

ФАНО РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии твердого тела и механохимии
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИХТТМ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИХТТМ СО РАН,
академик РАН

Н.З. Ляхов

11 » 12 2017

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка композиционных материалов для применения
в ремонтных работах на улично-дорожной сети
(тема работы)

Договор о предоставлении
гранта Правительства Новосибирской области на проведение прикладных
научных исследований в 2017 году от «25» июля 2017 № 1/221

Руководитель гранта,
канд. техн. наук

11.12.2017

дата

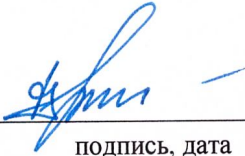
подпись

Ф. К. Горбунов

Новосибирск – 2017

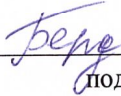
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель гранта,
к.т.н., н.с.




Ф.К. Горбунов

Исполнитель,
к.т.н., м.н.с.



Л.К. Бердникова

Исполнитель,
к.х.н., м.н.с.



Е.В. Волоскова

Реферат

Отчет: 18 с., 9 рис., 3 табл.

Ключевые слова: дорожно-ремонтные работы, композиционный материал, наполнитель, полимерное связующее, эпоксидная смола.

Цель: получение композиционного материала на основе эпоксидной смолы, для проведения ремонтных работ на улично-дорожной сети.

Задачи:

- разработать базовую рецептуру композиционного материала на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20 и карьерного песка в качестве наполнителя, обеспечивающую необходимые эксплуатационные свойства композита для его дальнейшего применения в качестве заливочного состава при проведении дорожно-ремонтных работ.

- исследовать физико-механические свойства композиционного материала на основе эпоксидной смолы и карьерного песка в качестве наполнителя (плотность, прочность при изгибе и сжатии, истираемость, водопоглощение).

- определить температурный предел применения композиционного материала.

В настоящей работе скомпонована и оптимизирована рецептура композиционного материала на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20 и карьерного песка в качестве наполнителя, обеспечивающая необходимые эксплуатационные свойства композита для его дальнейшего применения в качестве заливочного состава при проведении дорожно-ремонтных работ.

Определены временные рамки каждого этапа получения заливочного композиционного материала: от момента смешивания эпоксидной смолы и отвердителя до введения наполнителя – 10 мин и от смешивания эпоксидной смолы и отвердителя до нанесения на дорожное покрытие – 25-30 мин. Выявлено, что несоблюдение данных временных рамок приведет к вскипанию или преждевременному отверждению композиционного материала.

Исследованы свойства полученного композиционного материала на основе эпоксидной смолы и карьерного песка в качестве наполнителя: плотность – $1,7 \text{ г/см}^3$; прочность при изгибе – 28,7 МПа; прочность при сжатии – 62,2 МПа; истираемость – $0,11 \text{ г/см}^2$; водопоглощение – менее 1%.

Установлено, что физико-механические характеристики полученного КМ не уступают, а некоторые и превосходят характеристики ремонтных составов, представленных на российском рынке.

Исследования изменения температуры в объеме образца КМ при различных температурных воздействиях показали возможность применения разработанного материала в широком диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 80 °С.

На экспериментальной площадке индивидуального предпринимателя Шевцова Юрия Николаевича (ИП «Шевцов Ю.Н.») проведены опытно-промышленные испытания по нанесению композиционного материала на участки дорожного полотна. Результаты испытаний показали возможность промышленной реализации композиционного материала для применения в ремонтных работах на улично-дорожной сети города Новосибирска и Новосибирской области.

Результаты работы опубликованы в журнале «Дороги и мосты»: Горбунов, Ф.К. Термодинамические характеристики материалов, применяемых для ремонта дорожного и аэродромного покрытий / Ф.К. Горбунов, Ю.Н. Шевцов, Л.К. Бердникова // Дороги и мосты. – 2017. – № 37/2. – С. 317-327.

Отчет о научно-исследовательской работе на тему «Разработка композиционных материалов для применения в ремонтных работах на улично-дорожной сети» опубликован на сайте ИХТТМ СО РАН (<http://www.solid.nsc.ru/rus/>) в разделе «новости».

Введение

В Российской Федерации порядка 70-80% протяженности всех дорог общего пользования занимают дороги, рассчитанные на пропуск автомобилей с осевой нагрузкой до 60 кН [1]. В процессе эксплуатации дорожные покрытия подвергаются различным деформациям (волны, сдвиги, наплывы, колейность, просадки). Износ дорог происходит в результате влияния внешних факторов, включающих силовые нагрузки от транспорта и агрессивные природные факторы (осадки в виде дождя и снега, температурные изменения, оттаивание/замораживание).

Так же существуют внутренние факторы, приводящие к разрушению асфальтобетонного покрытия. Они возникают вследствие изначально невысокого качества материалов, устаревшей технологии асфальтирования, нарушения технологий и правил проведения работ при строительстве дорог. [2].

Ежегодно локальный текущий ремонт покрытия требуется примерно для 3% общей площади дороги. Если повреждения и дефекты дорожного покрытия достигают 12-15%, то ремонту подлежит, как правило, 100% этой площади.

