

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 2015

Работа выполнена в «Белорусском национальном техническом университете»

- Научный руководитель:** **Ляхевич Генрих Деонисиевич**,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Мосты и тоннели»
«Белорусского национального технического
университета»;
- Официальные оппоненты:** **Блещик Николай Павлович**,
доктор технических наук, профессор, главный
научный сотрудник Научно-исследователь-
ского республиканского унитарного
предприятия по строительству (Институт
«БелНИИС»), г. Минск;
Бочкарев Дмитрий Игоревич,
кандидат технических наук, доцент, декан
строительного факультета Белорусского
государственного института транспорта
(БелГУТ), г. Гомель;
- Оппонирующая организация** РУП «Белорусский дорожный научно-
исследовательский институт» (БелДорНИИ)

Защита состоится « 05 » 06 2015 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. Независимости,
65, ауд. 202, тел. ученого секретаря 8(017) 265-95-87. E-mail:
sawa1950@mail.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной
печатью учреждения, следует отправлять на имя ученого секретаря по адресу:
220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, Белорусский национальный
технический университет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского
национального технического университета

Автореферат разослан « » 2015 г.

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

П.И. Юхневский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Основные результаты диссертационной работы, получены при выполнении следующих 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

Целью диссертационного исследования является разработка новых составов и технологии приготовления ремонтных бетонов, модифицированных добавкой отработанной глины (ОГ) нефтеперерабатывающих предприятий, обеспечивающей повышение качества ремонта мостов и путепроводов.

В соответствии с указанной целью поставлены следующие **задачи**:

- исследовать состав и свойства отработанной глины масляного производства (ОГМП) – вторичного продукта производства минеральных масел, отхода нефтеперерабатывающих предприятий, научно обосновать возможность и целесообразность ее использования для получения добавки ОГ в ремонтные бетоны;
- разработать технологию получения новой добавки на основе ОГМП, исследовать ее свойства, разработать технические условия и нормативную базу для внедрения в производство ремонтных бетонов, модифицированных добавкой ОГ;
- разработать технологию приготовления ремонтных бетонов, модифицированных добавкой ОГ;
- разработать составы ремонтных бетонов, модифицированных добавкой ОГ, исследовать их физико-механические свойства;
- установить и подтвердить экспериментально закономерности влияния добавки ОГ на водопоглощение ремонтных бетонов, исследовать ее влияние на водонепроницаемость, морозостойкость и прочность сцепления ремонтных бетонов с ремонтируемыми конструкциями;
- осуществить апробацию и внедрение ремонтных бетонов, модифицированных добавкой ОГ, для восстановления защитного слоя железобетонных конструкций мостов и путепроводов, определить эффективность их применения.

Научная новизна

1. Предложена минеральная добавка в бетоны на основе ОГМП, обеспечивающая повышение водонепроницаемости, морозостойкости и прочности сцепления ремонтных бетонов с поверхностью ремонтируемых конструкций.

2. Разработаны составы ремонтных бетонов, модифицированных предложенной минеральной добавкой и двухступенчатая технология их приготовления.

Положения, выносимые на защиту

1. Результаты исследований структуры, химический состав и свойства предложенной минеральной добавки ОГ, полученной из вторичных продуктов производства минеральных масел.

2. Результаты исследований влияния количества добавки ОГ в цементном камне и бетоне на их физико-механические свойства, в том числе на прочность при сжатии, водопоглощение, водонепроницаемость, морозостойкость и прочность сцепления с поверхностью ремонтируемых бетонов.

3. Составы ремонтных бетонов, модифицированных предложенной добавкой ОГ, и результаты исследований их физико-механических свойств.

4. Технологию приготовления бетонной смеси ремонтных бетонов с двухступенчатым вводом минеральной добавки ОГ и компонентов бетона.

5. Технические условия на добавку гидрофобизирующе-кольматирующую для бетонных смесей и строительных растворов.

6. Рекомендации по применению разработанных ремонтных бетонов при ремонте конструкций мостов и путепроводов.

7. Результаты внедрения разработанных ремонтных бетонов при реконструкции моста через р. Свислочь с технико-экономическими показателями.

8. Результаты наблюдения за восстановленными участками бетонных опор моста через р. Свислочь через 90 суток и через 14 месяцев.

Личный вклад соискателя ученой степени

Совместно с научным руководителем произведена постановка цели и задач исследования, планирование и проведение эксперимента, исследован состав ОГМП, на ее основе разработана минеральная добавка ОГ и методика её получения. Разработаны новые составы ремонтных бетонов, подготовлены научные публикации и получены патенты на изобретения.

Лично соискателем произведен анализ научной и патентной литературы, разработан двухступенчатый способ введения добавки ОГ в ремонтные бетонные смеси. Соискателем изучены свойства опытных составов ремонтных бетонов, проведена обработка, анализ и обобщение полученных результатов экспериментальных работ. Разработаны и утверждены технические условия «Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов», позволяющая внедрить полученные результаты в производство. Произведена

производственная апробация и внедрение результатов исследований. Осуществлено наблюдение за восстановленными железобетонными конструкциями.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (Минск, 2003 г.); 8-й Республиканской научно-технической конференции студентов и аспирантов (Минск, 2003 г.); 2-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (Минск, 2004 г.); 5-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (Минск, октябрь 2007 г.); 6-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике». Инновационные технологии в строительстве автомобильных дорог, мостов и подготовке 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, БГТУ им В.Г. Шухова, 2013 г.); Международной научно-технической конференции «Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли» (Минск, 2013 г.); 12-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (Минск, 2014 г.).

Опубликование результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 24 печатных работ, включающих 4 в рецензируемых изданиях, 1 публикацию в РФ, 1 в научном журнале, 1 в сборнике научных трудов, 1 в сборнике научных докладов и 10 тезисов. Общее количество опубликованных материалов составляет 21 стр. текста (без тезисов). Получено 5 патентов Республики Беларусь и разработаны 1 технические условия.

Структура и объем диссертации

Диссертация содержит 177 страниц машинописного текста; в том числе 149 основного текста, включая список литературы из 193 наименований, и содержит 47 рисунков и 38 таблиц. Работа состоит из введения, 5 глав, выводов и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность представленной работы.

В первой главе дан обзор монографий, печатных работ, патентных материалов и других источников, проанализированы и обобщены дефекты бетона, связанные с воздействием на него внешних агрессивных факторов. Проведен обзор добавок отечественного и зарубежного производства в бетонные смеси, применяемые для ремонта мостов и путепроводов.

