

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

На правах рукописи

АРУТЮНОВ Валерий Ашотович

УДК 691.3: 666

**РУЛОННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ
ДЛЯ РЕМОНТА И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ
С ПОВЫШЕННЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Костюк Татьяна Александровна

Харьков – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Состояние проблемы защиты бетона и железобетона. Задачи исследований. Научная гипотеза.....	12
1.1. Водонепроницаемость бетона и анализ применяемых материалов для ремонта и гидроизоляции строительных конструкций	12
1.1.1. Водонепроницаемость цементного камня и бетона, пути ее повышения	12
1.1.2. Обмазочная гидроизоляция.....	17
1.1.3. Гидроизоляция рулонными, пленочными и пропиточными материалами.....	18
1.1.4. Нетканые синтетические материалы	20
1.1.5. Минеральные (порошковые) гидроизоляционные материалы, цементно-песчаные смеси, полимерцементные составы ...	21
1.2. Причины и условия усадки цементного камня	22
1.2.1. Применение добавок-демпферов в бетон.....	24
1.2.2. Применение полиэфирного волокна в цементных составах гидроизоляционного назначения	28
1.3. Цель и задачи исследований. Научная гипотеза	29
Выводы по главе 1.....	32
2. Материалы и методы исследований.....	34
2.1. Характеристика материалов, которые использовались в экспериментальных исследованиях	34
2.2. Методы испытаний.....	37
3. Экспериментально-теоретическое обоснование получения гидроизоляционного рулонного материала на цементной основе	47
3.1. Влияние усадочных напряжений на прочность цементного камня	47
3.2. Снижение усадочных контактных напряжений в цементных	

составах путем введения микрофибры	51
3.2.1. Оценка возможности применения полиэфирной микрофибры в цементных композитах	53
3.2.2. Экономическая целесообразность применения полиэфирной микрофибры	64
3.3. Повышение прочности конденсационно-кристаллизационных структур и диффузионные процессы в цементных составах интегрально-капиллярного действия	67
3.4. Связь упругих свойств цементного композита со структурой.....	73
Выводы по главе 3.....	79
4. Экспериментальные исследования.....	80
4.1. Оптимизация состава гидроизоляционного покрытия методом математического планирования эксперимента.....	80
4.2. Исследование глубины проникания водных растворов через гидроизоляционное покрытие	90
4.3. Исследование физических и физико-механических характеристик отвержденного гидроизоляционного покрытия из рулонного композиционного материала	94
4.4. Физико-химические испытания цементного камня гидроизоляционного покрытия	102
Выводы по главе 4.....	109
5. Производственное внедрение результатов исследований.....	111
5.1. Изготовление опытно-промышленной партии рулонного гидроизоляционного материала	111
5.2. Расчет экономической эффективности применения рулонного композиционного материала для гидроизоляции.....	115
Выводы по главе 5.....	118
Общие выводы.....	119
Список использованных источников	121
Приложения.....	133

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время при ремонте, защите и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций зданий и сооружений применяется большое количество разных материалов – сухие строительные смеси с широким диапазоном защитных свойств, в том числе гидроизоляционные; рулонные материалы: полимерные пленки и мембраны, бентонитовые маты и т.д. [64, 95, 96]. Каждый из этих материалы имеет свои недостатки, ограничивающие области их применения. Так, сухие смеси позволяют устраивать защитно-гидроизоляционные слои, обладающие высоким сцеплением с защищаемыми поверхностями и выдерживающие гидростатическое давление любого знака, – как на прижим, так и на отрыв. Однако их механизированное нанесение (торкретирование) требует применения специального дорогостоящего оборудования, а нанесение вручную – высокой квалификации и тщательного соблюдения технологии. Неточность в соблюдении рецептуры, например, передозировка воды, приводит к усадке, трещинообразованию и резкому снижению водонепроницаемости.

Распространенным способом улучшения физико-механических характеристик цементных материалов для ремонтных и реставрационных работ (прочности при изгибе и растяжении, ударной вязкости, снижения истираемости) остается введение армирующих волокнистых наполнителей – асбестовых, полипропиленовых, стеклянных [61, 86]. Повышение адгезии и водонепроницаемости таких композиций достигается преимущественно введением полимерных добавок [72, 96]. Однако применение высокомолекулярных соединений сужает температурный интервал затвердевания до $+5-(+30)^{\circ}\text{C}$, что затрудняет применение материалов в осенне-зимне-весенний период.