Систематическое «лечение» дорожного покрытия осуществляют разными методами, средствами и материалами, что в совокупности определяет качество, срок службы и стоимость ремонтных работ, главная цель которых – обеспечить на дороге безопасное движение автотранспорта с разрешенной Правилами дорожного движения скоростью [2] и нагрузкой на дорожное полотно.

На содержание автомобильного транспорта и дорожной сети расходуются огромные материальные, финансовые и технические ресурсы. В настоящее время самым популярным видом ремонта дорожных покрытий является ямочный ремонт. Такой вид ремонта дорожного покрытия наиболее простой, при этом он является менее продолжительным. В таких ремонтных работах применяются различные ремонтные составы (холодные органоминеральные смеси, горячие асфальтобетонные смеси, литой асфальтобетон и др.) как российского, так и зарубежного производства [3]. Применение большинства составов ограничено высокой стоимостью используемой смеси, низкой адгезией между новой и ремонтируемой поверхностями, длительным временем затвердевания смеси, сезонностью выполняемых ремонтных работ, необходимостью специализированного дорогостоящего оборудования и др. Поэтому актуальным является подбор материалов и разработка композитов, сочетающих положительные параметры применяемых ремонтных составов, и исключаящих их негативные свойства.

Анализ литературы и патентный поиск [4, 5, 6, 7] показали, что одним из таких материалов является эпоксидная смола. Эпоксидная смола благодаря

высокой адгезии к материалам разной природы, малой усадке при отверждении, стойкостью ко многим агрессивным средам и ряду других положительных свойств [8] уже нашла применение в качестве ремонтных материалов в различных областях промышленности. Однако применение эпоксидной смолы, ограничено ее высокой хрупкостью, малой механической прочностью, недостаточной климатической стойкостью, что в условиях знакопеременных нагрузок или значительных колебаний температуры ведет к преждевременному растрескиванию материала. Это приводит к необходимости создания новых эпоксидных композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками для дальнейшего использования их в качестве заливочной смеси в дорожно-ремонтных работах.

Исходя из вышеизложенного, *целью настоящей работы* является получение композиционного материала на основе эпоксидной смолы, для проведения ремонтных работ на улично-дорожной сети.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие *задачи*:

- разработать базовую рецептуру композиционного материала на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20 и карьерного песка в качестве наполнителя, обеспечивающую необходимые эксплуатационные свойства композита для его дальнейшего применения в качестве заливочного состава при проведении дорожно-ремонтных работ.

- исследовать физико-механические свойства композиционного материала на основе эпоксидной смолы и карьерного песка в качестве наполнителя (плотность, прочность при изгибе и сжатии, истираемость, водопоглощение).

- определить температурный предел применения композиционного материала.

Экспериментальная часть

Объекты исследования

В качестве объектов исследования рассматривались исходные компоненты (эпоксидиановая смола ЭД-20 (ГОСТ 10587 [9]), отвердитель эпоксидной смолы АФ-2 (ТУ 2494-640-11131395-2007 [10]), карьерный песок в качестве наполнителя) и композиционные материалы (КМ) на их основе.

Фракционный состав карьерного песка представлен на рисунке 1. Преобладающими являются фракции с размером частиц 0,140-0,250 мм и 0,315-0,630 мм.

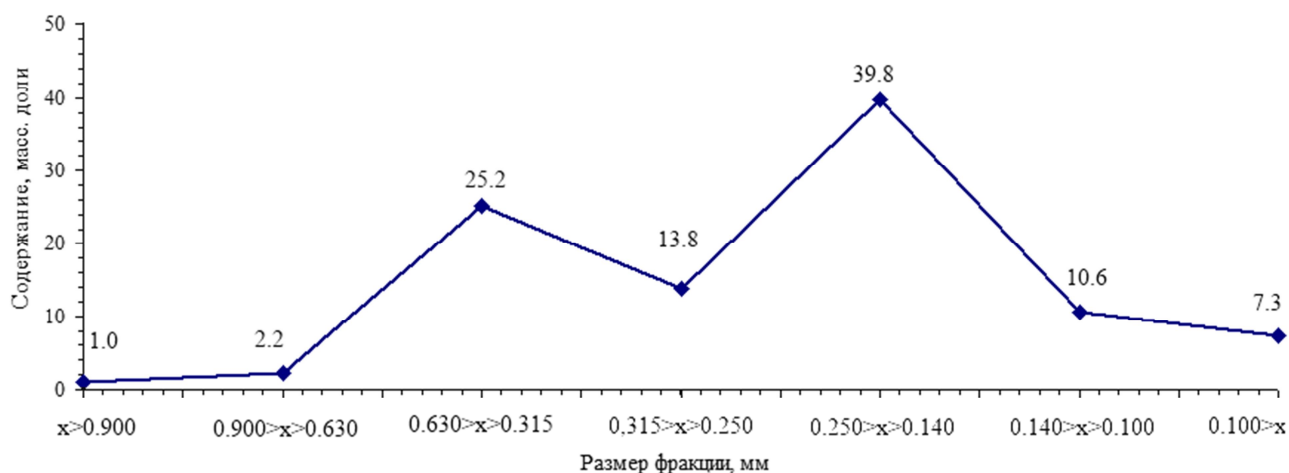


Рисунок 1. Фракционный состав наполнителя

Методика эксперимента

Процесс изготовления композиционных материалов на основе эпоксидной смолы в настоящей работе включает подготовку и смешивание исходных компонентов, закладку готового состава в формы, распалубку после отверждения.