Исследования отечественных и зарубежных ученых: С.Н. Алексеева, Ю.М. Баженова, А.А. Байкова, Б.Г. Батракова, П.П. Будникова, А.В. Бусела, Г.И. Горчакова, И.Г. Гранковского, Л.И. Дворкина, Г. Добролюбова, Ф.М. Иванова, С.С. Каприелова, Я.Н. Ковалева, 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 установили возможность комплексных органоминеральных добавок улучшать физико-механические характеристики бетонов и их способность противостоять агрессивному воздействию окружающей среды.

Однако для условий Республики Беларусь, где наблюдаются многочисленные циклы замерзания и оттаивания, влияющие на поверхностные слои железобетонных конструкций мостов и путепроводов, эти технические решения не всегда дают положительный технический результат.

Ремонтные бетоны должны обладать хорошим сцеплением с бетоном конструкции, иметь сопоставимую прочность и обеспечивать защиту арматуры от коррозии в течение всего срока эксплуатации мостов и путепроводов.

Анализ предлагаемых в настоящее время добавок показывает, что они не всегда обеспечивают требуемое качество ремонтных бетонов. Это диктует необходимость проведения исследований по разработке новых эффективных добавок. Рассмотрев возможность применения для этих целей вторичных продуктов производства, обладающих набором требуемых свойств, была выявлена возможность использования комплексных добавок, включающих как органические, так и неорганические составляющие. В этой связи перспективным является применение для этих целей ОГМП – вторичного продукта производства минеральных масел.

Вторая глава содержит сведения об объектах и методах их исследований.

Исследованы образцы ОГМП с установки контактной очистки масел ПО «Нафтан» и с мест ее складирования в Полоцком регионе.

Микроскопические исследования проводили с использованием комплекта телевизионного микроскопа «Телемик-1» с применением стереоскопического микроскопа МБС-10. Электронные микроснимки получали в вакууме, с использованием сканирующего электронного микроскопа Vega3_{sb} чешской компании «Tescan».

Истинную плотность добавки ОГ определяли с использованием дизтоплива вместо воды. Влажность W^a , зольность A^c , серу $S^a_{\text{общ}}$ и летучие V^f определяли в стандартных условиях. Влагу определяли по методу Дина и Старка и пересчитывали

вали 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. Содержание азота пересчитывали на органическую массу (ОМ) и по разности определяли в ней кислород.

Кривые термографических и термогравиметрических исследований регистрировали на дериватографе, а также на высокочувствительной термографической установке. Рентгенографические исследования проводили на дифрактометре. Образцы на рентгеноструктурный анализ и на ДТА готовили по общепринятой методике.

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

ОМ выделяли из добавки ОГ в обогреваемой колонке. Групповой химический состав определяли в стеклянной колонке с крупнопористым силикагелем марки КСК. Структуру углеводородов изучали методом ИК спектроскопии. Спектры снимали на универсальном спектрофотометре UR-20 в интервале частот 700–3600 см^{-1} . Количество кислородосодержащих функциональных групп 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 гидроксиламина, гидроксильные группы – с использованием пиридина.

Порошкообразный гидрофобный концентрат (ПГК) получали двумя способами. По первому способу добавку ОГ и цемент совместно смешивали в мешалке со скоростью вращения 500–1000 об/мин. По второму способу перемешивание производили на смесительных бегунах. Суммарное количество перемешиваемых компонентов составляло не более 3 кг.

Нормальную густоту и времена схватывания цементного теста, определяли по 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 ремонтных бетонов определяли с использованием образцов кубов с размером ребра 100 мм по ГОСТ 10180. Водопоглощение (W_m) и водонепроницаемость (W) определяли по ГОСТ 12730 с использованием прибора «Агама-3» на образцах диаметром и высотой 150 мм. Морозостойкость бетона определяли по ГОСТ 10060 по первому методу в водной среде.

Прочность сцепления (R) ремонтного бетона с бетоном определяли по СТБ 1464–2004.

Влияние добавки ОГ на коррозию стальной арматуры определяли по изменению массы арматуры.

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

В третьей главе представлены результаты исследования свойств ОГМП. Она представляет собой высокодисперсный материал, содержащий углеводороды с короткими боковыми цепями, способствующими образованию пространственных структур. Это дает возможность прогнозировать ее использование в качестве основы для получения новой добавки в составы ремонтных бетонов. Ее введение снижает водопоглощение, повышает морозостойкость, водонепроницаемость и прочность сцепления ремонтного бетона с ремонтируемой бетонной поверхностью.

Добавку ОГ получали путем корректировки состава ОГМП, в который добавляли бентонит и доводили его количество до 55 ± 5 %. Количество ОГ составляло 45 ± 5 %. Истинная плотность добавки ОГ составляет $1850\text{--}1890 \text{ кг/м}^3$, а водопоглощение $8,3\text{--}9,4$ % масс. Она не набухает и не растворяется в воде.

Исследование на соответствии требованиям безопасности показало, что добавка ОГ относится к группе 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

Наименование показателей		Показатели	
		образец 1	образец 2
Технический анализ, % по массе	влажность W^a	1,43	0,96
	зольность A^c	61,85	59,12
	сера $S^a_{\text{общ}}$	0,34	0,37
	летучие V^f	42,45	43,70
Элементный анализ ОГ, % по массе	углерод C^f	87,48	87,36
	водород H^f	9,82	9,74
	сера $S^f_{\text{орг}}$	0,74	0,82
	азот N^f	1,15	1,23
	кислород O^f	0,81	0,85
Атомное отношение H/C		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 добавки ОГ.

