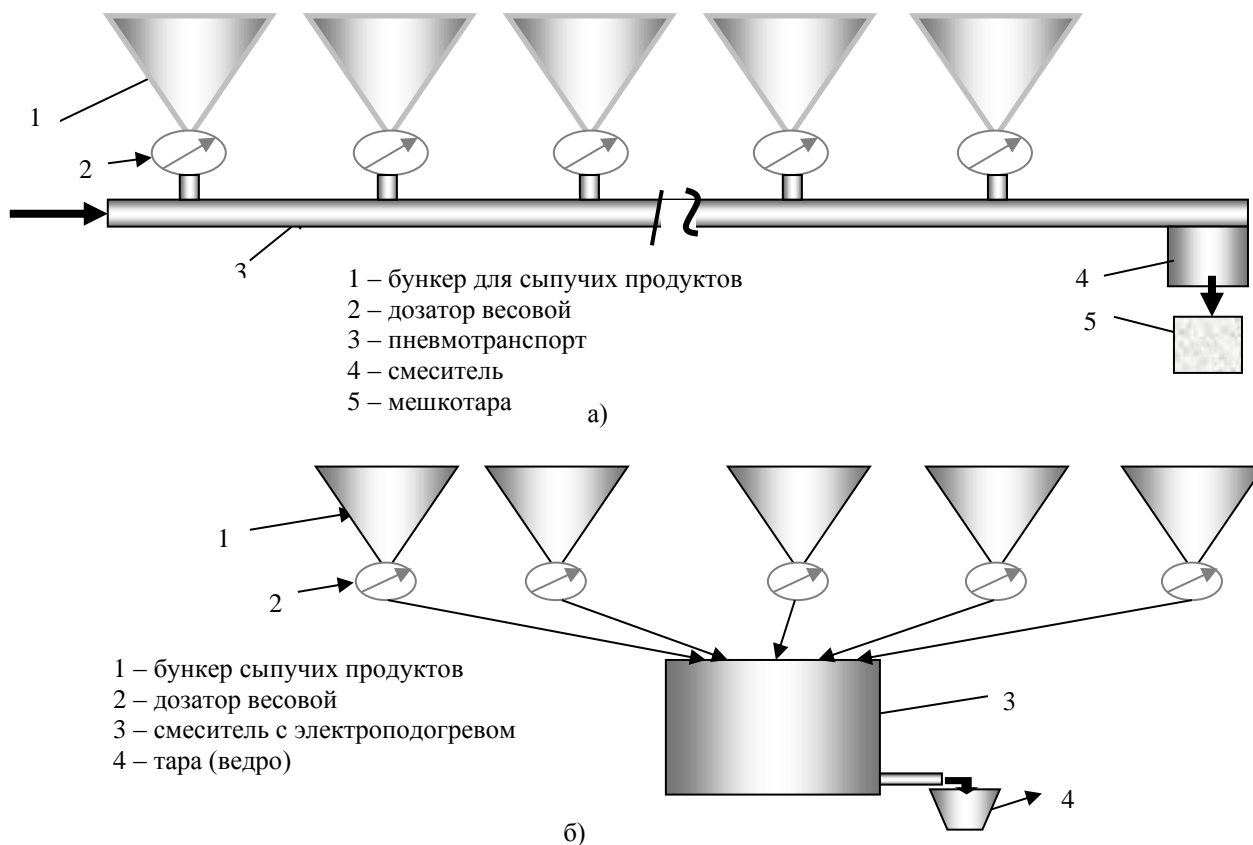


Рисунок 1. Технологическая схема производства термопласта для дорожной разметки: а – технология получения сухой смеси; б – технология получения плавящихся блоков (рисунок автора)

В самом общем виде любой процесс получения маркировочных термопластов состоит из следующих технологических операций: подготовка компонентов; приготовление термопластичной смеси; растаривание и упаковка.

Реальная схема производства сухой механической смеси (рисунок 1а) состоит из последовательного дозирования компонентов и их подачи в пневмотранспортер.