Изготовление композиционных материалов проводили последовательным смешением предварительно подготовленных и взвешенных навесок эпоксидной смолы, отвердителя и наполнителя. Для этого использовали лабораторное перемешивающее устройство ПЭ-8100 с мешалкой рамного типа. Соотношение эпоксидной смолы и отвердителя составляло 3:1, количество наполнителя варьировали от 40 до 90 % от общей массы полученной смеси. Перемешивание полученной смеси проводили на низких скоростях, что позволило практически исключить образование «застойной зоны» наполнителя. Длительность перемешивания составляла 10 мин. Полученную смесь заливали в формы для последующего отверждения, которое проводили при комнатной температуре.

Образцы композиционного материала получали в виде балочек и кубиков следующих размеров: 40x40x160 мм и 50x50x50 мм, соответственно (рисунок 2).

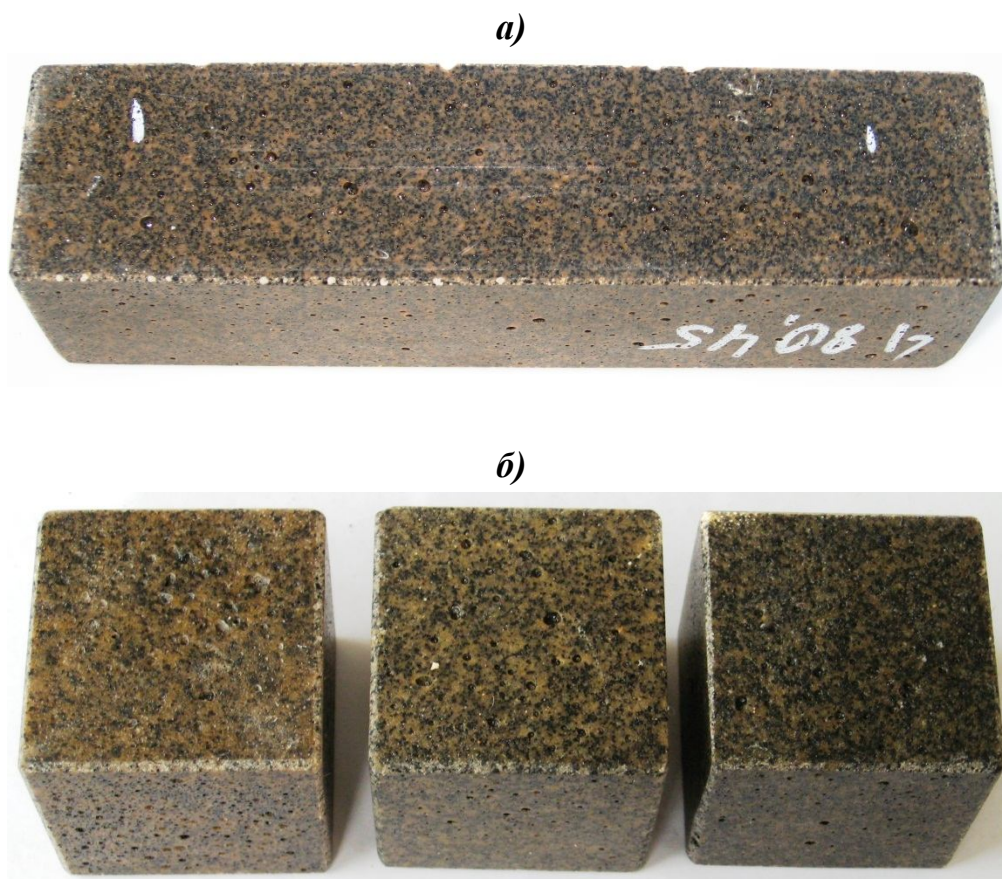


Рисунок 2. Образцы КМ в виде балочек (а) и кубиков (б)

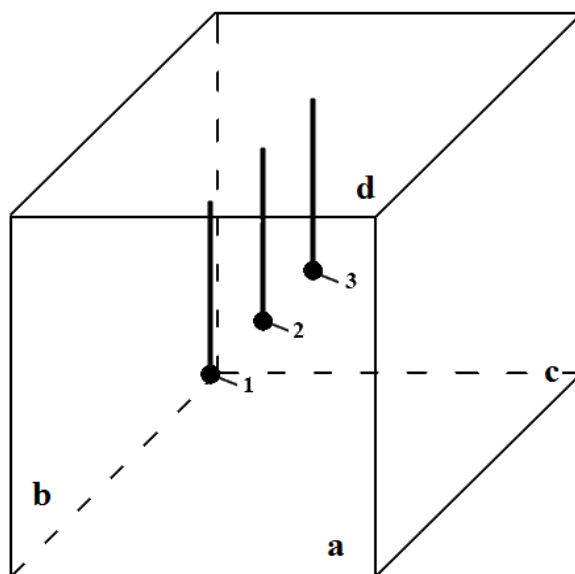
Методы исследования

Для определения фракционного состава наполнителя использовали ситовый анализ согласно ГОСТ 5954.2 [11].

