

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 699.82:624.2

ГРЕЧУХИН
Владимир Александрович

**ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА РЕМОНТНЫХ БЕТОНОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВКОЙ ИЗ ВТОРИЧНЫХ
ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Минск, 2016

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный руководитель

Ляхевич Генрих Деонисиевич,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Мосты и тоннели»
Белорусского национального техниче-
ского университета

Официальные оппоненты:

Блещик Николай Павлович,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник Научно-
исследовательского республиканского
унитарного предприятия по строитель-
ству (Институт «БелНИИС»);

Бочкарев Дмитрий Игоревич,
кандидат технических наук, доцент,
декан строительного факультета учре-
ждения образования «Белорусский гос-
ударственный университет транспорта»
(БелГУТ), г. Гомель

Оппонирующая организация

РУП «Белорусский дорожный научно-
исследовательский институт»
(БелДорНИИ)

Защита состоится «04» 03 2016 г. в 14.00 часов на заседании
совета по защите диссертаций Д 02.05.05 при «Белорусском национальном
техническом университете» по адресу: 220113, г. Минск, пр. Независимо-
сти, 65, ауд. 202, тел. ученого секретаря 8(017) 265-95-87. E-mail:
sawa1950@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского
национального технического университета.

Автореферат разослан «04» 02 2016 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
доктор технических наук,
доцент

П.И. Юхневский

© Гречухин В.А., 2016
© Белорусский национальный
технический университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Дорожная сеть Республики Беларусь включает в себя около 6500 мостов и путепроводов, более 100 тысяч водопропускных труб, множество других бетонных и железобетонных транспортных сооружений. Во время эксплуатации на них действуют агрессивные факторы окружающей среды, включая воздействие реагентов противогололедных материалов (в частности хлоридов натрия). При нарушении гидроизоляции конструкций этих сооружений агрессивные факторы «вызывают» коррозию бетона и арматуры, уменьшая рабочее сечение последней и несущую способность конструкций. Действие этих отрицательных факторов «усиливается» переменным замораживанием – оттаиванием, способствуя разрушению бетона, особенно в нижней части мостовых конструкций в зоне фильтрации и впитывания влаги в защитные слои бетона армированных несущих конструкций. Через 10–15 лет эксплуатации в таких условиях снижается грузоподъемность мостов и путепроводов. Без своевременного проведения ремонтно-восстановительных работ их безопасная эксплуатация становится невозможной.

Актуальность настоящего диссертационного исследования заключается в разработке технологии, составов и исследовании свойств ремонтных бетонов, отличающихся тем, что их эффективность существенно повышена за счет использования новой органоминеральной добавки отработанной глины, полученной из вторичных продуктов производства минеральных масел (т.е. отхода нефтеперерабатывающих производств). Её «запасы» представляют собой ценный исходный продукт, переработка и применение которого, по разработанной в диссертации технологии, позволяет решить задачу получения качественного, эффективного ремонтного бетона для восстановления (ремонта) бетонных и железобетонных мостовых конструкций и, одновременно способствовать полезному применению этого техногенного отхода.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Основные результаты диссертационной работы, получены при выполнении госбюджетных научно-исследовательских работ: ГБ НИР 01–216, БНТУ 2005 «Разработка и совершенствование конструктивных систем железобетонных мостов и подземных сооружений», срок выполнения 2001–2005 гг.; ГБ НИР 06–269, БНТУ 2010, «Совершенствование конструктивно-технологических решений транспортных сооружений», срок выполнения 2006–2010 гг.; ГБ 11–230, БНТУ 2011 «Конструктивно-технологические решения эксплуатируемых транспортных сооружений и совершенствование методов их расчета», срок выполнения 2011–2015 гг.; ГБ 14-123, БНТУ 2014 «Методы оценки работоспособности эксплуатируемых железобетонных плитных пролетных строений автодорожных мостов», срок выполнения 2014–2015 гг., № гос. регистрации 20141041 от 28.05.2014 г.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – разработка новых составов и технологии приготовления ремонтных бетонов, модифицированных органоминеральной добавкой отработанной глины из вторичных продуктов производства минеральных масел, для ремонта и восстановления защитного слоя железобетонных конструкций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- исследовать состав и свойства вторичных продуктов производства минеральных масел;
- научно обосновать и разработать технологию получения органоминеральной добавки отработанной глины из вторичных продуктов производства минеральных масел, исследовать ее свойства;
- разработать способ введения добавки отработанной глины в составы ремонтных бетонных смесей;
- исследовать физико-технические свойства ремонтных бетонов, модифицированных добавкой отработанной глины, экспериментально установить закономерности влияния её на кинетику роста прочности, водопоглощение, водонепроницаемость, морозостойкость ремонтного бетона, прочность сцепления ремонтного бетона с бетоном ремонтируемых конструкций и влияние на коррозионное состояние стальной арматуры;
- разработать нормативную документацию и осуществить производственную апробацию технологии приготовления и применения ремонтных бетонов, модифицированных добавкой отработанной глины.

Научная новизна состоит в том, что:

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения из вторичных продуктов производства минеральных масел добавки отработанной глины, предназначенной для составов ремонтных бетонов и обеспечивающей снижение на 10–15 % водопоглощения, повышение в 2,0–2,5 раза водонепроницаемости, в 1,5–2,1 раза морозостойкости, а также в 1,3–1,65 раза рост прочности сцепления слоёв ремонтного бетона с бетоном ремонтируемых конструкций, и одновременно обеспечено эффективное использование отходов производства минеральных масел.

2. Предложен новый двухступенчатый способ приготовления ремонтного бетона, обеспечивающий однородность ремонтной бетонной смеси и включающий на первой ступени приготовление гидрофобного концентрата – смеси цемента и добавки отработанной глины в соотношении: 1,0 / (0,75–1,0) по массе, получаемого путём их интенсивного смешивания, при котором высокомолекулярные соединения, содержащиеся в глине, адсорбционно связываются с поверхностью клинкерных минералов цемента, что обеспечивает на 2-й ступени – при приготовлении бетонной ремонтной смеси, равномерное распределение добавки в её объёме.

3. Разработаны составы ремонтного бетона, модифицированного пред-

ложенной добавкой отработанной глины, компоненты которой за счёт эффектов пептизации (деагрегации) цементных флоккул, гидрофобизации органической составляющей добавки стенок пор и капилляров цементного камня и кольматации их сечений её минеральной составляющей, обеспечивают улучшение указанных ранее качественных характеристик ремонтного бетона, что подтверждают результаты наблюдений за эксплуатацией восстановленных ими защитных слоёв железобетонных мостовых конструкций в течение почти 3-х лет и выявленное при этом отсутствие коррозии стальной арматуры отремонтированных железобетонных конструкций мостов и путепроводов.