В источнике [113] показано, что дифференциальная пористость и водопроницаемость цементного камня связаны зависимостью $K = A^{BE}$, где K –

коэффициент проницаемости по воде, E – объем пор радиусом более 0,05 мкм, A и B – эмпирические константы, а поры радиусом менее 0,05 мкм (50 нм) водонепроницаемы. Полагаем, что такие поры в структурах продуктов гидратации формируются как межчастичные пустоты и по размерам сопоставимы с их частицами, поэтому для еще большего повышения водонепроницаемости затвердевшей смеси и кольматируемого порового пространства остаются резервы, заключающиеся в синтезе дополнительных продуктов гидратации, размер частиц которых не превышает 0,05 мкм.

Примером сухой строительной смеси на основе портландцемента для ремонтных работ может служить состав [73], в котором высокая прочность на растяжение при изгибе и трещиностойкость обеспечиваются введением микроарматуры в виде стекловолокна, а высокие адгезионная прочность и водонепроницаемость – путем введения химически активных добавок (ХАД). ХАД представляет собой многокомпонентную специально подобранную смесь гидроксидов, хлоридов, карбидов, нитратов, сульфатов натрия и кальция и обеспечивают уплотнение и повышение водонепроницаемости верхнего слоя защищаемого бетона. Механизм такого действия обусловлен диффузией компонентов ХАД в заполненные насыщенным раствором $Ca(OH)_2$ поры и капилляры бетона за счет разницы их концентрации в жидкой фазе нанесенного материала и поровом электролите бетона. Компоненты ХАД и алюминаты цемента взаимодействуют с $Ca(OH)_2$ с образованием кристаллогидратов, кольматирующих (заращивающих) поры бетона [53, 97]. Недостатком данной смеси является возможность ее нанесения только приемами штукатурных работ или при помощи специального оборудования и инструментов.

Рулонные материалы (полимерные пленки и мембраны, бентонитовые маты) работают только при их прижиме давлением воды, а при противоположном давлении воды нуждаются в устройстве прижимной стенки и, как правило, не могут выполнять несущих функций.

Вышеизложенное подтверждает, что наиболее перспективными для ремонтных работ бетонных, железобетонных и каменных конструкций являются композиционные материалы на основе цементного вяжущего, работающие по принципу интегрально-капиллярного действия, способные не только внешне защищать конструкцию, но и формировать в поровом пространстве контактного слоя бетона конструкции уплотненный кристаллическими новообразованиями барьер, препятствующий фильтрации воды как внутрь конструкции, так и извне. Поэтому получение высококачественного материала для ремонтных и гидроизоляционных работ, сочетающего в себе полезные свойства сухих смесей интегрально-капиллярного действия и рулонных материалов, является актуальной задачей.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в Харьковском национальном университете строительства и архитектуры на кафедре строительных материалов и изделий в составе госбюджетных НИР Министерства образования и науки Украины: № ДР 0112U000043 «Теоретичні основи створення високоміцного конструкційного мікрокомполімеру на основі цементної матриці» (2012-2014 гг.); № ДР 0113U002072 «Розробка технічних, технологічних та організаційних рішень, що підвищують експлуатаційний ресурс трубопроводів водопостачання» (2013-2014 гг.).

В качестве **рабочей гипотезы** принята возможность замены в сухой строительной смеси для гидроизоляционных работ [73] добавки микроволокна на полимерный материал объемной структуры и, таким образом, получить рулонный материал на основе портландцемента, с более высокими показателями прочности и трещиностойкости. Водонепроницаемость обеспечивается за счет химических добавок путем дополнительного синтеза кристаллогидратов на поверхности волокна и в поровом пространстве цементного камня.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка состава рулонного композиционного материала на основе портландцемента, сочетающего в себе высокие показатели прочности при изгибе и растяжении; водонепроницаемость; не поддающегося усадке и трещинообразованию; обладающего простотой применения.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы следующие задачи:

– теоретически проанализировать и экспериментально доказать возможность введения полиэфирного микроармирующего компонента в виде нетканого материала объемной структуры (НМОС) в цементную матрицу с целью повышения ее физико-механических характеристик;

