



## ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С. Н. Леонович<sup>1</sup>, Н. Л. Полейко<sup>2</sup>, Н. А. Будревич<sup>3</sup>

*Белорусский национальный технический университет,*

*65, пр-т Независимости, г. Минск, Республика Беларусь, 220013.*

*E-mail: <sup>1</sup>leonovichsn@tut.by, <sup>2</sup>pdn13@land.by, <sup>3</sup>nellibudrevich@yandex.by*

*Получена 16 апреля 2020; принята 22 мая 2020.*

**Аннотация.** Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся многолетним воздействиям атмосферных и подземных вод, водяного пара, солей антиобледенителей и т. п. с циклическим замораживанием и оттаиванием, особенно в странах с континентальным и резко континентальным климатом, существенно снижают свои технические характеристики, в том числе долговечность, морозо- и коррозионную стойкость, в большинстве случаев уже через 5–10 лет с момента ввода в эксплуатацию. Восстановление старых или устройство новых защитных покрытий в действующих сооружениях представляет собой сложную инженерную задачу. В связи с этим особый интерес представляют материалы и технологии, обеспечивающие нормальную работу конструкций в зоне и условиях негативных воздействий. В данной статье выполнен обзор общепринятых классификаций защитных покрытий. Обобщена информация о современных тенденциях и направлениях развития в области материалов для защитных покрытий. Представлены результаты анализа некоторых основных характеристик минеральных составов проникающего действия, применяемых для устройства защитных покрытий.

**Ключевые слова:** бетон, полимер, мастика, битум, раствор, жидкое стекло, сера, гидрофобные порошки, пленка полимерная.

## ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІНЕРАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

С. М. Леонович<sup>1</sup>, М. Л. Полейко<sup>2</sup>, Н. А. Будревич<sup>3</sup>

*Білоруський національний технічний університет,*

*65, пр-т Незалежності, м. Мінськ, Республіка Білорусь, 220013.*

*E-mail: <sup>1</sup>leonovichsn@tut.by, <sup>2</sup>pdn13@land.by, <sup>3</sup>nellibudrevich@yandex.by*

*Отримана 16 квітня 2020; прийнята 22 травня 2020.*

**Анотація.** Бетонні і залізобетонні конструкції, що піддаються багаторічним впливам атмосферних і підземних вод, водяної пари, солей антиобморожувачів і тому подібне з циклічним заморожуванням і розморожуванням, особливо в країнах з континентальним та різко континентальним кліматом, істотно знижують свої технічні характеристики, у тому числі довговічність, морозо- і корозійну стійкість, у більшості випадків вже через 5–10 років з моменту введення в експлуатацію. Відновлення старих або облаштування нових захисних покриттів в діючих спорудах є складним інженерним завданням. У зв'язку з цим особливий інтерес представляють матеріали і технології, що забезпечують нормальну роботу конструкцій в зоні і умовах негативних дій. У цій статті виконано огляд загальноприйнятих класифікацій захисних покриттів. Узагальнено інформацію про сучасні тенденції і напрями розвитку в області матеріалів для захисних покриттів. Представлено результати аналізу деяких основних характеристик мінеральних складів проникаючого впливу, вживаних для облаштування захисних покриттів.

**Ключові слова:** бетон, полімер, мастика, бітум, розчин, рідке скло, сірка, гідрофобні порошки, плівка полімерна.

## TECHNICAL ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MINERAL COMPOSITIONS FOR THE PROTECTION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Sergei Leonovich <sup>1</sup>, Nikolay Poleyko <sup>2</sup>, Nelli Budrevich <sup>3</sup>

*Belarusian National Technical University,*

*65, Nezavisimosty Ave., Minsk, Belarus, 220013.*

*E-mail: <sup>1</sup>leonovichsn@tut.by, <sup>2</sup>pdn13@land.by, <sup>3</sup>nellibudrevich@yandex.by*

*Received 16 April 2020; accepted 22 May 2020.*

**Abstract.** Concrete and reinforced concrete structures exposed to long-term effects of atmospheric and underground water, water vapor, de-icing salts, etc. with cyclic freezing and thawing, especially in countries with continental and sharply continental climates, significantly reduce their technical characteristics, including durability, frost and corrosion resistance, in most cases after 5–10 years from the date of commissioning. The restoration of old or the installation of new protective coatings in existing facilities is a complex engineering task. In this regard, materials and technologies that ensure the normal operation of structures in the area and the conditions of negative impacts are of particular interest. This article provides an overview of generally accepted classifications of protective coatings. Information on current trends and development directions in the field of materials for protective coatings is summarized. The results of the analysis of some basic characteristics of the mineral compositions of the penetrating actions used for the device of protective coatings are presented.