Положения, выносимые на защиту

1. Экспериментальные данные исследований химического и вещественного состава и свойств, структурного строения, предлагаемой добавки отработанной глины, содержащей ~ 55 % неорганического компонента и ~ 45 % органической массы, включающей метанонафтоновые углеводороды (20,6–23,8 %), цикло-ароматические углеводороды (70,3–74,0 %) и смолы (5,4–5,9 %), а также способ её получения из вторичных продуктов производства минеральных масел, образующихся на нефтеперерабатывающих заводах.

2. Экспериментальное обоснование разработанной технологии приготовления ремонтных бетонных смесей, отличающейся двухступенчатым способом введения в их состав добавки отработанной глины, который обеспечивает равномерность распределения в бетоне, входящих в её состав органического и неорганического компонентов, что в результате способствует улучшению физико-технических характеристик за счёт получения на первой ступени однородного порошкообразного гидрофобного концентрата, который на второй ступени вводится в расчетном количестве вместе с другими компонентами в приготавливаемый бетон.

3. Экспериментально установленные зависимости влияния добавки отработанной глины на физико-технические свойства ремонтного бетона, введение которой в оптимальной дозировке 2,0–3,0 % от массы цемента обеспечивает снижение водопоглощения на 10–15 %, повышение водонепроницаемости в 2,0–2,5 раза, морозостойкости в 1,5–2,1 раза и прочности сцепления с ремонтируемой бетонной поверхностью в 1,3–1,65 раза, по сравнению с составами без добавки, а также устойчивое пассивное коррозионное состояние стальной арматуры, в отремонтированных разработанным ремонтным бетоном конструкциях.

4. Разработанные составы ремонтных бетонов, модифицированных добавкой отработанной глины, а также результаты их производственной апробации.

Личный вклад соискателя ученой степени

Основные положения, выносимые на защиту, результаты теоретических и экспериментальных исследований получены соискателем при консультации научного руководителя доктора технических наук, профессора Г.Д. Ляхевича.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (БНТУ, Минск, 2003; 2004; 2007; 2014; 2015 гг.); Республиканской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Архитектура, строительство, транспортные коммуникации, аграрно-технические и аграрно-инженерные науки» (Минск, 2003 г.); 6-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике». «Инновационные технологии в строительстве автомобильных дорог мостов и посвященной 50-летию начала подготовки инженерных кадров в Республике Беларусь» (Минск, 2008 г.); Международной научно-практической конференции посвященной 90-летию Белорусского национального технического университета «Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений» (Минск, 2010 г.); Международной научно-практической конференции «Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений» (Белгород, 2013); Международной научно-технической конференции «Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли» (Минск, 2013 г.).

Опубликование результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 28 печатных работ, включающих: 6 работ в изданиях по перечню ВАК (1,19 авторского листа), 1 в научном рецензируемом журнале, 2 в сборниках научных трудов, 8 статей и 4 тезиса в сборниках материалов конференций. Получено 5 патентов Республики Беларусь, разработаны технические условия и технологическая карта.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения и приложений, содержит 172 страницы, в том числе 119 машинописного текста, 46 рисунков, 42 таблицы, 8 приложений, список литературы из 204 наименований, из которых 28 – авторские работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность представленной работы.

В первой главе представлен аналитический обзор литературных источников по проблеме использования комплексных добавок для улучшения физико-технических характеристик бетона, в частности его способности противостоять воздействию на него внешних агрессивных факторов, проявляющихся при эксплуатации мостов и путепроводов.

Следует отметить, что климатические условия Республики Беларусь в зимний период характеризуются многочисленными природными циклами замора-

живания и оттаивания, влияющими на сохранность защитных слоев железобетонных конструкций мостов и путепроводов. При этом традиционные технические решения далеко не всегда дают положительный технический результат.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых: С.Н. Алексеева, Ю.М. Баженова, Б.Г. Батракова, Г.И. Горчакова, Л.И. Дворкина, Г. Добролюбова, Ф.М. Иванова, С.С. Каприелова, В.М. Москвина, Ф. Полака, В.Б. Ратинова, П.А. Ребиндера, Н.К. Розенталя, Т.И. Розинберг, Б.Г. Скрамтаева, В.И. Соловьева, В.И. Соломатова, М.И. Хигеровича и других авторов доказана возможность улучшения физико-технических характеристик бетона за счет применения комплексных органоминеральных добавок.

Особенностью ремонтных бетонов является то, что они одновременно должны обладать хорошим сцеплением с восстанавливаемым бетоном конструкции, иметь сопоставимую прочность и упругие свойства, а также обеспечивать надежную защиту арматуры от коррозии в течение всего срока эксплуатации мостов и путепроводов.

Анализ предлагаемых в настоящее время защитных составов и добавок в бетон показывает, что они не в полной мере обеспечивают требуемые качества современных ремонтных бетонов и по-прежнему актуально проведение исследований с целью разработки новых эффективных добавок и составов ремонтных бетонов для восстановления эксплуатационной надежности мостовых конструкций. Рассмотрев возможность применения для этих целей вторичных продуктов нефтеперерабатывающих производств, обладающих совокупностью требуемых свойств, был сделан вывод о целесообразности их использования для получения оригинальной органоминеральной добавки, включающей как органические, так и неорганические составляющие. В соответствии с изложенным, была сформулирована гипотеза о возможности и перспективности применения для этой цели вторичных продуктов производства минеральных масел нефтеперерабатывающих заводов Беларуси.

Вторая глава содержит сведения об объектах и методах их исследований.

Исследованы образцы вторичных продуктов производства минеральных масел с установки контактной очистки масел ПО «Нафтан» и с мест складирования в Полоцком регионе.

Микроскопические исследования цементного теста проводили с использованием комплекта телевизионного микроскопа «Телемик-1». Электронные микроснимки цементного камня получали в переменном вакууме, с использованием сканирующего электронного микроскопа Vega_{II}LMU.

Органоминеральную добавку отработанной глины (далее – добавка ОГ) получали из вторичных продуктов производства минеральных масел, корректируя состав (в случае необходимости) путем добавления экстракта селективной очистки масла до 45 % (в сумме с органической мас-

сой) от итоговой массы. Истинную плотность добавки ОГ определяли с использованием дизтоплива вместо воды.

Выход летучих веществ определяли путём нагревания навески ОГ без доступа воздуха при температуре 850 ± 25 °С в течение 7 мин и взвешивания остатка после охлаждения. Влагу определяли по методу Дина и Старка и пересчитывали на аналитическую пробу. Определение общей серы осуществляли путем прокаливания образцов со смесью, состоящей из одной части соды и двух частей окиси магния. Общее содержание углерода и водорода определяли сжиганием добавки ОГ в среде кислорода. Содержание органической серы в горючей массе ($S_{\text{орг}}$) определяли расчетным путем с использованием данных по содержанию серы, влаги и зольности в аналитической пробе добавки ОГ. Азот в добавке ОГ определяли методом Кьельдаля, его содержание пересчитывали на органическую массу (ОМ) и по разности определяли в ней кислород.