– экспериментально обосновать введение комплексной химической добавки для синтеза дополнительных кристаллогидратов, как на поверхности полиэфирного волокна, так и в поровом пространстве цементного камня, что позволит защитить поверхность волокна от щелочной среды порового электролита цементного камня, а также повысить плотность структуры композита и снизить усадку при твердении;

– разработать состав рулонного композиционного материала на цементной основе для гидроизоляционного покрытия с улучшенными физико-механическими и гидрофизическими характеристиками;

– провести физико-механические испытания полученного композита, а также физико-химические исследования структуры и продуктов гидратации затвердевшего гидроизоляционного материала;

– выполнить опытно-промышленную проверку результатов исследований, экономически обосновать целесообразность применения разработанного рулонного композита.

Объект исследования – рулонный композиционный материал на основе портландцемента для ремонтных и гидроизоляционных работ.

Предмет исследования – закономерности формирования структуры и исследование свойств рулонного композиционного материала на основе портландцемента.

Методы исследования. Исследования физико-механических свойств материалов проводились согласно стандартным методикам и нормативным документам: ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006 «Суміші сухі будівельні модифіковані. Загальні технічні умови»; ДСТУ Б В.2.7-23-95 «Розчини будівельні. Загальні технічні умови»; ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками». Для определения трещиностойкости была использована методика проф. Л.И. Дворкина [26]. Методами рентгенофазового, дифференциально-термического анализ и электронной микроскопии исследовались продукты гидратации цементного камня. Знак заряда поверхности волокон и дисперсных частиц определялся методом сепарации в электростатическом поле. В работе были использованы также численные методы решения строительно-технологических задач с помощью компьютерных технологий по методике В.А. Вознесенского [17-19] с использованием электронных таблиц и trial-версии пакета «Statistica».

Научная новизна результатов исследований состоит в следующем.

Впервые:

– установлена возможность применения полиэфирного волокна в виде НМОС в цементном составе с полифункциональной добавкой, которая позволила сформировать на поверхности волокна защитную обойму из нерастворимых кристаллогидратов;

– установлено, что применение НМОС обеспечивает повышение прочности цементного камня при изгибе до 14,34 МПа, улучшение сцепления с поверхностью бетона до 3,4 МПа, снижение водопоглощения до 0,81% по массе.

Получили дальнейшее развитие:

– представления о механизме уплотнения цементного камня композиционного материала путем дополнительного синтеза как

низкоосновных гидросиликатов кальция, так и кристаллогидратов гидросульфоалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидрокарбоалюминатов кальция, а также кальцита в поровом пространстве и на поверхности полиэфирного волокна;

– математические модели для оптимизации состава композита, позволившие получить оптимальные значения добавки полиэфирного волокна 5% и комплексной химической добавки 9%, при этом прочность на растяжение при изгибе у оптимизированного состава повысилась на 11%, а водопоглощение уменьшилось на 12,5%.

Обоснованность и достоверность научных результатов и выводов подтверждается получением экспериментальных данных с доверительной вероятностью 95 %, адекватностью математических моделей, соответствием результатов экспериментальных исследований теоретическим предпосылкам.

Практическое значение результатов исследований состоит в следующем:

– разработан оптимальный состав рулонного композиционного материала для ремонта и гидроизоляции с повышенными физико-механическими и технологическими характеристиками;

– достигнут экономический эффект в 23,0 грн/м² от применения разработанного композиционного материала по сравнению с известными за счет экономии материальных ресурсов и снижения сроков выполнения работ, а также упрощения выполнения ремонтных работ;

– выпущена опытно-промышленная партия разработанного состава с повышенными физико-механическими и технологическими характеристиками на предприятии ООО «Виа-Телос», г. Харьков;

– рулонный композиционный материал для ремонта и гидроизоляции был использован для обеспечения гидроизоляции ограждающих конструкций при ремонте и строительстве здания ОКУ «Харьковский исторический музей» по адресу ул. Университетская, 5 в г. Харькове.