**Keywords:** concrete, polymer, mastic, bitumen, mortar, water glass, sulfur, hydrophobic powders, polymer film.

### Виды защитных покрытий

Вопросы защиты регламентируются рядом нормативных документов, и если на территории России – действуют СНиП 2.03.11-85 [1], Изменения №1 к СНиП 2.03.11-85, СНиП 3.04.03-85 [2], а также введенный европейский стандарт EN 1504, то в Республике Беларусь нормативная база обновлена более существенно: ТКП 45-2.01-111-2008 [3], ТКП 45-5.03-33-2006 [4], СТБ EN 1504-2009.

Согласно [2] и [4] защитные покрытия бетонных конструкций в зависимости от вида защитного покрытия подразделяются на:

1. Лакокрасочные.
2. Оклеечные.
3. Мasticные, шпатлевочные и наливные на основе синтетических смол.
4. Футеровочные и облицовочные.
5. Покрытия, нанесенные гидрофобизацией.
6. Покрытия уплотняющиеся пропиткой химически стойкими материалами.
7. Покрытия биоцидными материалами [1, 3].

Стандарт СТБ EN 1504-2-2009 подразделяет системы защиты поверхности на три группы, в зависимости от механизма действия и области применения [5]:

1. Гидрофобизаторы (обработка бетона для получения водоотталкивающего эффекта поверхности).
2. Пропитывающие составы (обработка бетона для снижения пористости и упрочнения поверхности).
3. Покрытия (обработка бетона для получения сплошного защитного слоя).

Основные виды гидроизоляции представлены в таблице 1.

В последние годы некоторые виды защитных покрытий утратили свою актуальность в силу ряда объективных причин, таких как высокая стоимость материалов и работ, большие трудозатраты и сложность реализации, моральное устаревание материалов и методов. В то же время появилось большое количество новых материалов по вторичной защите, в том числе зарубежных, российского производства и отечественных.

Таблица 1. Основные виды гидроизоляций и материалы, используемые при их устройстве

Тип гидроизоляции	Наименование материалов	Тип поверхности	Защита слоя
Первичная	Бетон высокой водонепроницаемости на основе портландцемента, напрягающих цементов и т.п.	–	не требуется
Оклеечная	Рулонные материалы на основе модифицированных битумов и полимеров	ровная	необходима
Обмазочная эластичная	Полимерные, битумно-полимерные, цементно-полимерные мастики	ровная	необходима
Обмазочная жесткая	Цементно-полимерные мастики	ровная	не требуется
Пропиточная	Кремнийорганические дисперсии, инъекционные цементные и глинистые растворы, цементные составы капиллярного действия, жидкое стекло, сера	неровная	не требуется
Штукатурная	Цементные растворы, полимеррастворы, асфальтовые растворы, торкретрастворы	неровная	не требуется
Монтируемая	Металлические, полимерные и картонно-бентонитовые листы, полимерные пленки		необходима
Закладочная	Гидрофобные порошки, закладочные массы с эффектом расширения при увлажнении	грубая неровная	необходима

### Виды материалов для защитных покрытий

Системы защитных покрытий можно разделить на четыре группы [7]:

1. Пленочные (традиционные лакокрасочные материалы).
2. Пропиточные полимерные системы.
3. Полимерные эластичные покрытия.
4. Интегральные капиллярные системы на минеральной основе.

Если рассматривать материалы для защитных покрытий с позиции применяемых вяжущих в системах, обеспечивающих изоляцию поверхности, то можно выделить две группы:

- 1) материалы на основе органических вяжущих (битумные, дегтевые, полиуретановые, эпоксидные смолы и т. п.);
- 2) материалы на основе минеральных вяжущих.