Кривые термографических и термогравиметрических исследований регистрировали на высокочувствительной термографической установке.

Определение удельной поверхности, наряду со статическими адсорбционными методами, производили с использованием динамического метода тепловой десорбции. В качестве адсорбата вместо азота применяли аргон, что повысило точность измерений.

Органическую массу (ОМ) выделяли в обогреваемой колонке, в которую загружали около 500 г отработанной глины и нагревали её до 45 ± 5 °С, а затем через дефлегматор вводили бензол, а снизу колонки в приёмник отводили десорбат. Групповой химический состав определяли с использованием стеклянной колонки с крупнопористым силикагелем марки КСК. Структуру углеводородов изучали методом ИК спектроскопии. Спектры снимали на универсальном спектрофотометре UR-20 в интервале частот $700\text{--}3600$ см⁻¹. Кислородосодержащие функциональные группы ОМ определяли по следующей методике: карбоксильные группы – путем потенциометрического титрования 0,05 н. раствором КОН, сложноэфирные группы – путем прибавления ОМ 0,1 н. спиртового раствора КОН, карбонильные группы – путем смешения ОМ с этанолом и водно-спиртовым раствором солянокислого гидроксилamina, гидроксильные группы – с использованием пиридина.

Порошкообразный гидрофобный концентрат (ПГК) получали путём совместного смешивания добавки ОГ и цемента в мешалке со скоростью вращения 500–1000 об/мин.

Нормальную густоту и время схватывания цементного теста, определяли в соответствии с требованиями СТБ ЕН 196–3–2000 часть 3. Виброобработку проводили на стандартной лабораторной виброплощадке с частотой колебаний $f=50,0$ Гц и амплитудой $A=0,5$ мм. Прочностные характеристики ремонтного бетона определяли по ГОСТ 10180 с использовани-

ем образцов кубов с размером ребра 100 мм. Водопоглощение W_m и водонепроницаемость W определяли по ГОСТ 12730 (последнюю по воздухопроницаемости с использованием прибора «Агама-3» на образцах диаметром и высотой 150 мм). Морозостойкость бетона F определяли по ГОСТ 10060 по первому методу в водной среде. Прочность сцепления R ремонтного бетона с бетоном конструкции определяли по СТБ 1464–2004.

Влияние добавки ОГ на коррозию стальной арматуры определяли по изменению массы предварительно обработанной калиброванием поверхности стержней из стали класса А240, диаметром 10 мм, а также из термомеханически упрочненной стали класса Ат500С, диаметром 25 мм, применяемых для железобетонных конструкций мостов и путепроводов.

Математическую обработку результатов проводили с использованием плана второго порядка трехфакторного и табличного процессора Microsoft office Excel.

В третьей главе представлены результаты исследований свойств вторичных продуктов производства минеральных масел, которые представляют собой высокодисперсный материал, содержащий углеводороды с короткими боковыми цепями, способствующими образованию пространственных структур. Это дает возможность прогнозировать их использование в качестве основы для получения новой добавки в состав ремонтного бетона, введение которой снизит водопоглощение, повысит морозостойкость, водонепроницаемость и прочность сцепления ремонтного бетона с ремонтируемой бетонной поверхностью.

Исследование на соответствии требованиям безопасности показало, что добавка ОГ относится к группе нетоксичных горючих трудновоспламеняемых материалов.

Для изучения возможности применения добавки ОГ в ремонтные бетонные смеси был проведен технический и элементный анализ (таблица 1).

Таблица 1. – Результаты технического и элементного анализа добавки ОГ

Наименование показателей		Показатели	
		образец 1	образец 2
Технический анализ, % по массе	Влажность	1,43	0,96
	Зольность	61,85	59,12
	Сера (общая)	0,34	0,37
	Летучие	42,45	43,70
Элементный анализ ОМ, % по массе	Углерод	87,48	87,36
	Водород	9,82	9,74
	Сера	0,74	0,82
	Азот	1,15	1,23
	Кислород	0,81	0,85
Атомное отношение Н/С		1,347	1,338

Бентонит сорбировал высокомолекулярные органические соединения, для которых характерно относительно низкое содержание водорода. Необходимо также отметить более высокую зольность образца 1 при более низких значениях содержания серы и летучих. Низкая влажность объясняется высокой гидрофобностью органоминеральной добавки ОГ.

Групповой химический состав ОМ представлен на рисунке 1. В нём преобладают полициклические соединения и углеводороды ароматического характера.

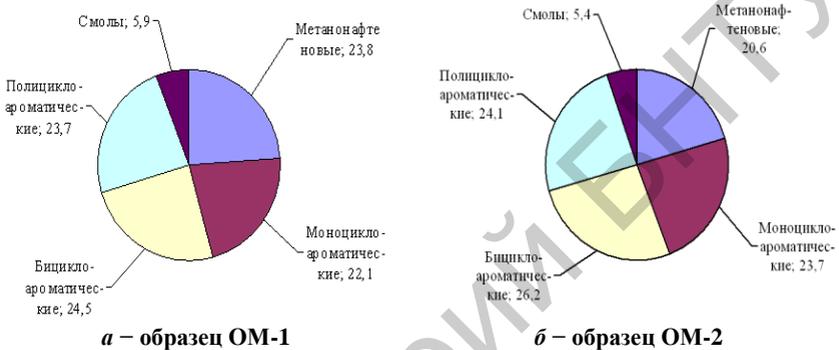


Рисунок 1. – Групповой химический состав органической массы

Методом оптической микроскопии установлено, что добавка ОГ характеризуется относительно равномерным распределением достаточно близких между собой по размерам частиц бентонита и органической массы.

Четвертая глава посвящена изучению влияния добавки ОГ на цементный камень и ремонтный бетон.

Для получения зависимостей, связывающих значение выходной переменной y_i – водопоглощение по массе W_m , %, с такими факторами, как x_1 – количество добавки ОГ, %; x_2 – количество цемента, кг; x_3 – водоцементное отношение В/Ц, проведен регрессивный анализ. В результате использования плана эксперимента второго порядка и обработки экспериментальных данных, получена регрессионная модель в виде полинома:

$$y_i = 4,11 - 0,57x_1 - 0,17x_2 + 0,45x_3 + 0,11x_1^2 + 0,11x_3^2 - 0,13x_1x_3. \quad (1)$$

Количество цемента x_2 имеет минимальное массовое значение, поэтому в кодированных переменных оно зафиксировано в нулевом отсчете. В результате подстановки $x_2=0$ в уравнение (1), построен график зависимости водопоглощения ремонтных бетонов от количества добавки ОГ и В/Ц (рисунок 2).

Минимальное значение водопоглощения, равное 3,4 %, наблюдается при введении 4,0 % добавки ОГ от массы цемента и В/Ц = 0,4. Органические компоненты создают гидрофобную «оболочку» на стенках пор и капилляров, а неорганические частично перекрывают их сечение. Водопо-

глощение аналогичных образцов, изготовленных без введения добавки ОГ, на 26 % выше и равно 4,3 %.