Одними из основных показателей, по которым можно оценить качество ремонтных составов для проведения дорожных работ (заполнение швов, трещин, выбоин и т.д.) являются прочность при сжатии и изгибе. Данные показатели для образцов КМ определяли по ГОСТ 310.4 [12]. Также для образцов композиционного материала определяли плотность по ГОСТ 12730.1 [13], истираемость по ГОСТ 13087 [14] и влагопоглощение по ГОСТ 12730.3 [15].

Так как КМ предназначен для нанесения на дорожное покрытие, следовательно, он будет подвержен различным климатическим воздействиям. Поэтому были определены температурные изменения в объеме образца при различных температурных воздействиях. Для данных исследований были изготовлены модельные образцы (вес 220 г) в виде кубиков (50x50x50 мм), в которые вмонтированы датчики (см. схему на рисунке 3). Любое изменение температуры окружающей среды не приводит к мгновенному изменению температуры во всем объеме материала, поэтому в образец были вмонтированы три термодатчика. Расположение термодатчиков следующее: расстояние от боковой стенки «а» (рисунок 3) для термодатчика №1 – 2,5 мм, термодатчика №2

– 12,5 мм и термодатчика №3 – 25,0 мм. Расстояния от боковых стенок «b» и «с» и от верхней стенки «d» для всех термодатчиков одинаковое и составляло 25 мм.



**Рисунок 3. Схема расположения термодатчиков в модельном образце КМ:
1 – термодатчик №1; 2 – термодатчик №2; 3 – термодатчик №3**

Результаты и их обсуждение

При изготовлении высоконаполненных композиционных материалов большое значение имеет определение максимально возможной степени наполнения. В процессе выполнения работы были проведены исследования по разработке и оптимизации рецептуры КМ на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20 и карьерного песка в качестве наполнителя. Проведенные исследования показали, что оптимальное содержание наполнителя составляет 75 масс. %. При меньшем содержании наполнителя происходит расслоение заливочной смеси на фазы. При введении наполнителя более оптимального количества – полимерной массы не хватает, что бы связать весь наполнитель, в результате образующийся армирующий каркас получается рыхлым. Поэтому за основу приняли состав при массовом соотношении полимерная смесь/карьерный песок = 25/75.

Процесс получения заливочного КМ непосредственно на производственной площадке в процессе ремонта дорожного полотна условно можно разделить на три этапа:

- 1) смешивание эпоксидной смолы и отвердителя;
- 2) добавление к полимерной смеси наполнителя с последующим смешиванием;
- 3) нанесение полученной композиции на дорожное полотно.

В зависимости от сезонных условий, температуры исходных компонентов или иных факторов, этапы получения КМ могут варьироваться от нескольких

минут до нескольких часов. Для определения временных рамок каждого этапа на лабораторных образцах была изучена кинетика процесса отверждения полимерной смеси с наполнителем и без. Интенсивность этого процесса оценивали по максимальной температуре разогрева массы и по времени достижения этой температуры. Проведенные исследования показали, что в полимерной смеси без наполнителя процесс отверждения протекает активнее. Максимальный саморазогрев при отверждении для смеси без наполнителя достигается через 12 мин, при введении в смесь наполнителя в количестве 75 масс. % – через 35 мин (рисунок 4).

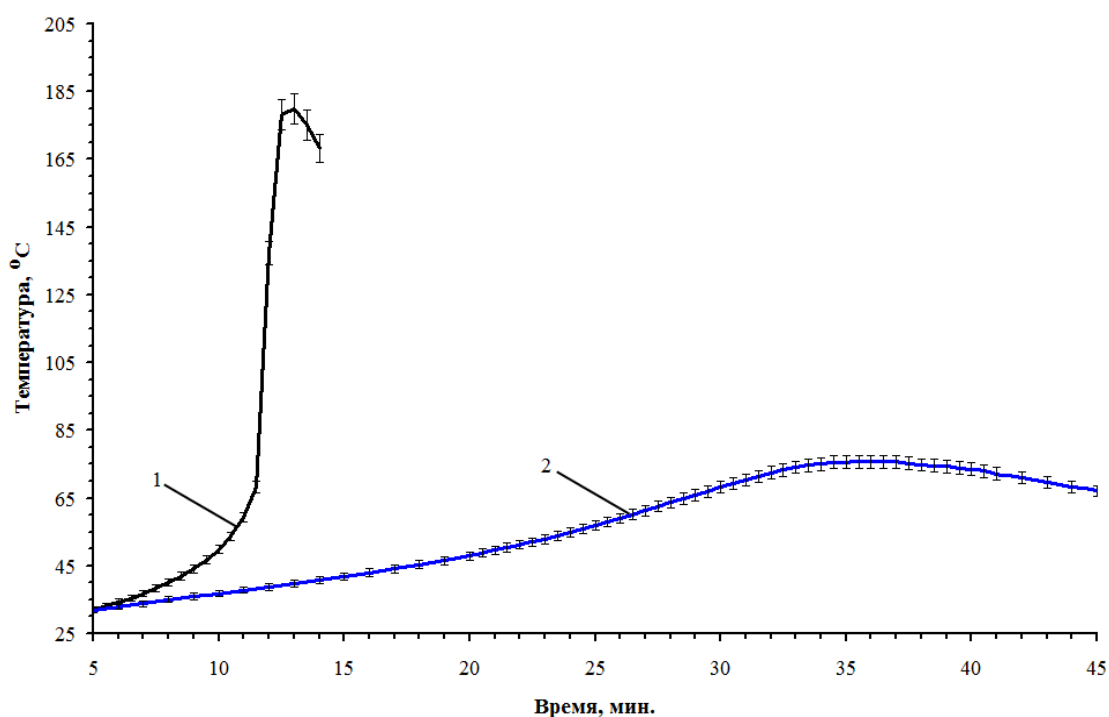


Рисунок 4. Кинетические кривые тепловыделения при отверждении эпоксидной полимерной смеси: 1 – без наполнителя; 2 – с наполнителем