Личный вклад соискателя состоит в:

- изучении проблемы и постановке задачи получения современных материалов на цементной основе с повышенными физико-механическими и технологическими характеристиками для ремонтных и гидроизоляционных работ [4, 77];
- теоретическом обосновании повышения физико-механических и технологических характеристик гидроизоляционных материалов путем введения полиэфирного волокна и химических добавок [5, 80, 81];
- изучении физико-механических и гидроизоляционных свойств разработанного состава, оптимизации его методами математического планирования эксперимента [8, 79];
- анализе результатов исследований продуктов гидратации физико-химическими методами: петрографии, электронной микроскопии, рентгенографии, термографии [78];
- разработке оптимального состава рулонного композиционного материала на цементной основе для получения покрытия с повышенными физико-механическими и технологическими характеристиками [6, 7, 45, 46, 49];
- внедрении в производство и применении в реальных условиях опытно-промышленной партии (приложения А, Б).

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований докладывались на Международной научно-технической конференции «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті», Харьков, 26-28 ноября 2014 г.; Международной научной конференции «Приоритетные направления науки и техники. Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века », 11 апреля 2014 г., Россия, Пенза, ПГУАС; VI Международной научной конференции «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд», Харьков, ХНУСА, 15-17 октября 2013 г.; IX Международной научно-практической конференции «Aktualne problemy nowoczesnych nauk», Пшемысль, Польша, 7-15 июня

2013 г.; IX Международной научно-практической конференции «Dni vědy – 2013», Прага, Чехия, 27 марта 2013 г.; 68-й и 69-й научно-технических конференциях Харьковского национального университета строительства и архитектуры в 2013 г. и 2014 г.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 16 печатных трудов, 6 из которых – в сборниках и изданиях, рекомендованных Министерством образования и науки Украины, 2 статьи в изданиях, которые включены в международные наукометрические базы данных; два патента Украины на изобретение; одна международная публикация и 7 работ апробационного характера.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованных источников из 121 наименования и пяти приложений. Работа изложена на 132 страницах основного текста, содержит 56 рисунков и 30 таблиц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Айзенштейн Э.М. Технология производства химических волокон. – М.: Стройиздат, 1980. – 587 с.
3. Альтшулер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. – М.: Стройиздат, 1983. – 256 с.
4. Арутюнов В.А. Перспективные направления повышения водонепроницаемости и коррозионной стойкости бетона // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2012. – Вип. 70. – С. 145-149.
5. Арутюнов В.А., Бондаренко Д.О., Костюк Т.О. Дослідження глибини проникнення рідини крізь гідроізоляційне покриття інтегрально-капілярної дії на модельних зразках // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2013. – Вип. 73. – С. 489-493.
6. Арутюнов В.А., Костюк Т.А., Бондаренко Д.А., Старкова О.В. Оценка возможности применения полиэфирной макрофибры в гидроизоляционных составах на основе портландцемента // Современный научный вестник. – Белгород: Руснауцкнига, 2013. – №32(171). – С.109-116.
7. Арутюнов В.А., Костюк Т.А., Рачковский А.В. Высокопрочный гидроизоляционный композит // Приоритетные направления науки и техники. Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века: сб. докладов Междунар.науч.-практич.конф.11 апреля 2014 г. Пенза: ПГУАС, 2014.- С.6-9.
8. Арутюнов В.А., Старкова О.В., Бондаренко Д.А. Моделирование оптимальных гидроизоляционных составов интегрально-капиллярного действия с повышенным содержанием полимерных волокон // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2013. – Вип. 5(112). – С. 83-86.
9. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. – Киев: Будівельник, 1989. – 127 с.

10. Ахвердов И.Н. Теоретические основы бетоноведения: Учеб. пособие. – Минск: Высшая школа, 1991. – 188 с.
11. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа. – Харьков: Вища школа, 1989. – 165 с.
12. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1968. – 171 с.
13. Бабушкин В.И., Костюк Т.А., Дистанов В.Б., Прощин О.Ю. и др. Методологический подход к вопросу определения глубины проникновения составов проникающего действия // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003. – Вып. 22. – С. 43-46.
14. Баженов Ю.М., Демьянов В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. – 430 с.
15. Бондаренко Д.А., Спириин Ю.А., Привалова Н.Г. Теплоизоляционный материал с пониженной паропроницаемостью // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – Вып. 52. – С. 282–295.
16. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – Киев: Техника, 1975. – 164 с.
17. Вознесенский В.А. Оптимизация состава многокомпонентных добавок в композиты. – Киев: Знание, 1981. – 201 с.
18. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
19. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – Киев: Вища школа, 1984. – 328 с.
20. Гансен Т.К. Ползучесть и релаксация напряжений в бетоне. – М.: Госстрой, 1963. – 124с.
21. Гидроизоляция для кровли // Офіційний сайт компанії

ТЕХНОПРОК: [електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://www.technoprok.ru/gidroizoljacija-krovli.html>.