Под действием сжатого воздуха в процессе перемещения происходит их перемешивание с образованием достаточно однородной смеси. Полученная масса поступает в механический лопастной смеситель, где окончательно перемешивается до гомогенного состояния.

Смешивание всех компонентов в смесителе производится в течение трех–пяти минут. Во время смешивания в смеситель вводятся навески жидких компонентов, если последние предусмотрены рецептурой. Выгрузка готовой смеси производится через отверстие в днище корпуса смесителя. Готовая смесь из приемного бункера шнеком подается в мешки, установленные на весах.

После достижения заданного веса (30 кг) мешки передвигаются на транспортер, зашиваются с помощью зашивочной машины, загружаются в поддон-контейнер, отвозятся и складываются до момента отгрузки потребителю.

Тарные мешки могут быть бумажными, бумажные с полиэтиленовыми вкладышами или малогабаритными (емкостью 12–20 кг) запаянными мешками из термоусадочного полиэтилена специальных марок.

В последнем случае имеется возможность использования термопласта вместе с тарными мешками при загрузке его в котел разметочной машины. Как правило, в таких мешках выпускают порошкообразный термопласт большинство зарубежных фирм.

Помимо хорошего экологического решения, в этом случае исключается пыление материала при его загрузке в котел, а также исключаются технологические трудности при использовании, например, слежавшегося в ком термопласта.

Материал мешка не растворяется в расплаве, но при общей доле его всего лишь 0,1 % и форме в виде крайне мелких сгустков (термоусадочный) он не является основанием для потери качества при производстве разметочных работ, особенно с учетом использования фильтрующей сетки при переливе расплава из маточного котла в котел разметочной машины.

Общий вид производственного комплекса приведен на рисунке 2.



Рисунок 2. Общий вид производственного комплекса (фото автора)

Типичный цикл производства термопласта выглядит следующим образом (таблица 1).

Таблица 1

**Последовательность и время выполнения
технологических операций при производстве термопласта**

№ п/п	Операции	Время, мин.	Примечания
1	Подготовка отдельных «малых» навесок – мин. масла, TiO ₂ , SIS, ЭВА, воска и др., на один замес из расчета на все количество замесов в рабочую смену	120	Один замес – 500 кг. Предварительной подготовки отдельных компонентов не требуется
2	Ссыпка «больших» компонентов (смола, наполнители, ст. шарики, песок) в бункеры-дозаторы из тарных мешков (биг-бэгов) или из бункера-накопителя, установка заданного веса		
3	Последовательная загрузка в пневмотранспортер «больших» и «малых» твердых навесок и перемещение в зону смесителя	10–12	Полное время по данным операциям в одном цикле – 12 минут
4	Загрузка в смеситель жидкого пластификатора (мин. масла) и ЭВА, SIS-полимеров	2	
5	Перемешивание в смесителе	5	
6	Выгрузка смеси, последовательная фасовка в полиэтиленовые мешки, запайка их, укладка на поддон, маркировка и обвязка поддона стрейч-пленкой	10	Вес одного мешка 12 кг. Вес мешков на поддоне (нетто) 1000 кг

Составлено автором

Из приведенных данных следует, что оборот технологического смесителя осуществляется за 27–30 минут, а в рабочую смену (шесть часов, без учета времени на подготовку) смеситель находится в обороте 12 раз, при этом может быть изготовлено около 5 т термопласта.

Это и есть производительность данного способа производства термопласта, технологические простои оборудования при этом практически отсутствуют.

Постановка задачи

Следует отметить, что присутствие в современных составах термопластов таких компонентов, как SIS-полимеры (синтетический каучук), вносит определенные нюансы в организацию технологического процесса.

Известно, что характеристики термопласта во многом зависят от концентрации вводимого SIS-полимера и от его тщательного распределения.

Эффекта более полной диспергации этой добавки можно добиться, если просто увеличить время перемешивания при рабочей температуре расплава термопласта в маточном котле перед выполнением непосредственно разметочных работ.

Особенно характерно это для такого SIS-полимера, как «Vector».

Время приготовления расплава термопласта из состава, содержащего «Vector», приходится увеличивать на 1,0–1,5 часа, иначе термопласт получается более жестким.