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

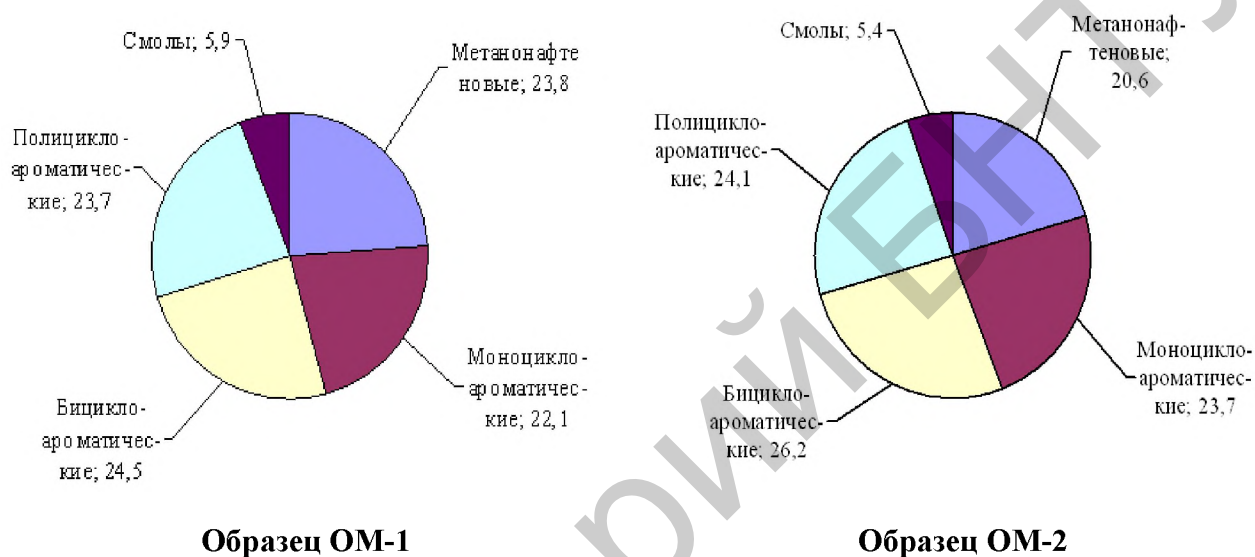


Рисунок 1. – Групповой химический состав ОМ

При помощи оптического микроскопа установлено, что бентонит и ОМ характеризуются относительно равномерным распределением близких между собой по размерам частиц.

Для получения зависимостей, связывающих значение выходной переменной водопоглощение (y_i) с такими факторами, как количество добавки ОГ (x_1), количество цемента (x_2) и водоцементное отношение (x_3), проведен регрессивный анализ. В результате использования плана эксперимента второго порядка и обработки экспериментальных данных, получена регрессионная модель в виде полного квадратичного полинома:

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

- где y_i – водопоглощение;
 x_1 – количество добавки ОГ;
 x_2 – количество цемента;
 x_3 – водоцементное отношение.

Количество цемента (x_2) имеет минимальное весовое 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 наблюдается при введении 4 % 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.

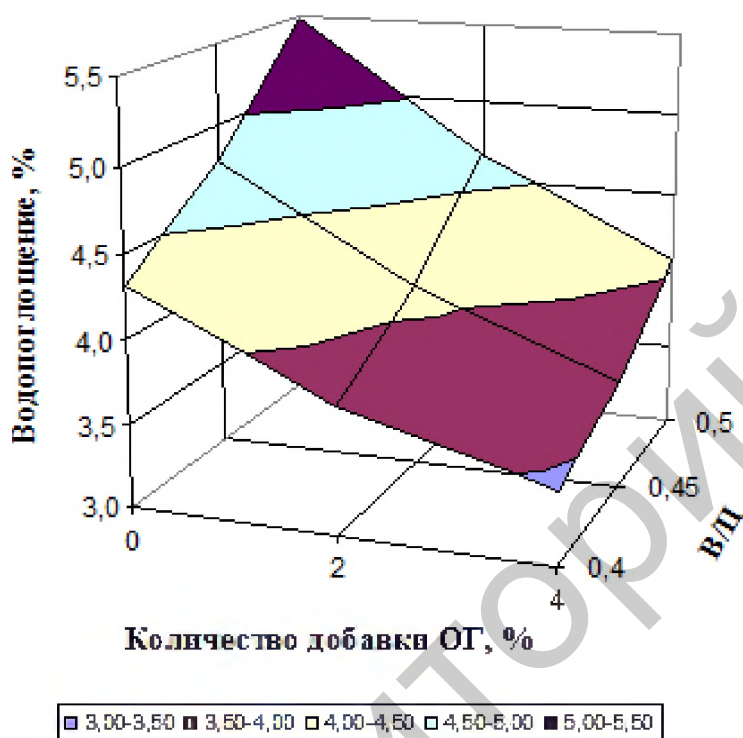


Рисунок 2. – Влияние добавки ОГ и В/Ц на водопоглощение

На второй ступени добавка ОГ (в составе ПГК) вводилась в ремонтные бетонные смеси.

Исследовано влияние добавки ОГ и технологии ее введения на свойства цементного теста и цементного камня.

При введении добавки ОГ, органическая масса адсорбируется на цементных зернах, создавая гидрофобные пленки. Эти пленки, при затворении водой, снижают агрегацию цементных зерен и способствуют их равномерному смачиванию. В процессе приготовления смеси вода, через микротрещины и разрывы в гидрофобных пленках, проникает к цементным зернам, вызывая их набухание и дальнейшее раскрытие микротрещин. Благодаря снижению агрегации увеличивается количество цементных зерен, которые вступают в реакцию. В цементном камне образуются многочисленные дополнительные коагуляционные контакты. Одновременно снижается доля свободной воды.

В ходе эксперимента установлено, что добавка ОГ плохо перемешивается с компонентами бетонных смесей. В связи с этим был разработан двухступенчатый способ ее получения и введения в составы ремонтных бетонов (патент ВУ 18440).

На первой ступени, в условиях интенсивного принудительного перемешивания, получали ПГК – смесь добавки ОГ и цемента.

На электронно-микроскопических снимках (увеличение $\times 217$) показаны образцы цементного камня без добавки (рисунок 3, *а*) и с добавкой ОГ в количестве 4 % от массы цемента (рисунок 3, *б*).

Добавка ОГ диспергирует цементные образования и поровое пространство. Структура цементного камня равномерная, размеры пор не превышают 5 мкм (см. рисунок 3, *б*).

Высокодисперсные частицы гидрофобного бентонита, размером 1–2 мкм и менее, располагаются вокруг зерен цемента размером 20–30 мкм, частично заполнив поры и уменьшив их сечение (см. рисунок 3, *б*). Бентонит снижает количество открытых пор, уплотняет структуру, повышает коррозионную стойкость. Органическая масса с размерами частиц 0,4–0,6 нм, адсорбируется на стенках пор и капилляров, гидрофобизируя цементный камень.