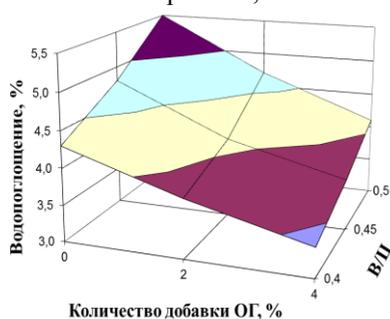


Рисунок 2. – Влияние добавки ОГ и В/Ц на водопоглощение

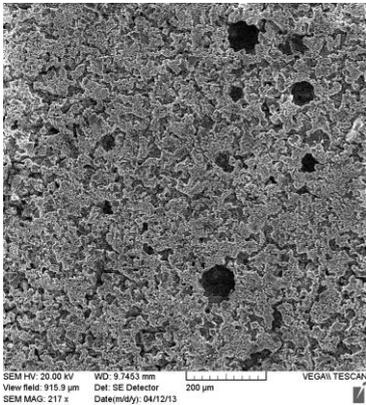
На второй ступени добавку ОГ (в составе концентрата) вводили в ремонтные бетонные смеси.

Влияние добавки ОГ на свойства цементного теста и цементного камня заключается в следующем. При введении добавки ОГ молекулы вещества её органической составляющей адсорбируются на цементных зернах, создавая гидрофобные «пленки». При затворении водой развивается процесс пептизации, в результате которого крупные агрегаты (флоккулы) диспергируются на мелкие. Вода через микротрещины в гидрофобных «пленках» смачивает цементные зерна, вызывая их «набухание» и дальнейшее раскрытие микротрещин. Благодаря снижению агрегации увеличивается количество цементных зерен, которые контактируя с водой, образуют дополнительное количество сольватированных частиц. Одновременно возрастает площадь поверхности вяжущего, вступающего в реакцию с водой. В коллоидной системе первоначально образуются в основном коагуляционные контакты, основанные на действии относительно слабых ван-дер-ваальсовых сил и имеющие прослойку дисперсионной фазы (жидкости) между контактирующими сольватированными частицами вяжущего, реагирующего с водой в это же время. Такие системы обладают тиксотропностью и способны самовосстанавливаться, они пластичны и в начальный период набора прочности в них возникают меньшие напряжения, что является важным обстоятельством для ремонтного материала. По мере снижения доли свободной воды в процессе реакции вяжущего с ней коагуляционные контакты постепенно преобразуются в кристаллизационные, и система теряет пластические свойства – упрочняется и твердеет.

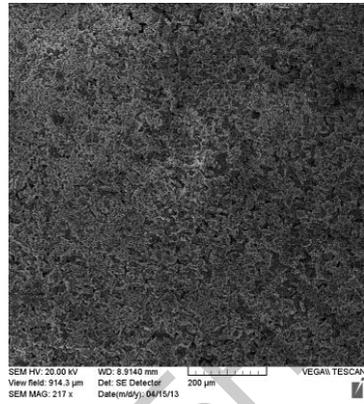
Методом электронной микроскопии (увеличение $\times 217$) получены снимки структуры затвердевшего цементного камня без добавки (рисунок 3, а) и с добавкой ОГ в количестве 4,0 % от массы цемента (рисунок 3, б). Очевидно, что структура цементного камня с добавкой ОГ равномерная, размеры пор не превышают 5 мкм (см. рисунок 3, б).

В ходе эксперимента установлено, что добавка ОГ плохо перемешивается с компонентами бетонной смеси. В связи с этим был разработан двухступенчатый способ ее введения в составы ремонтных бетонов [26].

На первой ступени, в условиях интенсивного перемешивания, получали порошкообразный гидрофобный концентрат в виде смеси цемента и добавки ОГ в соотношении 1,0 / (0,75 – 1,0) по массе.



а – образец без добавки



б – образец с 4,0 % добавки ОГ

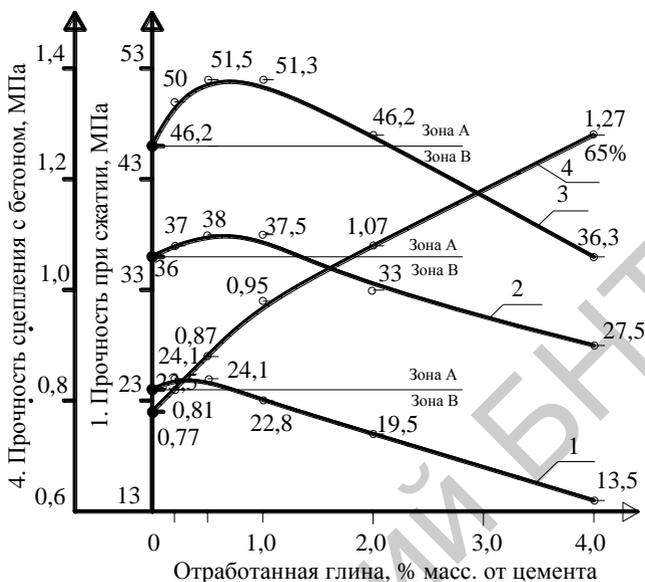
Рисунок 3. – Электронно-микроскопические снимки цементного камня (увеличение $\times 217$)

Высокодисперсные частицы гидрофобного бентонита, размером 1–2 мкм и менее, располагаются вокруг зерен цемента размером 20–30 мкм и более, частично заполняя поры и уменьшая их сечения (см. рисунок 3, б). В итоге бентонит снижает количество открытых сообщающихся пор, уплотняет структуру камня, а органическая составляющая добавки ОГ с размерами частиц 0,4–0,6 нм способна адсорбироваться на стенках пор и капилляров цементного камня и гидрофобизирует их.

Очевидно также, что структура цементного камня без добавки характеризуется большим количеством пор с диаметром 10–15 мкм (см. рисунок 3, а). Это можно объяснить меньшей степенью развития процесса пептизации цемента на начальной стадии формирования коагуляционной структуры цементного теста (геля).

Исследование влияния добавки ОГ на прочность цементного камня на сжатие в процессе твердения до 28 суток показало, что её оптимальное количество составляет 0,5–2,5 % от массы цемента. Благодаря уплотнению структуры цементного камня прочность к проектному возрасту находится в пределах 46,2–51,5 МПа (рисунок 4) и при дозировке добавки ОГ 0,5–1,5 % от массы цемента превышает на 10–15 % прочность образцов без добавки. Увеличение дозировки добавки ОГ более 2,0 % сверх рекомендуемого ограничения приводит к снижению прочности цементного камня относительно прочности образцов без добавки.

В начальный период твердения сказывается влияние гидрофобного органического вещества добавки ОГ, которое «тормозит» реакцию цемента с водой и сопровождается снижением темпа роста прочности цементного камня, который восстанавливается к 14–м суткам твердения.