Однако в таком случае всегда имеет место риск получить более окисленный термопласт и поэтому более темную (с желтизной) разметочную полосу.

Внешний вид рабочего органа смесительной установки приведен на рисунке 3.



Рисунок 3. Рабочий орган смесительной установки (фото автора)

Чтобы не подвергать риску качество разметочного материала, не греть лишней раз смолу, этот полимер целесообразно вывести временно из композиции и растворить его во входящем в состав термопласта пластификаторе – минеральном масле.

Предварительную пластификацию SIS-полимера при этом необязательно обрывать, чтобы обеспечить приемлемую технологичность этой смеси: ее (пластификацию) можно провести до конца, до получения отвердевшей массы.

Для ускорения процесса пластификацию целесообразно провести при повышенной температуре, например, 180 °С.

При введении в эту двойную смесь третьего компонента, входящего в рецептуру, например, этиленвинилацетат (ЭВА) или части наполнителя эта термопластичная смесь после охлаждения получается твердой и удобной в работе.

Свойства смеси регулируются соотношением концентраций компонентов.

Установка разогрева расплава термопласта представлена на рисунке 4.



Рисунок 4. Установка разогрева расплава термопласта (фото автора)

Расплавленная смесь может быть отформована в виде ленты толщиной 2–3 мм, которая после охлаждения просто дробится на куски 20–40 мм и в таком виде добавляется в виде навесок в каждое тарное место выпускаемого термопласта.

Предварительно пропластифицированный полимер может выпускаться также в виде желеобразной смеси, затаренной в небольшой (500 г) полиэтиленовый пакет, или в виде отдельных твердых блоков (0,5–1,0 кг).

Несмотря на некоторые преимущества (заметное сокращение времени и температуры подготовки расплава термопласта на автомобильной дороге, исключение пластификатора из процесса приготовления порошкообразной смеси), в целом такая технология сопряжена с заметным увеличением трудозатрат.

Разработка рецептуры термопластичного материала

Другой способ получения разметочного материала заключается в производстве термопласта в виде однородных плавящихся блоков (рисунок 1б).

Такое производство обладает рядом несомненных преимуществ. Это тщательное диспергирование компонентов, входящих в состав термопласта, что обеспечивает единообразие его свойств в любой части партии изготавливаемого материала.

В этом случае аттестация готовой продукции даже по небольшой пробе, отобранной из смесителя, будет более надежно характеризовать уровень свойств данной партии термопласта, чем большая проба материала из партии термопласта, изготавливаемого в виде порошковой смеси.

При приготовлении расплава нет принципиальных ограничений на использование твердых или жидких компонентов, возникающих в связи с возможной слеживаемостью материала, крупных (в разумных пределах) или мелких кусков смол, каучуков или других подобных компонентов, входящих в состав термопласта.

С учетом особенностей конкретного оборудования производство термопласта в этом случае оказывается более выгодным, чем в случае порошковой технологии: большая одновременная загрузка смесителя, меньшее количество подготовительных операций, меньшее количество людей, занятых в процессе приготовления термопласта, сравнительно более короткий технологический цикл в расчете на единицу продукции и др.

Рассмотрим организацию производства термопласта методом свободного литья.

Данное производство рассчитано на выпуск 8–9 тыс. т термопласта в год из условия работы в две смены двумя смесителями (котлами).

Рассматриваемое производство периодическое. В основе его лежит стационарный смеситель (котел) GT8HGR с рабочим объемом 3,65 м³ (диаметр 2,3 м), массой 4 т.

Принципиальными особенностями данного аппарата являются: хорошо регулируемый обогрев (скорость нагрева от 0,5 до 1,0 °С/мин.) закрытым форсом пламени сгораемого соляра, автономный четырехтактный двигатель, вращающий с помощью цепной передачи мощную мешалку и работающий также на дизельном топливе. Общий расход которого при проведении одной варки обычно составляет 20 л/час.

На обслуживание двух котлов в смене занято четыре человека с общей продолжительностью рабочего дня 10–11 часов. Загрузка каждого котла составляет 6 т. Технологические потери материалов, как правило, не превышают 1 %.