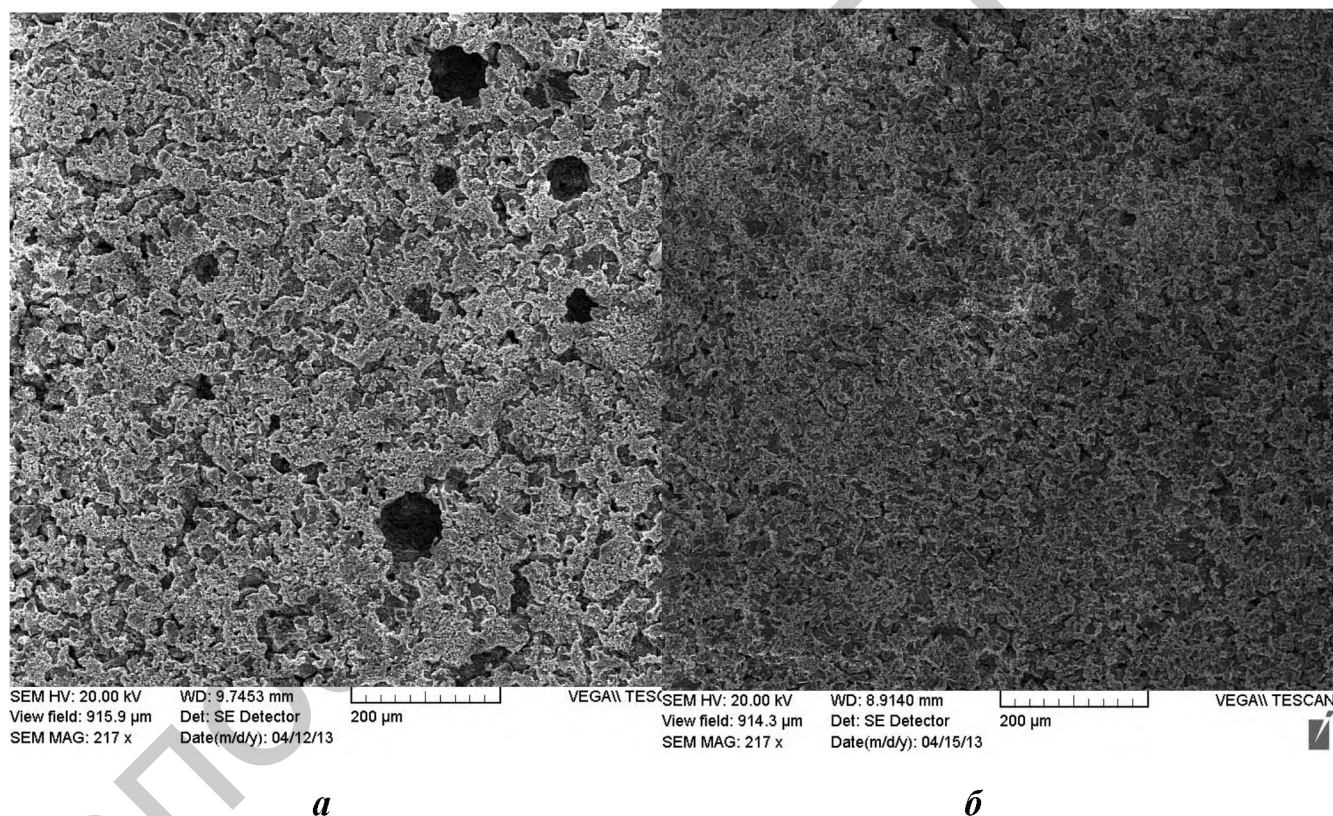


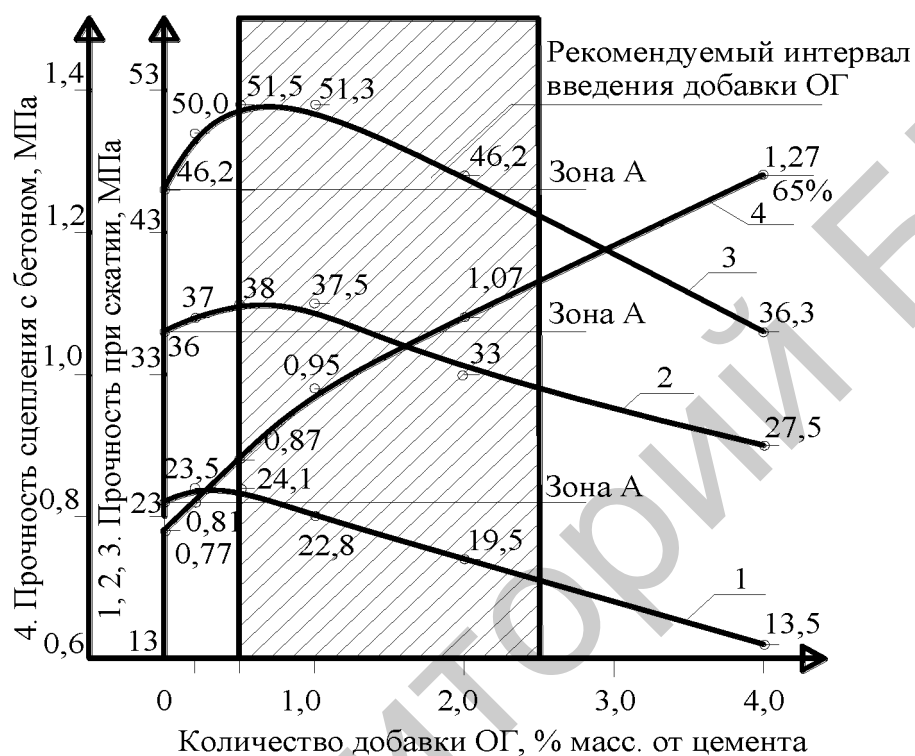
Рисунок 3. – Электронно-микроскопические снимки цементного камня (увеличение $\times 217$)

Структура цементного камня без добавки характеризуется большим количеством пор с сечением 10–15 мкм (см. рисунок 3, *а*). Вода затворения, из-за агрегации цементных зерен, не смачивает цементное тесто в полном объеме, оказывая влияние на физико-механические свойства цементного камня.

При исследовании влияния добавки ОГ на прочность цементного камня при сжатии при сроке не менее 28–ми суток установлено, что её оптимальное количество составляет 0,5–2,5 % от массы цемента. Благодаря уплотнению структуры и образованию дополнительных коагуляционных контактов, без разрыва кристал-

лизационных, прочность находится в пределах 46,2–51,5 МПа (рисунок 4), что не ниже прочности образцов без добавки. Однако, увеличение количества добавки ОГ, выше рекомендуемых параметров, приводит к внедрению её частиц между зёрнами цемента, частичному разрыву кристаллизационных контактов и снижению прочности цементного камня ниже прочности образцов без добавки.

Начальные сроки набора прочности характеризуются относительно небольшими интервалами конструктивной зоны (рисунок 4), при которой прочность цементного камня с добавкой ОГ не ниже прочности образцов без добавки.