### Материалы на основе органических вяжущих

Традиционные материалы на основе органических вяжущих хорошо изучены [8], в том числе известны их основные недостатки:

- необходимость нанесения только со стороны позитивного давления грунтовых вод;
- отслоение покрытия под давлением паров воды, мигрирующих к поверхности бетона;
- высокие требования к подготовке поверхности;

- необходимость высушивания бетонного массива до остаточной влажности (не более 5 %);
- снижение эластичности покрытия со временем (старение);
- разрушение под воздействием ультрафиолета, микроорганизмов и грунтовых вод, загрязненных углеводородами (нефтепродуктами);
- низкая ремонтоспособность.

Тем не менее с не меньшей интенсивностью происходят дальнейшее изучение возможностей известных и разработка новых составов на основе органических веществ, о чем свидетельствуют публикации, научные работы и составы на рынке строительных материалов: защитные покрытия, модифицированные полимерами [9], новые составы группы «ЗПСМ» [10], полиуретановые полимерные композиции [11] (появление на рынке новых материалов «КОНСОЛИД» и «ВУК»), материалы на основе олигомеров [12], лигнополимерсиликатная композиция [13], материалы на основе полимерных отходов [14], полимерсиликатные композиции [15], материалы на основе низкомолекулярных олигодиенов [16] и др.

### Материалы на основе минеральных композиций

Материалов на основе минеральных вяжущих с минеральными компонентами существенно меньше, и представлены они значительно хуже [8],

[17] (хотя торговых марок достаточно много), несмотря на наиболее известных и распространенных) появилась в Дании еще в начале 50-х годов XX века. Фирма VANDEX первой получила одноименный материал. Позже на базе этой разработки появились пенетрирующие системы под названиями THORO, PENETRON (США), ХУРЕХ (США, Канада), DRIZORO (Италия) и др. В СССР в 80-х годах проводились исследования, результатом которых стало появление материалов КАЛЬМАТРОН, АКВАТРОН, позже КОРАЛЛ, ЛАХТА, ГИДРОХИТ и т. д.

В середине 90-х годов на российском рынке закрепились материалы группы PENETRON (США). На рынке строительных материалов Республики Беларусь составы на основе минеральных вяжущих КАЛЬМАТРОН и PENETRON (США) обосновались примерно в одно время – в начале 2000-х годов.

К 2016 году на российском рынке строительных материалов составы на минеральной основе представлены уже как зарубежными, так и собственными (российскими) производителями весьма обширно:

- ООО «Защита КОНструкций–М» предлагало среди защитных материалов следующие: КАЛЬМАТЕРМ; ГАМБИТ А-1; ГАМБИТ В-2; КАЛЬМАТРОН И КАЛЬМАТРОН-ЭКОНОМ.

- Группа WASCON предлагала сухие строительные и гидроизоляционные смеси: WASCONMS1, WASCONMS2; WASCONMF3, WASCONMP4 и WASCONMP6 (гидропломба).

- Группа компаний «Эттрилат» специализировалась на разработке, производстве и реализации высокотехнологичных строительных материалов, гидроизолирующих и специальных строительных смесей, таких как: «ГИДРО S»; ЭТТРИЛАТ; ПЛАСТ-ГИДРО; «ГИДРО-ТЭКС», «ЛАХТА», «ХУРЕХ» (КСАЙ-ПЕКС) ПЕНЕТРОН.

- Компания ООО «Консолит» разрабатывала и производила следующий ряд подобных материалов: CONSOLIT 540; БАРСВ45т и В45л; БАРС В60т и В60л; CONSOLIT 140 ГИДРОПЛАГ.

- Торгово-строительная компания «ТРИГЛАВ» предлагала следующие составы, производимые в Словении фирмой «КЕМА»: НИДРОКИТ; НИДРОЗАТ; НИДРОТЕС 94 и КАЛЬМАТРОН.

- ООО «Торговый дом СТРИМ» предлагало комплексную защиту зданий и сооружений, в том числе гидроизоляционные составы: СТРИМСМЕСЬ и СТРИМПЛАГ.

- ЗАО «САЗИ» предлагало: ГИДРОХИТ проникающий; ГИДРОХИТ шовный и ГИДРОХИТ пломба.