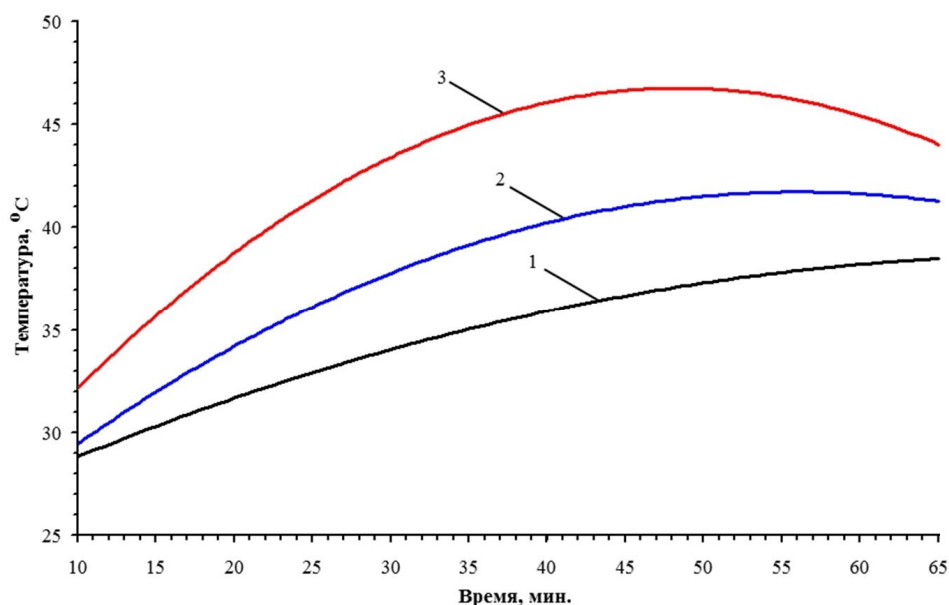
Кроме того, из рисунка 4, кривая 1 видно, что в течение первых 10 мин полимерная смесь без наполнителя разогревается плавно со скоростью 4 град./мин, а далее лавинообразно саморазогревается со скоростью 110 град./мин и уже через минуту ее температура достигает 180°C. При этом происходит деструкции полимерного материала.

Введение в такую смесь наполнителя в количестве 75 масс. % способствует плавному разогреву смеси (рисунок 4, кривая 2) со скоростью не превышающей 1 град./мин. При этом температура материала не поднимается выше 80 °C, поэтому не происходит термодеструкции смеси. Данный эффект связан с высокой теплоемкостью наполнителя, поэтому энергия, выделившаяся в результате

реакции, идет на его разогрев. Из рисунка 4, кривая 2 видно, что отверждение КМ происходит через 25-30 мин от начала первого этапа.

Таким образом, определено, что продолжительность первого этапа не должна превышать 10 мин, в противном случае произойдет закипание смеси. А время от смешивания эпоксидной смолы и отвердителя до нанесения на дорожное покрытие – 25-30 мин, в противном случае произойдет преждевременное отверждение смеси.

Так как КМ предназначен для нанесения на дорожное полотно, следовательно, он будет подвержен различным климатическим воздействиям. Поэтому были определены температурные изменения в объеме образца при различных температурных воздействиях. На рисунке 5 показано, как изменяется температура в процессе реакции эпоксидной смолы и отвердителя. Термодатчики располагались в образце согласно схеме, представленной на рисунке 3.



**Рисунок 5. Изменение температуры КМ при его отверждении:
1 – термодатчик №1; 2 – термодатчик №2; 3 – термодатчик №3**

Из рисунка 5 видно, что в ходе реакции разогрев модельного образца происходит внутри, а затем наблюдается увеличение температуры уже на периферии образца. При этом максимальная температура внутри образца составила 46,8 °C, а разница температуры между показаниями термодатчиков №1 и №3 – около 21%.

Применение композиционного материала предполагается для ремонта улично-дорожной сети, а зимой эксплуатация дорог в отдельных регионах России осуществляется при понижении температуры окружающей среды до минус 50 °C и ниже. Для определения интенсивности изменения температуры модельного образца в условиях суровых зим, его поместили в емкость, содержащий спирт,

температура которого составила минус 50 °С. Полученная термограмма приведена на рисунке 6.