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

4 – прочность сцепления с бетоном, МПа

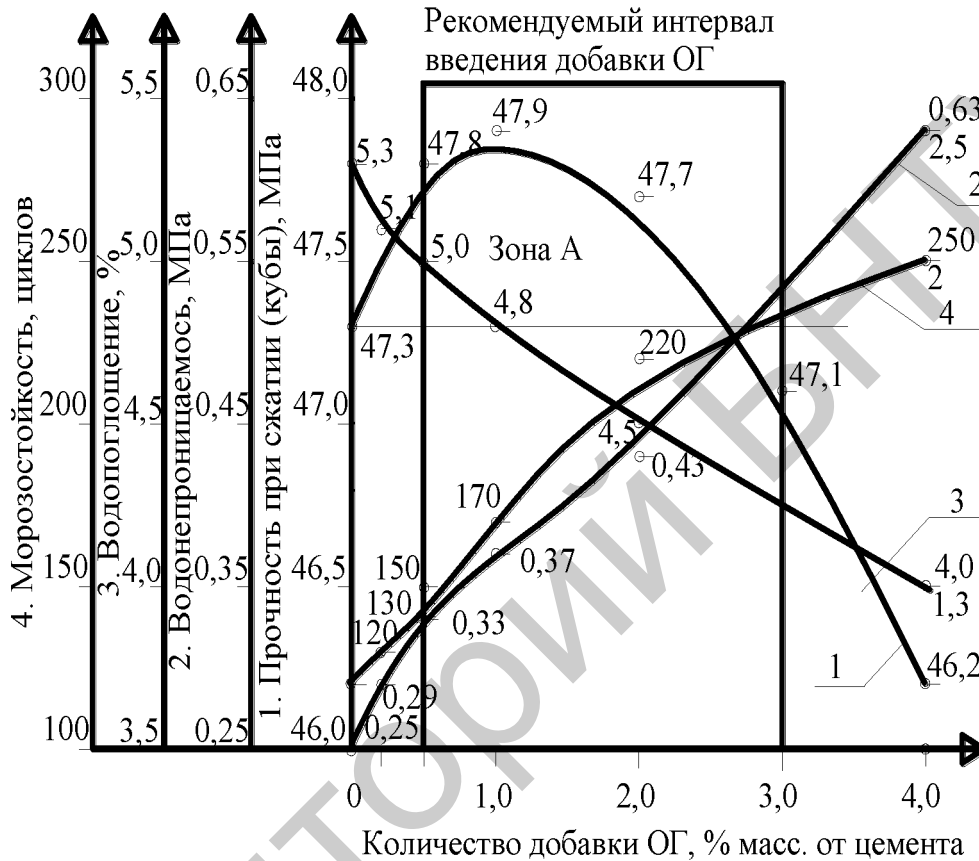
Рисунок 4. – Влияние добавки ОГ на свойства цементного камня $K_{нт} = 0,25$

С увеличением количества вводимой добавки наблюдается стабильный рост прочности сцепления образцов с бетоном с 0,77 до 1,27 МПа или на 65 % (см. рисунок 4), можно объяснить тем, что минеральная составляющая добавки ОГ снижает скорость набора прочности и, как следствие, напряжения на начальном этапе, уменьшая количество разорванных контактов.

Что дает возможность сформироваться структуре бетона с меньшим количеством дефектов. Этим можно объяснить увеличение конструктивной зоны влияния добавки ОГ на прочность (зона «А»).

Четвертая глава посвящена изучению влияния добавки ОГ, вводимой в количестве 0,2–4,0 % от массы цемента, на физико-механические свойства ремонтных бетонов (рисунок 5). Состав ремонтного бетона подобран аналогично, применяемому ОАО «Мостострой», для искусственных сооружений при твердении в нормальных условиях.

Наиболее эффективное сочетание параметров ремонтного бетона отмечено при введении 2,5 % добавки ОГ. Он имеет прочность на сжатие сопоставимую с прочностью состава без добавки, водонепроницаемость в 1,9 раза и морозостойкость в 1,9 раза выше, а водопоглощение в 1,14 раза ниже, чем у образцов без добавки.



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

Улучшение свойств объясняется снижением агрегации цементных зерен и образованием коагуляционных контактов, без разрыва прочных кристаллизационных, уменьшением порового пространства и, как следствие, увеличением площади взаимодействия с ремонтируемой поверхностью.

Органическая масса адсорбируется на стенках пор и капилляров, придавая им водоотталкивающие свойства, а гидрофобный бентонит частично заполняет капиллярные поры, препятствуя проникновению влаги. Положительное действие оказывает замедление набора прочности на начальном этапе, снижая напряжения и препятствуя образованию усадочных трещин.

Для проведения работ по ремонту мостов и путепроводов, рекомендованы варианты составов ремонтных бетонов с добавкой ОГ в количестве 2–3 %, при ко-

торых сочетаются повышение водонепроницаемости и снижение водопоглощения, при сохранении показателей по прочности.

Исследование влияния добавки ОГ на коррозию стальной арматуры проводили на предварительно оцилиндрованной арматуре, применяемой для армирования железобетонных конструкций мостов и путепроводов. Были подготовлены образцы проката арматурного горячекатаного термомеханически обработанного класса А240, диаметром 10 мм и проката арматурного и термомеханически упрочненного для железобетонных конструкций класса Ат500С, диаметром 25 мм.

Добавка ОГ замедляет скорость коррозии арматуры (таблица 2). При ее введении в количестве 2,0–4,0 % от массы цемента, процесс коррозии практически останавливается. Это, скорее всего, связано с наличием органической массы, которая гидрофобизирует поверхность пор и капилляров, снижая интенсивность воздействия агрессивных реагентов на арматуру. Скорость коррозии снижается, и благодаря частичному заполнению пор и капилляров бентонитом, что препятствует доступу кислорода и агрессивных реагентов к арматуре.

Таблица 2. – Изменение массы арматуры, г/м²

Добавка ОГ, % масс. от цемента	Продолжительность эксперимента, недель			
	Изменение массы арматуры, г/ м ²			
	1	4	26	52
0	1	3	19	40
0,2	0	3	11	20
0,5	0	2	7	15
1,0	0	2	5	10
2,0	0	1	4	7
4,0	0	0	2	5

В пятой главе представлены примеры и технология проведения работ ремонтными бетонами с добавкой ОГ при ремонте железобетонных конструкций мостов и путепроводов. Автором разработаны технические условия ТУ ВУ 100354447/082–2011 «Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов».

Ремонтные бетоны с добавкой ОГ рекомендованы для восстановления защитного слоя стоек опор пешеходного путепровода на станции Барановичи-Центральные в г. Барановичи. Проект реконструкции разрабатывался в соответствии с договором, заключенным между БНТУ и ГП «Белжелдорпроект».