1, 2, 3 – прочность образцов на 2-, 14- и 28-е сутки, МПа;

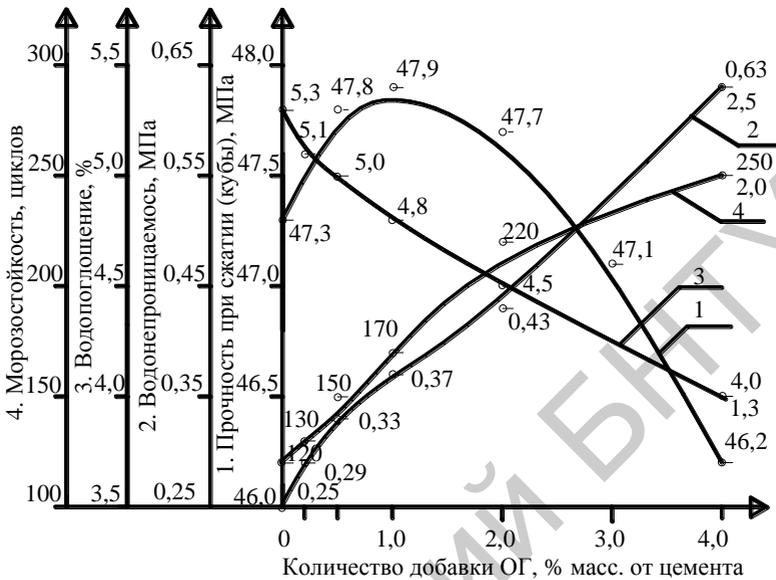
4 – прочность сцепления цементного камня, МПа

Рисунок 4. – Влияние добавки ОГ на свойства цементного камня $K_{\text{нр}} = 0,25$

Одновременно при увеличении дозировки добавки ОГ, наблюдается рост прочности сил сцепления ремонтного бетона с бетоном конструкции с 0,77 МПа до 1,27 МПа или на 65 % (см. рисунок 4). Это, очевидно, связано (несмотря на снижение темпа набора прочности на сжатие) с формированием большего количества «связей» в зоне контакта слоёв свежего и старого бетона под влиянием добавки ОГ.

В этом случае на начальном этапе образуется большее количество коагуляционных контактов. За счет пептизации цемента и взаимодействия слоёв старого и ремонтного бетона в зоне взаимодействия формируется структура с меньшим количеством дефектов, и по этому критерию может быть увеличено количество добавки ОГ с учётом очень важного для ремонтных составов эффекта положительного влияния на прочность сцепления старого и свежего бетона.

Влияние добавки ОГ, вводимой в количестве 0,2–4,0 % от массы цемента, на физико-технические свойства ремонтного бетона отражено графическими зависимостями рисунка 5. С целью последующего практического применения состав ремонтного бетона был подобран соответственно составу, применяемому ОАО «Мостострой» для ремонта искусственных сооружений (твердение в нормальных условиях при $t = 20^\circ\text{C}$ в течение 28 суток).



1 – прочность при сжатии (кубы); 2 – водонепроницаемость; 3 – водопоглощение; 4 – морозостойкость; Ц:П:Щ / 410:680:1150/ В/Ц=0,45
Рисунок 5. – Влияние добавки ОГ на свойства ремонтных бетонов

Установлено, что наиболее эффективное сочетание эксплуатационных характеристик ремонтного бетона достигается при дозировке добавки ОГ – 2,5 %. В этом случае прочность на сжатие не ниже прочности состава без добавки, водопоглощение в 1,14 раза ниже, а водонепроницаемость в 1,9 раза и морозостойкость в 1,9 раза выше. Эти эффекты обеспечиваются тем, что органическая составляющая добавки придаёт бетону водоотталкивающие свойства, а бентонитовая составляющая кольматирует открытые капиллярные поры, препятствуя проникновению влаги. Определённое (отмеченное ранее) положительное действие оказывает замедление темпа набора прочности на начальном этапе, что снижает уровень напряжений в зоне формирующегося контакта и минимизирует образование усадочных трещин.

На основании экспериментальных исследований параметров: водопоглощения, водонепроницаемости, морозостойкости и прочностных показателей на сжатие, растяжение и прочность сцепления слоёв ремонтного бетона с бетоном конструкции, для проведения работ по ремонту мостов и путепроводов рекомендованы варианты составов ремонтного бетона с добавкой ОГ в количестве 2,0–3,0 % от массы цемента. В данных составах рационально сочетаются эффекты повышения водонепроницаемости, морозостойкости и снижения водопоглощения при обеспечении требуемого уровня прочности бетона.

Исследование влияния ремонтного бетона, модифицированного добавкой ОГ, на коррозию стальной арматуры проводили на предварительно обработанной калиброванием поверхности стержней из стали класса А240, диаметром 10 мм, а также из термомеханически упрочненной стали класса Ат500С, диаметром 25 мм, применяемых для железобетонных конструкций мостов и путепроводов.

Экспериментально установлено, что добавка ОГ замедляет развитие процесса коррозии арматуры, особенно при ее введении в количестве 2,0–4,0 % от массы цемента. Так, при данном количестве добавки, через 4 недели с начала эксперимента масса арматурных стержней практически не изменилась. В то же время в среде без добавки арматурные стержни потеряли до 3 г/м². При увеличении срока эксперимента до 52 недель, потеря массы арматурных стержней составила 5–7 г/м² и до 40 г/м² соответственно для среды с добавкой в количестве 2,0–4,0 % от массы цемента и без добавки. Это связано с ростом плотности и непроницаемости структуры бетона за счёт гидрофобизации поверхность пор и их коагуляции добавкой, что снижает диффузию и интенсивность воздействия агрессивных реагентов на арматуру.

В пятой главе отражены результаты производственной апробации составов и технологии ведения работ с использованием ремонтных бетонов (Ц/П/В = 500/1500/200) с добавкой ОГ (2,0 %) при ремонте эксплуатируемых железобетонных конструкций мостов и путепроводов. Для нормативного обеспечения этих работ автором созданы технические условия: ТУ ВУ 100354447/082–2011 «Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов» и технологическая карта: ТК ВУ 100354447/092–2015 «Ремонт и восстановление защитного слоя железобетонных конструкций ремонтным бетоном, модифицированным вторичными продуктами производства минеральных масел».

Результаты исследований, в виде разработанных составов и технологии ведения работ, применены ОАО «Мостострой» для восстановления защитного слоя на отдельных участках бетонных опор при реконструкции моста через р. Свислочь автомобильной дороги «Минск – Гомель». Приготовление ремонтного бетона (с использованием заранее подготовленного концентрата добавки – ПГК) осуществляли непосредственно на строительной площадке, дозируя ПГК в бетоносмеситель вместе с остальными компонентами. Нанесение ремонтного бетона производили оштукатуриванием ремонтируемых участков слоем 3–5 см (рисунок 6, а). Наблюдение за отремонтированными участками конструкций через 90 суток показало отсутствие усадочных трещин (рисунок 6, б), а после окрашивания поверхности железобетонных конструкций (рисунок 6, в) целостность отремонтированных участков в течение периода наблюдения (почти трёх лет) определяли по состоянию (целостности) окрашенной поверхности опор.