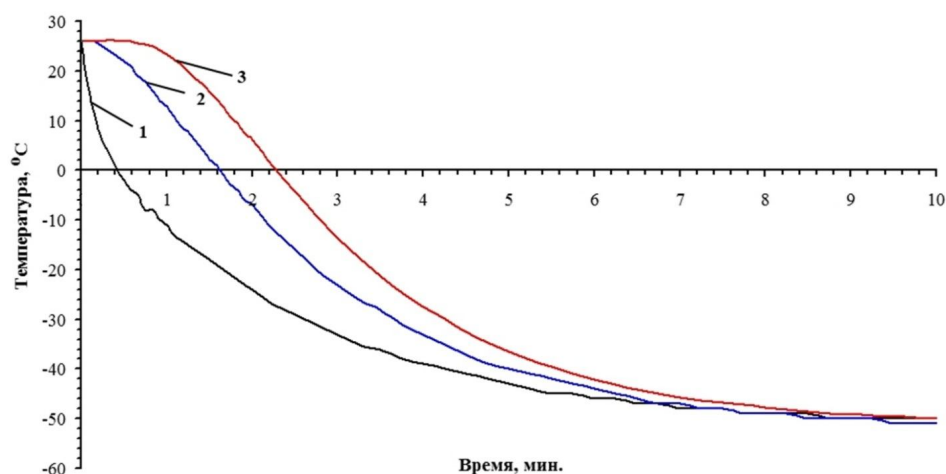


Рисунок 6. Охлаждение модельного образца КМ в спирте:
1 – термодатчик №1; 2 – термодатчик №2; 3 – термодатчик №3

Из рисунка 6 видно, что скорости охлаждения внутри образца ниже, чем в приповерхностном слое. Температура образца КМ уменьшается по экспоненте, и в первые минуты скорость охлаждения в приповерхностном слое достигает 80 град./мин. Разность температур в приповерхностном слое и внутри материала после первой минуты охлаждения составляет 33 °С. Выравнивание температуры во всем объеме модельного образца, наблюдается только на 7-8 мин охлаждения, а полная стабилизация – через 10 мин.

Применение другого типа охладителя, например, воздуха, приводит к совершенно другой динамике охлаждения материала (рисунок 7).

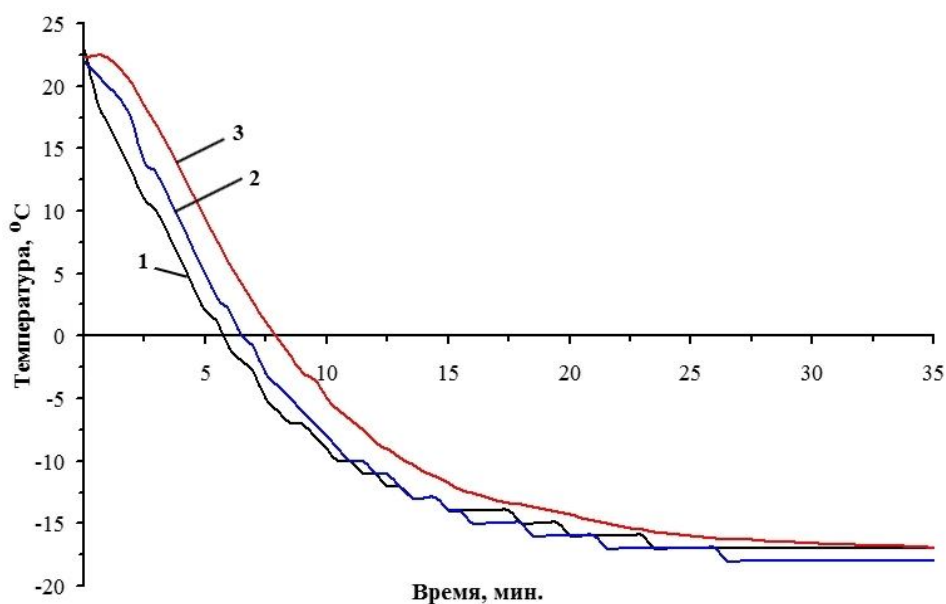


Рисунок 7. Охлаждение модельного образца КМ на воздухе:
1 – термодатчик №1; 2 – термодатчик №2; 3 – термодатчик №3

Из рисунка 7 видно, что охлаждение образца до заданной температуры (минус 18°С) занимает порядка 30 мин. Разность температур внутри и в приповерхностном слое КМ не превышает 7,5 °С в течение всего периода охлаждения. Скорость изменения температуры внутри образца варьировалась от 2,7 до 0,7 град./мин, а в приповерхностном слое – от 4,2 до 0,2 град./мин.

Определение температурных изменений в объеме образца при нагревании КМ от минус 50 °С до плюс 25 °С проводили на воздухе (рисунок 8). Разогрев образца происходит равномерно по всему объему со скоростью, не превышающей 4 град./мин, при этом максимальная разность температур внутри и в приповерхностном слое КМ достигает 9 °С.