Результаты исследований, в виде разработанных составов и технологии проведения работ, применены ОАО «Мостострой» для восстановления защитного слоя на отдельных участках бетонных опор при реконструкции моста через р. Свислочь автомобильной дороги Минск – Гомель. Взвешивание цемента и добавки ОГ, их смешивание и получение ПГК (при помощи мешалки со скоростью вращения 500–1000 об/мин) и фасовка ПГК в емкости, производились в лаборатории МСУ-6 ОАО «Мостострой». Приготовление ремонтных бетонов осуществлялось непосредственно на строительной площадке, в стандартной бетономешалке. ПГК вводился в состав смеси с остальными компонентами. Нанесение ремонтного бетона производили штукатурным методом, слоем 3–5 см.

Осмотр отремонтированных участков через 90 суток и 14 месяцев показал отсутствие усадочных трещин (рисунок 6). После окрашивания поверхности железобетонных конструкций, целостность отремонтированных участков определялась по целостности поверхности опор.



Рисунок. 6 –Защитный слой после восстановления, через 90 суток, и общий вид опоры через 14 месяцев

При нанесении торкретбетона на отдельные участки балок руслового пролета моста через реку Свислочь, добавку ОГ вводили в смесь на строительной площадке. Смесь к месту укладки подавали с помощью установки для торкретирования (рисунок 7).



Рисунок 7. – Приготовление и нанесение торкрет-бетонного слоя

Итоговую схему получения добавки ОГ, её двухступенчатого ввода в составы ремонтных бетонов и применение ремонтных бетонов при восстановлении мостов и путепроводов, в общем виде можно представить в виде схемы (рисунок 8).

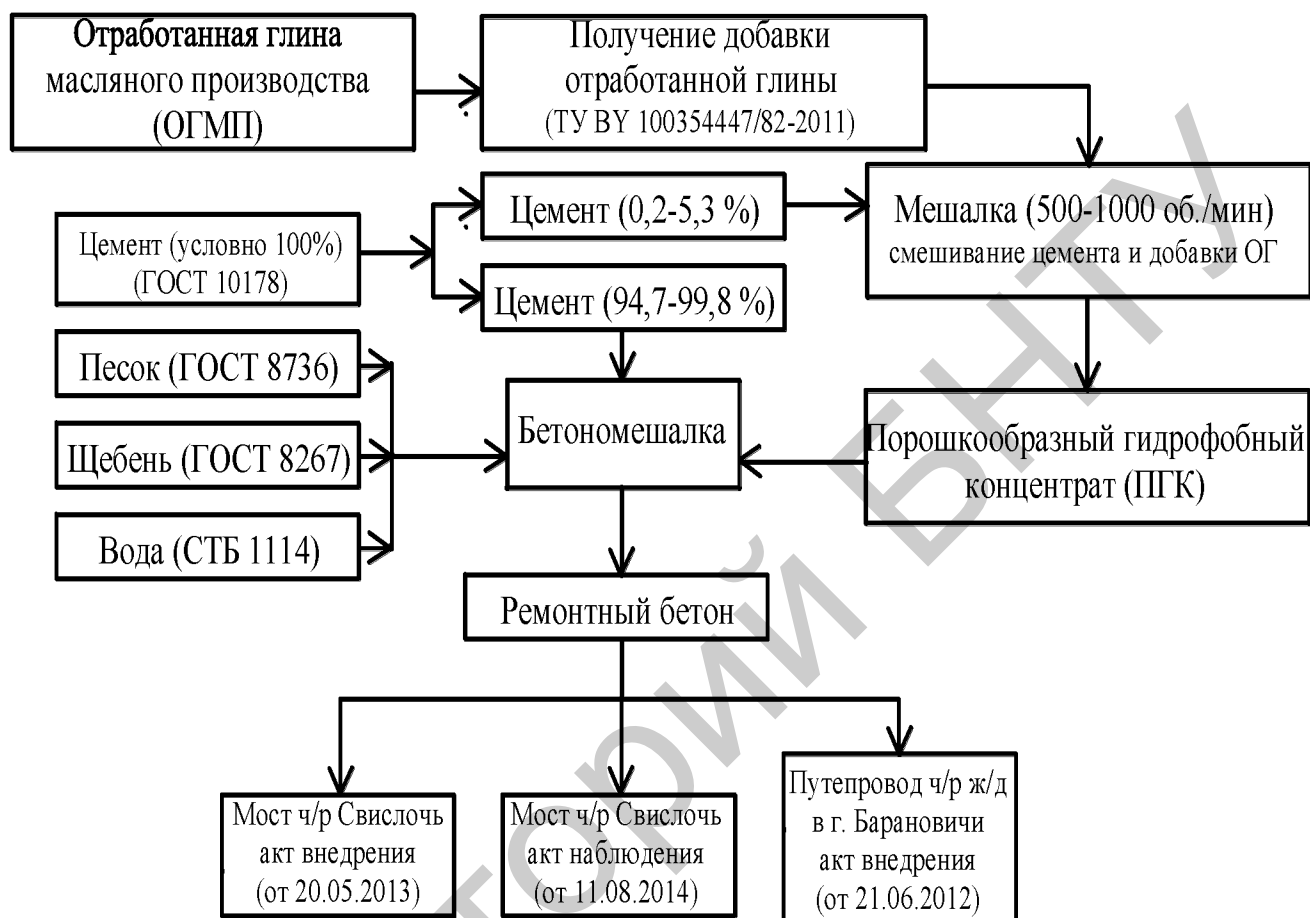


Рисунок 8. – Схема получения и применения ремонтных бетонов

Применение разработанных ремонтных бетонов с добавкой ОГ для восстановления защитного слоя железобетонных конструкций мостов и путепроводов позволит значительно снизить стоимость проведения ремонтных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Исследованы структура, физико-механические свойства и химический состав разработанной минеральной добавки, полученной из вторичных продуктов производства минеральных масел, содержащей 55 ± 5 % гидрофобного бентонита. Высокомолекулярные органические соединения, и прежде всего циклические, ароматические углеводороды и асфальто-смолистые вещества, практически равномерно распределены в бентоните и гидрофобизируют его. Исследование груп-

пового химического состава свидетельствует о значительном содержании в органической массе парафинонафтеновых углеводородов, достигающих 94,1-94,6 % масс [1–4, 6, 15, 16, 18].

2. Исследованы физико-механические свойства ремонтных бетонов, модифицированных добавкой ОГ [4, 5, 7–14, 17, 19–23].

3. На основании результатов экспериментально-теоретических исследований, разработаны составы ремонтных бетонов, модифицированных добавкой ОГ. Им характерно низкая агрегация цемента при затворении водой и улучшенная поровая структура с гидрофобной поверхностью. Значительное содержание кислородосодержащих функциональных групп в органической массе добавки ОГ и высокая дисперсность бентонита, повышают прочность сцепления ремонтных бетонов с ремонтируемой бетонной поверхностью в 1,34 раза, снижают водопоглощение на 15 %, повышают водонепроницаемость в 2,5 раза и морозостойкость в 2,1 раза [3–5, 7–14, 17, 19–22].