а – свежеложенный защитный слой *б* – защитный слой через 90 суток *в* – защитный слой через 14 и 27 месяцев

Рисунок 6. – Защитный слой опоры моста

Разработанный ремонтный состав наносили на восстанавливаемую (ремонтируемую) поверхность методом торкретирования. Например, при восстановлении защитного слоя отдельных участков балок руслового пролета, моста через реку Свислочь автомобильной дороги М–5/Е271 Минск–Гомель, добавку ОГ вводили в смесь на строительной площадке и подавали к месту использования с помощью установки для торкретирования (рисунок 7).



а – введение добавки *б* – нанесение ремонтного бетона *в* – установка для приготовления смеси

Рисунок 7. – Восстановление защитного слоя методом торкретирования

Кроме приведённых примеров производственной апробации ремонтные бетоны с добавкой ОГ рекомендованы для восстановления защитного слоя стоек опор пешеходного путепровода на станции Барановичи-Центральные в г. Барановичи. Проект и реализация этой реконструкции разрабатывался и осуществлялся по договору между БНТУ и ПИРУП «Белжелдорпроект».

Итоговую схему получения добавки ОГ, её двухступенчатого ввода в составы ремонтных бетонов и их применения для восстановления (ремонта) бетонных и железобетонных конструкций мостов и путепроводов в общем виде можно представить в виде рисунка 8.



Рисунок 8. – Схема получения и применения ремонтных бетонов

Применение разработанных ремонтных бетонов с добавкой ОГ для восстановления защитного слоя железобетонных конструкций мостов и путепроводов позволило значительно снизить стоимость проведения ремонтных работ, что подтверждено соответствующими актами и справками, приведёнными в диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения новой добавки в ремонтные цементные бетоны, а также разработан способ её получения из вторичных продуктов производства минеральных масел, отличающийся установленным содержанием бентонита в количестве ~ 55 % от её массы, а также наличием высокомолекулярных органических соединений, включающих метанонафтоновые углеводороды (20,6–23,8 %), циклоароматические углеводороды (70,3–74,0 %) и смолы (5,4–5,9 %), которые равномерно распределены в бентоните и гидрофобизируют его, что в итоге обеспечивает снижение на 10–15 % водопоглощения ремонтного бетона, повышение в 2,0–2,5 раза его водонепроницаемости, в 1,5–2,1 раза морозостойкости, а также в 1,3–1,65 раза повышает прочность сцепления ремонтного бетона с бетоном ремонтируемых конструкций. Одновременно это позволяет эффективно использовать отход производства нефтеперерабатывающих предприятий Беларуси [1–7, 17, 19, 21].

2. Разработан новый двухступенчатый способ приготовления высококачественной ремонтной бетонной смеси, включающий на первой ступени приготовление гидрофобного концентрата – смеси цемента с откорректированной

добавкой отработанной глины в соотношении: 1,0 / (0,75 – 1,0) по массе, получаемого путём интенсивного их смешивания, при котором высокомолекулярные органические соединения, содержащиеся в глине, адсорбционно связываются с поверхностью клинкерных минералов цемента, что обеспечивает на 2-й ступени – при приготовлении бетонной ремонтной смеси, равномерное распределение в её объёме добавки отработанной глины [6, 26].

3. Экспериментально обосновано, что клинкерные минералы цемента: $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ при контакте с высокомолекулярными органическими соединениями адсорбируют их, обеспечивая равномерное распределение органоминеральной добавки в приготавливаемом на первой стадии порошкообразном гидрофобном концентрате, что, в свою очередь, обеспечивает однородность приготавливаемой на 2-й ступени бетонной смеси и качество ремонтного бетона. При этом добавка ОГ в водной среде способствует диспергации агрегатов из цементных зерен (цементных флоккул), что сопровождается образованием дополнительных коагуляционных контактов, придающих цементной системе повышенные тиксотропные свойства и в дальнейшем обеспечивающих рост числа кристаллизационных контактов, а в итоге рост прочности сцепления слоёв ремонтного и восстанавливаемого бетона в 1,3 и более раза [3–6, 8–18, 20–26].

4. Экспериментально обоснованы составы ремонтного бетона, модифицированного добавкой отработанной глины, и определены его физико-технические характеристики и свойства. Эффективность его применения подтверждается результатами эксплуатации восстановленных этими составами защитных слоёв и отсутствием коррозии стальной арматуры железобетонных мостовых конструкций, за которыми ведётся наблюдение в течение почти трёх лет после их восстановления разработанными ремонтными бетонами [3–6, 8–18, 20–26].

5. Результаты производственной апробации разработанных составов ремонтного бетона, модифицированного добавкой отработанной глины, подтвердившие эффективность разработки [6].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать:

- при изучении состава и свойств иных вторичных продуктов производства минеральных масел с целью получения из них аналогичной добавки в составы ремонтных бетонных смесей, что позволит расширить область использования соответствующих техногенных отходов;
- при разработке соответствующих нормативных документов на бетоны, предназначенные для ремонтно-восстановительных работ защитного слоя железобетонных конструкций мостов, путепроводов и других инженерных сооружений;

– при практическом применении разработанной технологии введения добавки отработанной глины в составы ремонтных бетонных смесей и применения ремонтных бетонов, модифицированных этой добавкой, для ремонта эксплуатируемых конструкций;

– для разработки импортозамещающих ремонтных составов с целью снижения себестоимости проведения ремонтно-восстановительных работ.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Ляхевич, Г. Д. Проблемы долговечности мостовых конструкций и пути ее повышения. / Г. Д. Ляхевич, А. Л. Максименко, В. Г. Пастушков, В. А. Гречухин // Вест. Белорус. нац. технич. ун-та. – 2004. – № 4. – С. 5–8.

2. Ляхевич, Г. Д. Об использовании отработанной глины масляного производства. / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин, А. Г. Ляхевич // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 6. – С. 33–35.

3. Гречухин, В. А. Предпосылки к использованию глинистых минералов и органических веществ в качестве добавок в бетонные смеси. / В. А. Гречухин, Г. Д. Ляхевич // Строительная наука и техника. – 2010. – № 3 (30). – С. 48–51.

4. Гречухин, В. А. Влияние отработанной глины на свойства цемента / В. А. Гречухин // Автомобильные дороги и мосты. – 2012. – № 9. – С. 75–79.

5. Гречухин, В. А. Улучшение свойств бетона на основе применения новой добавки / В. А. Гречухин // Наука и техника. – 2012. – № 5. – С. 47–51.