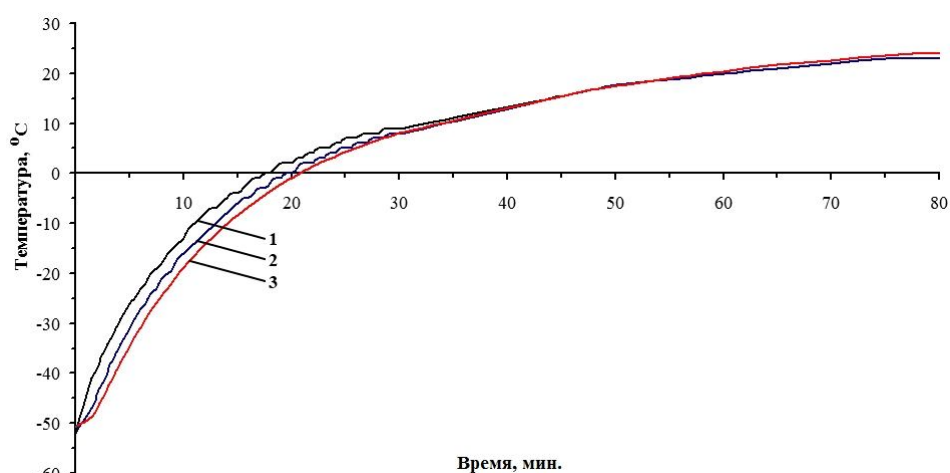


Рисунок 8. Нагревание модельного образца КМ на воздухе:
1 – термодатчик №1; 2 – термодатчик №2; 3 – термодатчик №3

Одним из основных воздействий на дорожное полотно является движение автомобилей, в результате чего происходит его разогрев и истирание. На рисунке 9 показано, что в процессе истирания модельного образца КМ, предварительно охлажденного до минус 15 °С, происходит его разогрев. Скорость разогрева в приповерхностном слое (рисунок 9, кривая 1) намного выше, чем внутри образца (рисунок 9, кривая 2 и кривая 3). Таким образом, после проведения полного цикла истирания (согласно ГОСТ 13087 [14]) приповерхностный слой КМ разогревается на 23 °С, а на глубине 25 мм образца температура поднимется всего лишь на 3 °С.

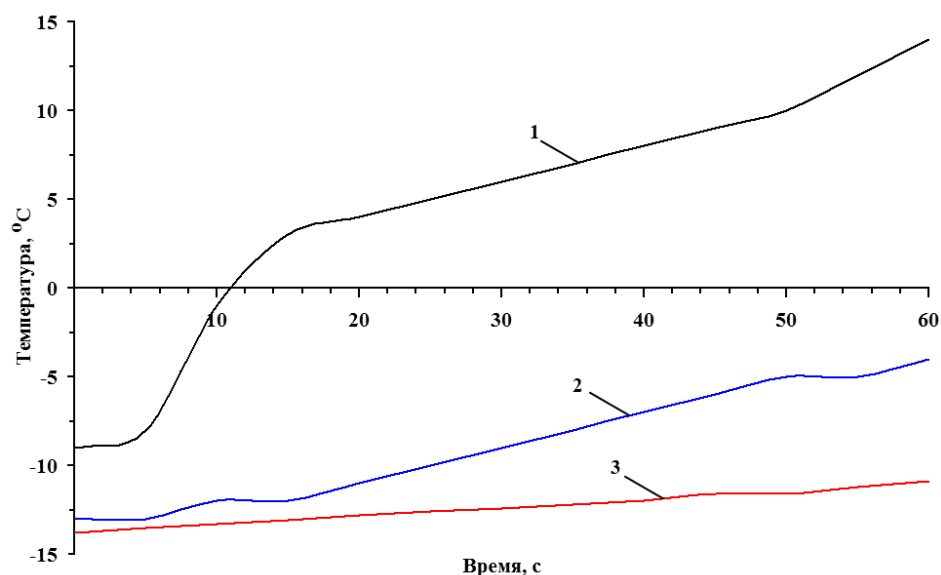


Рисунок 9. Нагревание модельного образца КМ при истирании: 1 – термодатчик №1; 2 – термодатчик №2; 3 – термодатчик №3

Исследования изменения температуры в объеме образца КМ при различных температурных воздействиях показали возможность применения разработанного материала в широком диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 80.

Основные показатели, по которым оценивается качество заливочных ремонтных составов для проведения дорожных работ, являются прочность при сжатии и изгибе, истираемость. В таблице 1 приведено сравнение эксплуатационных характеристик полученного в настоящей работе КМ и традиционных ремонтных составов для дорожного полотна.

Таблица 1. Физико-механические характеристики КМ и традиционных ремонтных составов

Название материала	Температура испытания, °С	Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа		Истираемость**, г/см ²
			изгиб	сжатие	
Асфальтобетон (марка Б)	200	2,50±0,10	не нормируется	≤2,5*	0,68±0,04
Цементобетон (марка М500, класс В40)	25	2,30±0,10	5,9±0,5	52,4±5,0	0,70±0,05
КМ	25	1,71±0,04	28,7±0,9	62,2±3,2	0,11±0,01

*Примечание: * ГОСТ 9128 [16], ** Длина пути истирания по ГОСТ 13087 [14] составляет 600 м.*

Из данных таблицы 1 видно, что прочность при сжатии полученного в настоящей работе КМ практически на 20% выше прочности цементобетона марки М500 класса В40. Значение истирания асфальтобетона и цементобетона

при нормальных условиях составляет $\sim 0,7 \text{ г/см}^2$, а КМ – $0,111 \text{ г/см}^2$, что в 6 раз меньше.