4. Разработан двухступенчатый способ введения добавки ОГ, который обеспечил равномерность её распределения в ремонтной бетонной смеси. На первой ступени получили ПГК - смесь добавки ОГ и цемента. На второй ступени ПГК вводили в состав бетонной смеси. Разработанный способ значительно снизил массу перемешиваемых компонентов бетонной смеси. При расходе цемента 410 кг/м³ и введении 2,0 % добавки ОГ, её масса составит 8,2 кг, а масса ПГК 16,4–19,1 кг. ПГК вводят в состав бетонной смеси с остальными компонентами [23].

5. Разработаны технические условия на «Добавку гидрофобизирующе-кольматирующую для бетонных смесей и строительных растворов» для ремонта железобетонных конструкций мостов и путепроводов. Добавка ОГ рекомендована для восстановления защитного слоя бетонных конструкций опор и пролетных строений при реконструкции пешеходного путепровода через железную дорогу на станции Барановичи Центральные. (Справка о внедрении результатов разработки технических условий Республики Беларусь, выданная ПИРУП Белжелдорпроект и акт сдачи-приемки научно-исследовательских работ по обследованию пешеходного путепровода на станции Барановичи-Центральные по договору № 4843/11с от 20.10.2011). Добавка ОГ внедрена при реконструкции моста через р. Свислочь автомобильной дороги Минск – Гомель для восстановления защитного слоя на отдельных участках бетонных конструкций опор (справка о внедрении результатов разработки технических условий Республики Беларусь, выданная ОАО «Мостострой»). Установлена экономическая эффективность применения ремонтных бетонов с добавкой ОГ [24].

6. Результаты наблюдения за восстановленными участками защитного слоя (акт наблюдений за опытными участками защитного и торкрет-бетонного слоя железобетонных конструкций моста через р. Свислочь автомобильной дороги

Минск-Гомель, восстановленных ремонтными бетонами с добавкой ОГ) свидетельствуют об отсутствии разрушений и дефектов на указанных участках.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Теоретические и экспериментально-практические результаты исследований диссертации рекомендуется использовать:

– разработанную добавку ОГ – для снижения водопоглощения и повышения морозостойкости, водонепроницаемости и прочности сцепления с поверхностью ремонтируемой железобетонной конструкции [19–23];

– разработанные составы ремонтных бетонов с добавкой ОГ – для восстановления защитного слоя железобетонных конструкций мостов и путепроводов;

– разработанные автором технические условия ТУ ВУ 100354447.82–2011 «Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов. Опытная партия» – для разработки нормативных документов строительной отрасли Республики Беларусь [24].

Ремонтные бетоны с добавкой по ТУ ВУ 100354447.82–2011 применены для восстановления защитного слоя на отдельных участках бетонных конструкций опор и торкретировании пролетных строений при реконструкции моста через р. Свислочь (Справка о внедрении результатов разработки технических условий Республики Беларусь). Его эффективность подтверждается актом наблюдений за опытными участками защитного и торкрет-бетонного слоя железобетонных конструкций моста через р. Свислочь автомобильной дороги Минск-Гомель, восстановленных ремонтным бетоном с добавкой отработанной отбеливающей глины от 11.08.2014 ОАО «Мостострой».

Ремонтные бетоны с добавкой по ТУ ВУ 100354447.82–2011 рекомендованы для восстановления защитного слоя бетонных конструкций опор и пролетных строений путепровода на железнодорожной станции Барановичи-Центральные в г. Барановичи. (Справка о внедрении результатов разработки технических условий Республики Беларусь от 21.06.2012 № 2983). (Акт сдачи-приемки работ по договору № 4843/11с от 20.10.2011 проектно-изыскательское республиканское предприятие «Белжелдорпроект» Белорусской железной дороги).

Ремонтные бетоны с добавкой гидрофобизирующе-кольматирующей для бетонных смесей и строительных растворов применены при выпуске опытных партий подкладных плит для строительных площадок (Акт выпуска опытных партий подкладных плит из бетона с добавкой гидрофобизирующе-кольматирующей для бетонных смесей и строительных растворов май 2012 г. ОАО «Мостострой»).

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. М. Нефть и газ. – 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.

Статьи в научных журналах

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

Статьи в сборниках материалов конференций

7. 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. / Белорус. нац. технич. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2004. – С. 383–387.
8. 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. Том 1, Минск, 2007 г. / Белорус. нац. технич. ун-т ; редкол.; Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2007. – Т.1 – С. 515–517.
9. 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. Посвящена 50-летию начала подготовки инженерных кадров в Республике Беларусь : материалы 6-й Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 17-

18 дек. 2008 г. / Белорус. нац. технич. ун-т ; редкол.: И.И. Леонович [и др.]. – Минск, 2008. – С. 308–315.

10. Гречухин, В.А. Гидрофобный цемент и способы 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 окт. 2010 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: И.И. Леонович [и др.]. – Минск, 2010. – Ч.1. – С. 252–257.

11. 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., Белгород, 2013 г. / Белгородский гос.-техн. ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2013. – Ч.1. – С. 125–132.

12. 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.

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

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

Тезисы и рефераты докладов на научных конференциях

15. 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 февр. 2003 г. / Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2003. – Т. 2. – С. 19.

16. 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 февр. 2003 г. / Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2003. – Т. 2. – С. 19.

17. Ляхевич, Г.Д. Теоретические аспекты влияния глинистых минералов на бетонные и железобетонные строительные конструкции / Г.Д. Ляхевич, В.А. Гре-

чухин // Архитектура, строительство, транспортные коммуникации, аграрно-технические и аграрно-инженерные науки : тезисы докладов Республ. науч.-технич. конф. студентов и аспирантов, Минск, 9–10 дек. 2003 г. Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2003. – Ч.4. – С. 138–139.

18. 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 дек. 2003 г. Белорус. нац. технич. ун-т ; Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2003. – Ч.4. – С. 139–140.

Патенты

19. Бетонная смесь : пат. 10914 Республика 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.

20. Способ приготовления бетонной смеси : пат. 11645 Республика 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.

21. Бетонная смесь : пат. 12454 Республика 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.

22. Строительная композиция : пат. 12463 Республика Беларусь, 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.

23. Способ приготовления бетонной смеси : пат. 18440 Республика Беларусь, МПК7 С 04 В 28/02 / В.А. Гречухин ; заявитель Белорусский национальный технический университет. - № а 20120627 ; заявл. 17.04.2012 ; опубл. 09.04.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 6. – С. 22.