Слив расплава термопласта осуществляется в легкие металлические «банки» (ведра) с толщиной стенок 0,33 мм, которые устанавливают на поддон по 16 штук. Вес одного тарного места (нетто) составляет 36 кг (рисунок 5).



Рисунок 5. Заполнение тарного места расплавом термопласта (фото автора)

В течение 10–12 часов эти слитые блоки остывают до окружающей температуры и могут быть использованы по прямому назначению.

При транспортировке термопласт в таре не требует укрытия от атмосферных осадков и может храниться неограниченно по времени в неотапливаемых складских помещениях.

Перед использованием металлическую банку с термопластом разрушают механическим приспособлением (несколькими ударами кувалды).

Жесть легко отделяется от термопласта, и куски последнего забрасывают в котел разметочной машины.

Термопласт плавится легко и быстро. Разметку ведут при температуре 170–180 °С.

Необходимы пояснения по температурному режиму. Загрузка вяжущего (смолы) в смеситель проводится после предварительного прогрева смесителя до температуры не ниже 100 °С.

Рабочие органы применяемого оборудования должны быть тщательно очищены от предыдущего состава, так как многие термопласты абсолютно несовместимы.

Так, например, присутствие всего 1,0 % предыдущего состава (а на практике даже меньше) в составе термопласта на основе нефтеполимерной смолы является критическим и недопустимым. Возможные остатки материала в котле могут превышать эту критическую норму и должны быть удалены.

Этот вывод в самой полной мере относится и к случаю эксплуатации разметочной машины.

Разработанные составы термопласта представлены в таблице 2.

Таблица 2

Разработанные составы термопласта

Компонент, масс. частей	Состав 1 UCRP1004L	Состав 2 UCRP1004L
Нефтеполимерная смола (НПС)	22	22
Микродоломит МД-40	28	23

Компонент, масс. частей	Состав 1 UCRP1004L	Состав 2 UCRP1004L
Аппретированный МД-40	5	10
Кварцевый песок	12	10
TiO ₂	4	4
Минеральное масло	4	4
ЭВА	1,5	2
SIS	1,5	3
Воск Fa-1	2	2
Стекломикрошарики	20	20

Составлено автором

Технологические режимы приготовления термопласта представлены в таблице 3.

Таблица 3

Технологические режимы приготовления термопласта

Наименование операции	Время, мин.	T, °C
Загрузка смолы, включение обогрева, обогрев	30	20→135
Включение мешалки, перемешивание	20	135
Загрузка TiO ₂ , перемешивание	15	135→150
Загрузка доломита (1/2 часть), перемешивание	15	150
Загрузка песка (1/2 часть), перемешивание	15	150
Загрузка доломита (остаток), перемешивание	15	150
Загрузка песка (остаток), перемешивание	15	150
Загрузка аппретированного доломита, перемешивание	20	150→170
Загрузка модифицирующих добавок: масла, воска, ЭВА, SIS, перемешивание	30	170
Загрузка стеклошариков, перемешивание	60	170→190
Отбор проб на анализ	не нормируется	не нормируется
Слив массы	не нормируется	не нормируется

Составлено автором

Установка окончательного перемешивания представлена на рисунке 6.



Рисунок 6. Установка окончательного перемешивания (фото автора)

Выводы

Из приведенных данных видно, что разработанные составы 1 и 2, полученные в результате выполнения настоящей работы, по сравнению с аналогом обладают повышенными адгезией к асфальтобетону и эластичностью в диапазоне температур от -10 °C до 20 °C.

Эти показатели позволяют сделать вывод о лучшей стойкости разработанного материала в условиях эксплуатации, особенно при отрицательных температурах.

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

Scientific and technical support of production of thermoplastic materials for road marking

Abstract. The basis of the technological evaluation of the composition of thermoplastic for road marking is the calculation of production costs associated with a particular technological scheme. In the most General form, any process for obtaining marking thermoplastics consists of the following technological operations: preparation of components; preparation of thermoplastic mixture; rastarivanie and packaging.