6. Гречухин, В. А. Ремонтные бетоны с добавкой из вторичных продуктов производства минеральных масел / В. А. Гречухин // Вестник Полоцкого госуниверситета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2015. – № 1. – С. 120–126.

7. Ляхевич, Г. Д. Исследование отработанной глины от производства минеральных масел. / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин, А. Г. Ляхевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2003. – № 2. – С. 91–94.

Статьи в сборниках трудов и докладов конференций

8. Гречухин, В. А. Восстановление защитного слоя бетонных конструкций цементно-песчаным составом с добавкой / В. А. Гречухин // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений : сборник докладов Междунар. науч.-практич. конф. Часть 1, Белгород, 8–10 октября 2013 г. / Белгородский гос.-техн. ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2013. – С. 125–132.

9. Гречухин, В. А. Гидрофобизация цемента комплексной высокодисперсной добавкой / В. А. Гречухин // Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли : сборник трудов Междунар.

науч.-технич. конф., Минск, 30–31 мая 2013 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2013. – С. 73–77.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

10. Гречухин, В. А. Пути снижения проницаемости бетонных конструкций / В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 2-й Международной научно-технической конференции, Минск, 24–28 мая 2004 г. : в 2 т. / Белорус. нац. технич. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 383–387.

11. Ляхевич, Г. Д. Создание бетона повышенной водонепроницаемости с использованием модифицированных глинистых минералов / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 5-й Международной научно-технической конференции, Минск, 2007 г. : в 2 т. / Белорус. нац. технич. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 515–517.

12. Ляхевич, Г. Д. Свойства бетона с добавкой отработанной глины масляного производства / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике. Инновационные технологии в строительстве автомобильных дорог мостов и посвященной 50-летию начала подготовки инженерных кадров в Республике Беларусь : материалы 6-й Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 17–18 декабря 2008 г. / Белорус. нац. технич. ун-т ; редкол.: И.И. Леонович [и др.]. – Минск, 2008. – С. 308–315.

13. Гречухин, В. А. Гидрофобный цемент и способ его получения / В. А. Гречухин // Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений : Междунар. науч.-практич. конф. посвящ. 90-летию Белорус. нац. техн. ун-та, Минск, 21–22 октября 2010 г. : в 2 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: И.И. Леонович [и др.]. – Минск, 2010. – Ч. 1. – С. 252–257.

14. Гречухин, В. А. Гидрофобные бетоны для ремонта мостов и путепроводов / В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 2014 г. : в 4 т. / Белорус. нац. технич. ун-т. – Минск, 2014. – Т. 3. – С. 184.

15. Гречухин, В. А. Цементно-песчаные ремонтные составы с отработанной глиной / В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 2014 г. : в 4 т. / Белорус. нац. технич. ун-т. – Минск, 2014. – Т. 3. – С. 185–186.

16. Гречухин, В. А. Структура цементного камня с добавкой из вторичных продуктов производства минеральных масел / В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 2015 г. : в 4 т. / Белорус. нац. технич. ун-т. – Минск, 2015. – Т. 3. – С. 141–142.

17. Гречухин, В. А. Упрощенная модель капиллярно-пористой системы цементного камня с добавкой отработанной глины масляного производства / В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 2015 г. : в 4 т. / Белорус. нац. технич. ун-т. – Минск, 2015. – Т. 3. – С. 142–144.

Тезисы докладов на научных конференциях

18. Ляхевич, Г. Д. Проблемы эксплуатации мостовых конструкций в неблагоприятных экологических условиях / Г. Д. Ляхевич, А. Л. Максименко, В. Г. Пастушков, В. А. Гречухин. // Наука – образованию, производству, экономике : рефераты докладов Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 4–7 февраля 2003 г. : в 2 т. / Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2003. – Т. 2. – С. 19.

19. Ляхевич, Г. Д. Теоретическое обоснование выбора гидроизоляции для мостов, подверженных вибрационному воздействию / Г. Д. Ляхевич, А. Л. Максименко, В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике : рефераты докладов Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 4–7 февраля 2003 г. : в 2 т. / Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2003. – Т. 2. – С. 19.

20. Ляхевич, Г. Д. Теоретические аспекты влияния глинистых минералов на бетонные и железобетонные строительные конструкции / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин // Архитектура, строительство, транспортные коммуникации, аграрно-технические и аграрно-инженерные науки : тезисы докладов Республ. науч.-технич. конф. студентов и аспирантов, Минск, 9–10 декабря 2003 г. : в 7 ч. / Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 4 – С. 138–139.

21. Ляхевич, Г. Д. Физико-механические свойства глинистых минералов / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин // Архитектура, строительство, транспортные коммуникации, аграрно-технические и аграрно-инженерные науки : тезисы докладов Республ. науч.-технич. конф. студентов и аспирантов, Минск, 9–10 декабря 2003 г. : в 7 ч. / Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 4 – С. 139–140.

Патенты

22. Бетонная смесь : пат. 10914 Респ. Беларусь, МПК7 С 04 В 22/00 , С 04 В 24/00 / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин ; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20041259 ; заявл. 30.12.2004 ; опубл. 30.06.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 4 (63). – С. 88.

23. Способ приготовления бетонной смеси : пат. 11645 Респ. Беларусь, МПК7 С 04 В 40/00 , С 04 В 28/00 / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин ; заявитель Белорусский национальный технический университет. –

№ а 20060639 ; заявл. 27.06.2006 ; опубл. 28.02.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 1 (66). – С. 80.

24. Бетонная смесь : пат. 12454 Респ. Беларусь, МПК7 С 04 В 28/00 / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин ; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20080858 ; заявл. 27.06.2008 ; опубл. 30.10.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5 (70). – С. 75.

25. Строительная композиция : пат. 12463, МПК7 С 04 В 24/00 / Г. Д. Ляхевич, В. А. Гречухин ; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20080856 ; заявл. 27.06.2008 ; опубл. 30.10.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5 (70). – С. 74.

26. Способ приготовления бетонной смеси : пат. 18440, МПК7 С 04 В 28/02 / В. А. Гречухин ; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20120627 ; заявл. 17.04.2012 ; опубл. 09.04.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 6. – С. 22.

Технические условия

27. Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов : Технические условия ТУ ВУ 100354447.082-2011. – Введ. 01.06.2011. – Минск : Белорус. нац. технич. университет, 2011. – 9 с.

Технологическая карта

28. Ремонт и восстановление защитного слоя железобетонных конструкций ремонтным бетоном, модифицированным вторичными продуктами производства минеральных масел : Технологическая карта ТК ВУ 100354447/092-2015. – Введ. 22.09.2015. – Минск : Белорус. нац. технич. университет, 2015. – 37 с.