Технические условия

24. Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов : Технические условия ТУ ВУ 100354447.082-2011. – Введ. 01.06.11. – Минск : Белорус. нац. технич. университет, 2011. – 9 с.

РЭЗІЮМЭ**Грэчухін Уладзімір Аляксандравіч****Тэхналогія і ўласцівасці рамонтных бетонаў, мадыфікаваных дабаўкай з другасных прадуктаў вытворчасці мінеральных масел**

Ключавыя словы: бетонныя сумесі, рамонтныя бетоны, дабаўкі, гідрафабізатары, механізм гідрафабізацыі, фарміраванне структуры, фізіка-механічныя ўласцівасці, нарматыўная дакументацыя.

Мэта працы: распрацоўка новых саставаў і тэхналогіі вырабу рамонтных бетонаў, мадыфікаваных дабаўкай адпрацаванай гліны нафтаперапрацоўчых часцпрадпрыемстваў, якая забяспечвае павышэнне якасці рамонтнага мастоў і пуцэпранодаў.

Метады даследавання: у тэарэтычных даследаваннях выкарыстаны метады аналізу, статыстычнай апрацоўкі вынікаў, тэорыі верагоднасці, рэдактар электронных табліц «Microsoft Excel». Эксперыментальныя даследаванні праведзены з ужываннем метадаў матэматычнага планавання, стандартных і распрацаваных аўтарам метадык. У працы выкарыстаны атэставаныя ў адпаведнасці з патрабаваннямі СТБ, ГОСТ і ТУ прыборы і абсталяванне, якія прымяняюцца пры даследаванні бетонных сумесяў і бетонаў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: сумесна з навуковым кіраўніком і асабіста суіскальнікам праведзена пастаноўка мэты і задач даследавання, планаванне і правядзенне эксперымента. Даследаваны састаў АГМВ, распрацавана метадыка атрымання на яе аснове дабаўкі АГ. Распрацаваны новыя саставы рамонтных бетонаў. Падрыхтаваны навуковыя публікацыі, тэхнічныя ўмовы і заяўкі на вынаходніцтвы. Суіскальнікам распрацаваны двухступеньчаты спосаб атрымання, і ўвядзення дабаўкі АГ у бетонныя сумесі. Праведзена вытворчая апрацацыя і ўкараненне вынікаў даследаванняў.

Галіна прымянення: распрацаваная тэхналогія вырабу рамонтных бетонаў з прапанаванай дабаўкай выкарыстана пры распрацоўцы тэхнічных умоў ТУ ВУ 100354447.082–2011 «Дабаўка гідрафобізуючая – кальматууючая для бетонных сумесяў і будаўнічых раствораў».

Вынікі даследаванняў укаранены пры распрацоўцы праекта рэканструкцыі пуцэпранода на чыгуначнай станцыі Баранавічы-Цэнтральныя ў г. Баранавічы і пры рэканструкцыі моста праз раку Свіслач аўтамабільнай дарогі Мінск – Гомель.

РЕЗЮМЕ**Гречухин Владимир Александрович****Технология и свойства ремонтных бетонов, модифицированных добавкой из вторичных продуктов производства минеральных масел**

Ключевые слова: бетонные смеси, ремонтные бетоны, добавки, гидрофобизаторы, механизм гидрофобизации, формирование структуры, физико-механические свойства, нормативная документация.

Цель работы: разработка новых составов и технологии изготовления ремонтных бетонов, модифицированных добавкой отработанной глины нефтеперерабатывающих предприятий, обеспечивающей повышение качества ремонта мостов и путепроводов.

Методы исследования: в теоретических исследованиях использованы методы анализа, статистической обработки результатов, теории вероятности, редактор электронных таблиц «Microsoft Excel». Экспериментальные исследования проведены с применением методов математического планирования, стандартных и разработанных автором методик. В работе использованы аттестованные в соответствии с требованиями СТБ, ГОСТ и ТУ приборы и оборудование, применяемые при исследовании бетонных смесей и бетонов.

Полученные результаты и их новизна: совместно с научным руководителем и лично соискателем произведена постановка цели и задач исследования, планирование и проведение эксперимента. Исследован состав ОГМП, разработана методика получения на ее основе добавки ОГ. Разработаны новые составы ремонтных бетонов. Подготовлены научные публикации, технические условия и заявки на изобретения. Соискателем разработан двухступенчатый способ получения, и введения добавки ОГ в бетонные смеси. Произведена производственная апробация и внедрение результатов исследований.

Область применения: разработанная технология изготовления ремонтных бетонов с предложенной добавкой использована при разработке технических условий ТУ ВУ 100354447.082-2011 «Добавка гидрофобизирующе-кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов».

Результаты исследований внедрены при разработке проекта реконструкции путепровода на железнодорожной станции Барановичи-Центральные в г. Барановичи и при реконструкции моста через реку Свислочь автомобильной дороги Минск – Гомель.

SUMMARY**Hrechukhin Uladzimir Aleksandravich****Technology and properties of repair concretes modified additives of mineral oils of secondary products**

Keywords: concrete mixes, repair concretes, addition, hydrophobizator, mechanism of hydrophobization, forming of structure, physicomechanical properties, normative documentation.

Subject of research: technology and properties concrete repair modified by the addition of waste clay.

Methods of research: method of analysis, method of statistical processing of results, method of probability theory and spreadsheet editor «Microsoft Excel» are used in theoretical researches. Experiments were carried out using the methods of mathematical planning, standard and developed by the author techniques. Instruments and equipment certified according to the requirements of technical bureau standards (STB), State Standard Specification (GOST), and technical specifications (TU) are used for study of concrete mixes and concretes

The results obtained and their novelty: by the competitor together with the scientific supervisor, the purpose and the problem of the research are set, planning and carrying out the experiment are made. The composition of OGMP is investigated, the technique of receiving of waste clay (WC) additive on its basis are developed. New compositions of repair concretes are developed. Scientific publications, specifications and demands for inventions are prepared. Two-levelled way of receiving and addition of waste clay (WC) to concrete mixes are developed by the competitor. Production approbation and implementation of results are made.

Field of application: the developed techniques of production of repair concretes with the offered additive are used when developing technical specifications (TY) BY 100354447.082-2011 «A hydrophobizing-colmatating additive for concrete mixes and construction mortars».

Results of researches are implemented when developing the project of reconstruction of the railway overpass of the station Baranovichi-Central to Baranovichi and when reconstructing the bridge on the river Svisloch of the highway Minsk – Gomel.

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 04.05.2015. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,29. Уч. изд. л. 1,04. Тираж 60 экз. Заказ

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