22. Гончарова Г.Ю. Новый подход к выбору соединений для направленного воздействия на свойства ледовых поверхностей: [Электронный ресурс] – Режим доступу:
http://ice4sport.com/d/660339/d/4_4.jpg).

23. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.

24. Грибанов С.А., Айзенштейн Э.М. Химические волокна. – М.: Стройиздат, 1981. – 430 с.

25. Гусев Б.В., Файвусович А.С., Степанова В.Ф., Розенталь Н.К. Математическая модель процессов коррозии бетона. – М.: ТИМР, 1996. – 432 с.

26. Дворкин Л.И. Строительные материалы гидротехнических сооружений: Лабораторные работы. – Киев: Вища школа, 1977. – 103 с.

27. Дисперсное армирование бетонов // Электронный журнал «Весь бетон»: [Электронный ресурс]. – Режим доступу:
<http://www.allbeton.ru/article/324/13.html>.

28. Добавки в бетонные смеси / Офіційний сайт машинобудівельного заводу «Бетономаш»: [Электронный ресурс]. – Режим доступу:
<http://betonmash.com/referenceinformation/dobavki-v-betonnye-smesi.html>.

29. ДСТУ Б В.2.7-112:2002. Цементи. Загальні технічні умови.

30. ДСТУ Б В.2.7-126:2006. Суміші сухі будівельні. Загальні технічні умови.

31. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови.

32. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Цементи. Методи визначення нормальної густини, строків тужавлення і рівномірності зміни об'єму.

33. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск.

34. ДСТУ Б В.2.7-212:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стираності.
35. ДСТУ Б В.2.7-23-95. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.
36. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Пісок щільний природни для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. технічні умови.
37. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.
38. ДСТУ Б.В.2.7-170:2008. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.
39. ДСТУ Б.В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
40. ДСТУ Б.В.2.7-42-97 (ГОСТ 5802). Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.
41. Жидкая резина – гидроизоляция ТЕХНОПРОК // Офіційний сайт компанії ТЕХНОПРОК: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.technoprok.ru/>.
42. Каприелов С.С. и др. Высокопрочные бетоны повышенной морозостойкости с органоминеральным модификатором // Транспортное строительство, 2000. – № 11.– С. 24-27.
43. Комохов П.Г. Демпфирующие добавки для бетонов // Материалы VIII Ленинградской конференции по бетону и железобетону. – Л.: Стройиздат, 1988. – С. 32-35.
44. Комохов П.Г., Беленцов Ю.А. и др. Структура, деформативность, трещинообразование, надежность кирпичной кладки. – СПб.: ООО «ОМ-Пресс», 2006. – 563 с.
45. Композиційний матеріал для екстреного ремонту та відновлення бетонних та кам'яних споруд / Пат. 103852 Україна, МПК С04В 22/06 (2006.1), С04В 22/10 (2006.01) / Т.А. Костюк, В.А. Арутюнов, А.А. Пługін, О.В. Старкова, Д.О. Бондаренко; заявл. 12.08.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл.

№ 22. – 2 с.

46. Композиційний матеріал для ремонтних та інших будівельних робіт / Пат. 103280 Україна, МПК С04В 28/02 (2006.1), С04В 14/38 (2006.01) / Т.А. Костюк, В.А. Арутюнов, А.А. Плугін, О.В. Старкова, Д.О. Бондаренко; заявл. 10.04.2013; опубл. 25.09.2013, Бюл. № 18. – 2 с.

47. Конденсационно-кристаллизационная структура / Большая энциклопедия нефти газа: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id466590p1.html>.

48. Кондращенко Е.В., Бабушкин В.И., Процин О.Ю., Костюк Т.А. Оценка коррозионной стойкости арматуры под защитным слоем ВИАТРОНа / Вестник НТУ „ХПИ”. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2004. – Вып. 41. – С. 20-22.