РЭЗІЮМЭ

Грэчухін Уладзімір Аляксандравіч

Тэхналогія і ўласцівасці рамонтных бетонаў, мадыфікаваных дабаўкай з другасных прадуктаў вытворчасці мінеральных масел

Ключавыя словы: рамонтныя бетоны, бетонныя сумесі, дабаўкі, пептызацыя, дыспергацыя, гідрафабізацыя, структура, тыксатрапія, фізіка-тэхнічныя ўласцівасці, нарматыўная дакументацыя.

Мэта працы: распрацоўка новых саставаў і тэхналогіі вырабу рамонтных бетонаў, мадыфікаваных дабаўкай адпрацаванай гліны з другасных прадуктаў вытворчасці мінеральных масел, для рамонту і аднаўлення ахоўнага пласта жалезабетонных канструкцый.

У выніку тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў пацверджана магчымасць атрымання новай арганамінеральнай дабаўкі ў рамонтныя цэментавыя бетоны, а таксама распрацаваны спосаб яе атрымання з адходаў нафтаперапрацоўчай вытворчасці - другасных прадуктаў вытворчасці мінеральных масел, што ў выніку забяспечвае зніжэнне водапаглынання рамонтнага бетону на 10-15 %, павышэнне яго воданепранікальнасці ў 2,0-2,5 разы, марозаўстойлівасці ў 1,5-2,1 разы, а таксама павышае трываласць счэплення рамонтнага бетону з бетонам канструкцый, якія рамантуюцца, у 1,3-1,65 разу і зніжае сабекошт работ.

Прапанаваны новы двухступеньчаты спосаб падрыхтоўкі аднароднай, высака якаснай рамонтнай бетоннай сумесі, уключае на 1-й ступені прыгатаванне гідрафобнага канцэнтрату - сумесі цэменту з адкарэктаванай дабаўкай адпрацаванай гліны, што дазваляе на 2-й ступені падрыхтоўкі бетоннай рамонтнай сумесі раўнамерна размеркаваць яе, забяспечваючы высокую якасць бетону.

Даследаваны фізіка-тэхнічныя ўласцівасці рамонтных бетонаў, якія забяспечваюць якаснае аднаўленне ахоўных слаёў жалезабетонных канструкцый, і тэхналогія правядзення работ.

Выканана вытворчая апрацацыя вынікаў дысертацыйнага даследавання пры рамонце эксплуатаваных жалезабетонных канструкцый, якая пацвердзіла іх эфектыўнасць. Распрацаваны тэхнічныя ўмовы ТУ ВУ 100354447/082-2011 «Дабаўка гідрафабізальна-кальматыравальная для бетонных сумесяў і будаўнічых раствораў» і тэхналагічная карта ТК ВУ 100354447/092-2015 «Рамонт і аднаўленне ахоўнага пласта жалезабетонных канструкцый рамонтным бетонам, мадыфікаваным другаснымі прадуктамі вытворчасці мінеральных масел».

РЕЗЮМЕ

Гречухин Владимир Александрович

Технология и свойства ремонтных бетонов, модифицированных добавкой из вторичных продуктов производства минеральных масел

Ключевые слова: ремонтные бетоны, бетонные смеси, добавки, пептизация, диспергация, гидрофобизация, структура, тиксотропия, физико-технические свойства, нормативная документация.

Цель работы: разработка новых составов и технологии приготовления ремонтных бетонов, модифицированных добавкой отработанной глины из вторичных продуктов производства минеральных масел, для ремонта и восстановления защитного слоя железобетонных конструкций.

В результате теоретических и экспериментальных исследований подтверждена возможность получения новой органоминеральной добавки в ремонтные цементные бетоны, а также разработан способ её получения из отходов нефтеперерабатывающего производства – вторичных продуктов производства минеральных масел, что в итоге обеспечивает снижение водопоглощения ремонтного бетона на 10–15 %, повышение его водонепроницаемости в 2,0–2,5 раза, морозостойкости в 1,5–2,1 раза, а так же повышает прочность сцепления ремонтного бетона с бетоном ремонтируемых конструкций в 1,3–1,65 раза и снижает себестоимость работ.

Предложенный новый двухступенчатый способ приготовления однородной, высококачественной ремонтной бетонной смеси, включает на 1–й ступени приготовление гидрофобного концентрата – смеси цемента с откорректированной добавкой отработанной глины, что позволяет на 2–й ступени приготовления бетонной ремонтной смеси равномерно распределить её, обеспечивая высокое качество бетона.

Исследованы физико-технические свойства ремонтных бетонов, обеспечивающие качественное восстановление защитных слоёв железобетонных конструкций, и технология проведения работ.

Выполнена производственная апробация результатов диссертационного исследования при ремонте эксплуатируемых железобетонных конструкций, подтвердившая их эффективность. Разработаны технические условия ТУ ВУ 100354447/082-2011 «Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов» и технологическая карта ТК ВУ 100354447/092-2015 «Ремонт и восстановление защитного слоя железобетонных конструкций ремонтным бетоном, модифицированным вторичными продуктами производства минеральных масел».

SUMMARY
Hrechukhin Uladzimir Aleksandravich
Technology and properties of repair concretes modified
by admixtures of mineral oils by-products

Keywords: repair concretes, concrete mixtures, admixtures, peptization, dispergation, hydrophobization, structure, thixotropy, physics and technology properties, regulating documentation.

Subject of research: development of new compositions and technology of repair concretes preparation, modified by admixture of waste clay from by-products of mineral oils production, for repair and recovery of protective layer of reinforced concrete constructions.

As a result of theoretical and experimental researches the possibility to receive new organomineral admixture for repair cement concretes is proved and the method of receiving it from refinery wastes - by-products of mineral oils production is also worked out. As a result it provides the decline of water absorption of repair concrete 10-15 %, the increase of its watertightness 2,0-2,5 times, frost-resistance 1,5-2,1 times, and similarly promotes durability of bonding between repair concrete and concrete of the repairing constructions 1,3-1,65 times and reduces cost works.

A new offered two-stage method of preparation of homogeneous, high-quality repair concrete mixture includes preparation of hydrophobic concentrate at the 1st stage- a mixture of cement with the proper admixture of waste clay, that allows at the 2nd stage of preparation of concrete repair mixture evenly distribute it, providing high quality concrete.

Physical and technical properties of repair concretes providing high-quality recovery of protective layers of concrete structures and technology of work are investigated.

Industrial testing results of the research during repair works at operated reinforced concrete structures are carried out. The effectiveness of the results is proved. Technical specification TY BY 100354447 / 082-2011 «The hydrophobizative-colmatative admixture for concrete mixtures and mortars» and routing BY TC 100354447 / 092-2015 «Repair and recovery of the protective layer of concrete structures with repair concrete, modified by by-products of mineral oils production» are developed.

Научное издание

ГРЕЧУХИН Владимир Александрович

**ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА РЕМОНТНЫХ БЕТОНОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВКОЙ ИЗ ВТОРИЧНЫХ
ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Подписано в печать 28.01.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 80. Заказ 75.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.