Для определения влагопоглощения образцы КМ были помещены на 28 суток в воду и насыщенный раствор NaCl. Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение массы КМ в зависимости от воздействия среды

<i>Среда</i>	<i>Изменение массы, %</i>
Вода	0,63
Насыщенный раствор NaCl	Нет изменений

Из данных таблицы 2 видно, что изменение массы КМ в результате воздействия воды менее 1%. Воздействие солевого раствора не приводит к изменению массы КМ. Следовательно, влагопоглощение подобного материала происходит в результате заполнения открытых пор на поверхности образца. Влагопоглощение стандартных ремонтных составов 4,7% [17].

Свойства некоторых ремонтных составов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Физико-механические характеристики ремонтных составов

<i>Характеристики</i>		<i>Название материала</i>				
		<i>КМ</i>	<i>АРБ-10Ф</i>	<i>Stabilcem</i>	<i>PM- 26C</i>	<i>Startbahn SB-45F</i>
<i>Время отверждения, ч</i>		0,5	1	до 7 ч	1-1,5	-
<i>Плотность, г/см³</i>		1,70	-	2,23	-	-
<i>Прочность при сжатии, МПа</i>	<i>через 1 сут.</i>	-	40	18	30	40
	<i>через 7 сут.</i>	62,2	-	42	60	-
	<i>через 28 сут.</i>		75	62		70
<i>Прочность при изгибе, МПа</i>	<i>через 1 сут.</i>	-	9	5	4	5,8
	<i>через 7 сут.</i>	28,7	-	7	7,5	-
	<i>через 28 сут.</i>		14	9	-	10,6
<i>Истираемость, г/см²</i>		0,111	-	-	-	-

Из данных таблиц 1 и 3 видно, что физико-механические характеристики полученного КМ не уступают, а некоторые и превосходят характеристики ремонтных составов, представленных на российском рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Скомпонована и оптимизирована рецептура композиционного материала на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20 и карьерного песка в качестве наполнителя, обеспечивающая необходимые эксплуатационные свойства композита для его дальнейшего применения в качестве заливочного состава при проведении дорожно-ремонтных работ.

2. Определены временные рамки каждого этапа получения заливочного композиционного материала: от момента смешивания эпоксидной смолы и отвердителя до введения наполнителя – 10 мин и от смешивания эпоксидной смолы и отвердителя до нанесения на дорожное покрытие – 25-30 мин. Выявлено, что несоблюдение данных временных рамок приведет к вскипанию или преждевременному отверждению композиционного материала.

3. Исследованы свойства полученного композиционного материала на основе эпоксидной смолы и карьерного песка в качестве наполнителя: плотность – 1,7 г/см³; прочность при изгибе – 28,7 МПа; прочность при сжатии – 62,2 МПа; истираемость – 0,11 г/см²; водопоглощение – менее 1%. Установлено, что физико-механические характеристики полученного КМ не уступают, а некоторые и превосходят характеристики ремонтных составов, представленных на российском рынке.

4. Исследования изменения температуры в объеме образца КМ при различных температурных воздействиях показали возможность применения разработанного материала в широком диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 80 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние дорожной сети и его влияние на работу автомобильного транспорта [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/4085121/page:5/#6> (дата обращения 20.04.2017).
2. Дорохин, С. Ямочный ремонт дороги. Традиционные и новые методы / С. Дорохин // Основные средства. – 2006. – № 5 – Электрон. дан. – URL: <https://os1.ru/article/6936-yamochniy-remont-dorogi-traditsionnye-i-novye-metody> (дата обращения 20.04.2017).
3. Меренцова, Г.С. Технические рекомендации «Основные способы ямочного ремонта на автомобильных дорогах Алтайского края» / Строганов Е.В., Хребто А.О. – Барнаул: АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2010. – 46 с.
4. Иванова, Л.И. Композиционные составы для локализации очагов разрушения дорожного покрытия: монография / Л.И. Иванова, В.А. Шевченко, В.П. Киселева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 132 с.
5. Приходько, А.П. Влияние типа модификатора и его количества на адгезионные свойства полимерных композиций для ремонта декоративных элементов зданий / А.П. Приходько, Е.С. Харченко // Наука и прогресс транспорта. Вестник днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – Днепропетровск: Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, 2011. – С. 117-120.
6. Воронков, А.Г. Эпоксидные полимеррастворы для ремонта и защиты строительных изделий и конструкций: учебное пособие / А.Г. Воронков, В.П. Ярцев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 92 с.
7. Патент 2293099. Российская Федерация. Компаунд [Текст] / опубл. 10.02.2007.
8. Ли, Х. Справочное руководство по эпоксидным смолам / Х. Ли, К. Невилл. – М.: Энергия, 1973. – 458 с.
9. ГОСТ 10587-84. Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 19 с.
10. ТУ 2494-640-11131395-2007. Отвердитель марки АФ-2 для эпоксидных смол. – Коряжма: 2007.
11. ГОСТ 5954.2 (ИСО 2325-86). Кокс. Ситовый анализ класса крупности менее 20мм. – М.: Комет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 8 с.
12. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
13. ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Методы определения плотности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 5 с.

14. ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 8 с.
15. ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Методы определения водопоглощения. – М.: Стандартиформ, 2007. – 4 с.
16. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 56 с.
17. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: 1985. – 54 с.