49. Костюк Т.А., Арутюнов В.А. Формирование кристаллических новообразований на поверхности полиэфирных волокон в стесненных условиях / Тези доповідей 69-ої науково-технічної конференції ХНУБА. – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 14.

50. Котов Д.С. Деформации усадки бетона, модифицированного химическими и тонкодисперсными минеральными наполнителями // Инженерно-строительный журнал, 2005. – № 7: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.belniis.by/.../kotov_d.s.deformacii_usadki_betona_modificirovan.

51. Кравченко И.В., Тарнаруцкий Г.М., Юдович Б.Э. Гидратация и твердение вяжущих / Тез. докл. IV Всесоюзн. совещания по гидратации и твердению вяжущих. – Львов, 1981. – С. 97-101.

52. Красовский П.С. Бетоны с заданными свойствами для климатических условий Дальнего Востока. – Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2007. – 235 с.

53. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та ін. Будівельне матеріалознавство. – Київ: ТОВ УВГЖ «ЕксОб», 2004. – С. 394-395.

54. Кричевский Г.Е. Волокна прошлого, настоящего и будущего.

Выбор пути – не простая задача / Сайт о нанотехнологиях в России:

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2012/volokna-proshlogo-nastoyashchego-budushchego-vybor-puti-ne-prostaya-zadacha>.

55. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии и производство нового поколения волокон, текстиля и одежды. – М.: Известия, 2011. – 528 с.

56. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. – М.: МИКХиС, 2007. – 304 с.

57. Ларионова З.М., Виноградов Б.Н. Петрография цементов и бетонов. – М.: Стройиздат, 1974. – 348 с.

58. Левицкий М.М. Многоликие силоксаны: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://him.1september.ru/2003/45/1.htm>.

59. Лобышев В.И., Соловей А.Б., Бульенков Н.А. Компьютерный модульный дизайн параметрических структур воды // Биофизика, 2009. – Т. 48. № 6.

60. Лурье А.А. Хроматографические материалы: справочник. – М.: Химия, 1978. – 473 с.

61. Майстренко А.Н., Пелипенко В.И., Забава Г.А., Вайсман М.Д. Использование украинскими фирмами современных материалов и технологий для ремонта и строительства // Будівництво України. – 2002. – №1. – С.42-43.

62. Малинина Л.А., Куприянов Н.Н., Хардина В.Ф. Метод определения капиллярной контракции и структуры твердеющего цементного камня и бетона // Новые методы исследования свойств бетонной смеси и твердеющего бетона: Труды НИИЖБ, 1977. – Вып.29. – С.52-61.

63. Межгосударственный стандарт ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2012 г. № 97-ст).

64. Микроструктурные аспекты морозостойкости дорожных бетонов / Офіційний сайт ООО «Си-Айрлайд»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.stroy puls.ru/vipusk/detail.php?article_id=49994.

65. Моргун Л.В. О некоторых свойствах фибропенобетона неавтоклавно твердения и изделий из него // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2005. – № 2. – С. 24-25.

66. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Г.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – М.: Стройиздат, 1980. – 533 с.

67. Москвин В.М. Коррозия бетона. – М.: Госстройиздат, 1952. – 342 с.

68. Невилль А.М. Свойства бетона: Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1972. – 344 с.

69. Нуриев Ю.Г. Стойкость бетона при воздействии хлористых солевых сред и знакопеременных температур / дисс. ... канд. техн. наук. – Уфа, 1983. – 188 с.

70. Основные принципы создания высокопрочных и особо высокопрочных бетонов // Электронный журнал «Весь бетон»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.allbeton.ru/article/324/13.html>.

71. Офіційний сайт «Baurum – клуб будівельників»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://baurum.ru/alldays/?cat=concrete&id=3940>.

72. Пат.2076848 RU Полимерцементная смесь для устройства полов / А.Е. Антипов, В.А. Белобородов, В.Р. Яшин, Ф.И. Азимов. – 10.04.1997.

73. Патент на корисну модель 57543 UA. Суха будівельна суміш для ремонтних робіт / Т.О. Костюк, О.Г. Вандоловський, М.Г. Салия, Д.О. Бондаренко. – 10.03.2011.

74. Петухов Б.В. Полиэфирные волокна. – М.: Стройиздат, 1976. – 432 с.

75. Пиндюк Т.Ф., Чулкова И.Л. Методы исследования строительных материалов. – Омск: СибАДИ, 2011. – 59 с.