In principle, such schemes currently exist two: a scheme that determines the production of thermoplastics in the form of a dry mechanical mixture; a scheme that determines the production of thermoplastics in the form of homogeneous fused blocks.

Mixing of all components according to the first scheme in the mixer is made within three-five minutes. During mixing, liquid components are added to the mixer, if the latter are provided by the formulation. The finished mixture is discharged through a hole in the bottom of the mixer body.

Production under the second scheme has a number of undoubted advantages. This is a thorough dispersion of the components that make up the thermoplastic, which ensures uniformity of its properties in any part of the batch of manufactured material. When transporting the thermoplastic in the container does not require the shelter from atmospheric precipitation and can be stored for unlimited time in unheated warehouses.

From the given data it is visible that the developed compositions received as a result of performance of the present work, in comparison with analog possess the raised adhesion to asphalt concrete and elasticity in a temperature range from -10 °C to 20 °C. These indicators allow to draw a conclusion about the best resistance of the developed material in operating conditions, especially at negative temperatures.

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

REFERENCES

1. Voznyy S.I. (2012). Tekhnologiya dolgovetnykh kompozitsionnykh razmetochnykh materialov na polimernoy osnove. [*Technology of durable polymer-based composite marking materials.*] Saratov: Saratov State Technical University, p. 20.
2. Bazhanov A.P., Evteeva S.M., Voznyy S.I., Krylov V.K., Talalay V.V. Ed. by A.V. Kochetkov (2015). Sovershenstvovanie retseptur i tekhnologii proizvodstva plastichnykh materialov dlya dorozhnoy razmetki na polimernoy osnove: monografiya. [*Improving the formulations and production technology of plastic materials for polymer-based road marking: a monograph.*] Penza: Penza State University of Architecture and Construction, p. 200.
3. Talalay V.V., Kochetkov A.V. Ed. by L.V. Yankovskiy (2019). Ehnergoehffektivnyy termoplastichnyy kompozitsionnyy material dlya dorozhnoy razmetki: monografiya. [*Energy Efficient Thermoplastic Composite Material for Road Marking: Monograph.*] Perm: Publishing House Perm National Research Polytechnic University, p. 120.
4. Voznyy S.I., Evteeva S.M., Talalay V.V., Kochetkov A.V. (2012). Working out technology, manufacture and application composit polymeric materials for a road marking. *Naukovedenie*, [online] 3(4), p. 24. Available at: <https://naukovedenie.ru/sbornik12/12-14.pdf> (in Russian).
5. Vozny S.I., Evteeva S.M., Talalay V.V., Kochetkov A.V. (n.d.). Technology for the production of thermoplastics for road marking. *International Polymer Science and Technology*, 11(42).
6. Talalay V.V., Vasil'ev Yu.Eh., Artemenko A.A., Kochetkov A.V. (2019). Investigation of the structural features of a thermoplastic marking material filled with dispersed modified mineral filler. *Roads*, 4, pp. 137–143 (in Russian).
7. Kadyrova M.Zh., Kadyrov Zh.N., Kochetkov A.V. (2012). Patent RK 31474. Sposob opredeleniya kachestva naneseniya razmetochnogo materiala na poverkhnost' avtomobil'noy dorogi. 31.08.2016, byul. №10. [*Patent RK 31474. A method for determining the quality of the application of marking material on the surface of a highway. 08/31/2016, bull. Number 10*].
8. Kumaran S.K., Mohapatra S., Dogra D.P., Roy P.P., Kim B.-G. (2019). Computer vision-guided intelligent traffic signaling for isolated intersections. *Expert Systems with Applications*, p. 134, pp. 267–278.
9. Lv W., Zhou X., Fang Z., Huo F., Li X. (2019). Simulation study of vehicle travel time on route with signals considering comprehensive influencing factors. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
10. Fricker J.D., Zhang Y. (2019). 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*.
11. Arker Paul (2000). Les nouvelles caracteristiques et performances de la signalization routiere horizontale. *Revue Generate des Routes et Aerodromes*, 782, pp. 34–36.