76. Плугин А.А., Партала Н.Н., Костюк Т.А., Салия М.Г., Бондаренко

Д.А. Обоснование выбора солей-электролитов для содержащих кальцит и стекловолокно комплексных добавок в гидроизоляционные сухие смеси // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка, 2012. – № 44. – С. 105-108.

77. Плугин А.А., Арутюнов В.А., Костюк Т.А. Гидроизоляционные составы на основе портландцемента, армированные полимерными волокнами: оценка возможности применения полиэфирной микрофибры // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 138. – С. 70-77.

78. Плугин А.А., Арутюнов В.А., Костюк Т.А., Партала Н.М., Суханова Ю.А. Рулонний композиційний матеріал для ремонту і гідроізоляції бетонних, залізобетонних і каменних конструкцій і споруджень // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 103-110.

79. Плугин А.А., Арутюнов В.А., Старкова О.В., Бондаренко А.И. Оптимизация состава интегрально-капиллярного действия с помощью экспериментально-статистических моделей // Materialy IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problemy nowoczesnych nauk». – Pshemysl, Nauka i studia, 2013. – Vol. 33. – С. 100-104.

80. Плугин А.А., Костюк Т.А., Арутюнов В.А., Бондаренко Д.А. Возможности применения полимерной микрофибры в гидроизоляционных цементных составах // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Дни науки – 2013». – Praha: Education and Science, 2013. – Dil 32. – С. 79-85.

81. Плугин А.А., Костюк Т.А., Плугин Ал.А., Арутюнов В.А. и др. Влияние волокнистых наполнителей на физико-механические свойства цементных композитов // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті». – Харків: Влавке, 2014. – С. 52.

82. Плугин А.А., Салия М.Г., Костюк Т.А. Изотропное микроармирование цементного камня продуктами гидратации для

повышения физико-механических характеристик гидроизоляционных покрытий // Вісник НТУ «ХП»: Зб. наук. пр. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХП», 2011. – Вип. 50. – С. 97–103.

83. Плугин А.Н., Плугин А.А., Трикоз Л.В., Кагановский А.С., Плугин Ал.А. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них // Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. – Киев, 2011. – Том 1. – 331 с.

84. Плугин А.Н., Плугин А.А., Трикоз Л.В., Кагановский А.С., Плугин Ал.А. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. – Київ: Наукова думка, 2011. – Том 2. – 333 с.

85. Плугін А.М., Плугін А.А., Калінін О.А. та ін. Відновлення та захист промислових будівель і споруд на залізничному транспорті. – Харків: ХарДАЗТ, 2001, Ч. 1. – 137 с.; Ч. 2. – 74 с.

86. Полимерцементная смесь / А.Е. Антипов, В.А. Белобородов, В.Р. Яшин, Ф.И. Азимов. – Заявка RU 93055654А. – 20.07.1996.

87. Полиэфирное волокно (полиэстер) / Офіційний сайт компанії «МетаПро»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.meta-pro.ru/polyester.html>.

88. Полиэфирное волокно (фибра полиэфирная). Технические характеристики / Офіційний сайт «Нагода-Трейд»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.porobeton.com/ru/go-Pages/in-view/id-42>.

89. Полиэфирные волокна из химически модифицированного полиэтилентерефталата (Обзорная информация НИИТЭхим. Сер. Промышленность химических волокон). – Москва, 1977.

90. Применение фиброволокна (ВСМ) в приготовлении строительных смесей / Офіційний сайт «Тимас ТОВ»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://timas.at.ua/publ/primenenie_fibrovlokn_vsm_v_prigotovlenii_stroitelnykh_smesej/1-1-0-40.

91. Применение фиброволокна (ВСМ) в приготовлении строительных смесей / Офіційний сайт компанії «Альянс ЛТД»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: alliance-ltd.narod.ru/info/primenenie-fibry.htm.
92. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. и др. Добавки в бетон: Справ. пособие; Под ред. В.С. Рамачандрана. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
93. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1973. – 207 с.
94. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. – М.: Издательство литературы по строительству, 1969. – 197 с.
95. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость модифицированных бетонов // Технологии бетонов. – 2009. – №1; №2.
96. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 520 с.
97. Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Назаренко І.І. Конструкційні матеріали нової генерації та технології їх впровадження в будівництво. – Київ: УВПК «ЕксОб», 2008. – 355 с.
98. Савельев А.А., Олюнин П.С. Эффективное армирование бетонов и растворов // Технологии бетонов, 2008. – № 11. – С. 56-57.
99. Салия М.Г. Гидроизоляционное покрытие на цементной основе повышенной трещиностойкости / дисс. ... канд. техн. наук. – Харьков, УкрГАЗТ, 2012. – 153 с.
100. Синтетические волокна в технологии бетонов / Интернет-портал «Стройпульс»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.stroypuls.ru/vipusk/detail.php?article_id=38425.
101. Степанова В.Ф. Защита от коррозии в современном строительстве // Материалы международной конференции «Долговечность строительных конструкций». – Москва, 7-9 октября, 2002. – С. 21-26.
102. Степанова В.Ф. Защита от коррозии строительных конструкций – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений // Строительные

материалы, оборудование, технологии XXI века. – Москва, 2005. – № 3. – С. 16-19.

103. Талантова К.В., Михеев Н.М. Исследование влияния свойств стальных фибр на эксплуатационные характеристики сталефибробетонных конструкций // Ползуновский вестник, 2011. – №1. – С. 194-198.

104. Тараканов О.В., Пронина Т.В. Применение минеральных шламов в строительных растворах и бетонах / Офіційний сайт компанії «Рост»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.c-rost.ru/articles/article004/>.

105. Тейлор Х.Ф. Химия цемента. – М.: Мир, 1996. – 560 с.

106. Тематическая подборка. Гидроизоляция мостов // Помощь по ГОСТам: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gosthelp.ru/text/TematischeKayapodborkaTem.html>.

107. Урьев Н.Б., Михайлов Н.В. Коллоидный цементный клей и его применение в строительстве. – М.: Стройиздат, 1967. – 175 с.

108. Фибра в бетон / Офіційний сайт ТОВ «ТД Евромет»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.armatura34.ru/fiber-in-concrete.html>.

109. Фибробетон // Строительство домов. Блог застройщика: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stroivagon.ru/stroitelstvo/fibrobeton>.

110. Чернявский В.Л. Адаптация абиотических систем: бетон и железобетон. – Днепропетровск: ДНУЖТ, 2008. – 415 с.

111. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 332 с.

112. Юдович Б.Э. Основные закономерности гидратации и твердения портландцемента / Сб. трудов МГСУ к 100-летию со дня рождения А.В. Волженского. – М.: МГСУ, 2001. – С. 27-30.

113. Ягудеев Р.Ш. Разработка оптимальных условий эксплуатации нефтяных и газовых месторождений путем качественного цементирования скважин: Автореф. дисс... к.т.н. – Алматы: КНТУ им. К.И. Сатпаева, 2010. – 31 с.

114. Fraternali F., Ciancia V., Chechile R., Rizzano G., Feo L., Incarnato L. Экспериментальное исследование термо-механических свойств вторичного ПЭТ фибробетона композитных конструкций 2011;. 93:2368-2374: [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://dx.doi.org/10.1016/j.compstruct.2011.03.025>.
115. Fujiwara Tadashi. Change in length of Aggregate due to Drying. Усадка заполнителей // Bull. Inst. Assoc. Eng. Geol. – 1984. – № 30. – P.25-27.
116. Goto Y., Fujiwara T. Effect of aggregate on Drying Shrinkage of Concrete. Влияние заполнителей на усадку бетона при высыхании // Trans. Jap. Soc. Civ. Eng. – 1980. – № 11. – P. 308-309.
117. High Performance Fibres. Hearle J.W.S. (ed.). Woodhead Publishing Ltd, 2010. – 329 p.
118. Military textiles. Edited by E Wilusz, US Army Natick Soldier Center, USA. Woodhead Publishing Series in Textiles, 2008. – 362 p.
119. PCI Fibres. Fibres Economics in an Ever Changing World Outlook Conference / US Industrial Fabrics Institute: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.usifi.com/...look_2011.pdf.
120. Pelisser F., Montedo O., Gleize Ph., Roman H. Mechanical properties of recycled PET fibers in concrete: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392012005000088>.
121. Taylor N. F., Cement Chemistry, Academic Press, New York, 1990. – P. 62-63.