- ООО «ПОЛИЭКС-центр М» производило «Полиакватрон Ф» – гидроизоляционный материал проникающего действия, который выпускается по технологическому регламенту, разработанному ГУП НИИМосстрой.

- Среди гидроизоляционных смесей марки Garant использовались следующие материалы: GYDROISOL; GYDRISTOP.

- Сухие смеси фирмы «БИРСС» для гидроизоляции следующие: БИРСС Дихтунгшлам; БИРСС Дихтунгшлам-ТW; БИРСС Гидромиг-63.

- Торговый дом «НИИЖБ-трейдинг» предлагал ряд цементов и гидроизоляционных смесей для бетонных и железобетонных конструкций: цемент серии ГИДРО-S; напрягающий цемент НЦ; смеси проникающего действия ГИДРО-S; Гидротэкс; ГидроСИЛ-15; ГИДРО-ФЛЕКС и АКВАТРОН-6.

- Компания Ceresit предлагала гидроизолирующую массу для устройства жестких гидроизоляционных покрытий CR 65.

На рынке Республики Беларусь на сегодняшний день составы проникающего действия на минеральной основе представлены намного скромнее в основном зарубежными или российскими производителями, а собственные (отечественные) производители практически отсутствуют:

- ЧП «Кальматрон-М» производит и предлагает составы КАЛЬМАТРОН, КАЛЬМАТРОН-ЭКОНОМ, КАЛЬМАТРОН-Д.

- ООО «ДаКроса» осуществляет поставки гидроизоляционной добавки ПЕНЕТРАТ (ПРОНИТРАТ).

- ООО «Пенетрон-Бел» (официальное представительство ГК «Пенетрон – Россия» на территории Республики Беларусь) поставляет ПЕНЕТРОН и ПЕНЕТРОН АДМИКС.

Несмотря на существенно меньшее разнообразие защитных составов с минеральными композициями (особенно проникающего действия) на белорусском рынке на фоне российского, даже в этом случае может возникнуть затруднение в

правильном выборе защитного материала. Для оптимального выбора необходимо учитывать условия эксплуатации, конструктивные решения и свойства материалов: физико-механические, упруго-деформативные и прочностные характеристики, адгезию, технологичность при производстве работ, экологическую и гигиеническую безопасность, экономические показатели, долговечность и др.

### Свойства минеральных составов

Проведенный анализ научно-технической документации [18] показал, что в настоящее время нет единых унифицированных показателей, характеризующих качество систем защитных покрытий. В связи с этим на основании результатов многочисленных и многолетних исследований [18] были предложены для оценки защитных композиций следующие параметры:

1. Адгезия.
2. Диффузионная проницаемость для жидкости и газа.
3. Химическая стойкость.
4. Трещиностойкость.
5. Морозостойкость.
6. Водонепроницаемость.

Некоторые исследователи [19] придерживаются, что на первый план необходимо ставить требования по:

- 1) водонепроницаемости на прижим;
- 2) водонепроницаемости на отрыв;
- 3) паропроницаемости;
- 4) трещиностойкости при динамических нагрузках;
- 5) адгезионной прочности;
- 6) технологичности и простоте обработки;
- 7) долговечности и надежности;
- 8) возможности обработки влажной поверхности.

С учетом приведенной информации представляет практический интерес проведение сравнительного анализа некоторых составов на минеральной основе для ремонтных и противокоррозионных работ, поскольку научных публикаций, раскрывающих в существенном объеме свойства приведенных выше минеральных защитных композиций значительно меньше, чем публикаций о составах на основе органических веществ.

Лучше всего описаны характеристики составов линейки «Кальматрон» (публикации научных и научно-практических результатов исследований коллективов и отдельных авторов [20, 21, 22]. Также можно ознакомиться с некоторыми результатами исследований по составу «Герсмесь» [23], «Лахта» [24] и с обзорной статьей общего представления о составе «Пенетрон Адмикс» [25].

Критериями для сравнения характеристик следует принять основные свойства материалов:

- стойкость к химическим агрессивным средам;
- жизнеспособность раствора (время нахождения смеси в рабочем состоянии с момента затворения водой);
- прочностные характеристики образцов;
- морозостойкость;
- водонепроницаемость;
- толщина покрытия;
- расход состава на кв.м.

Полученные результаты представлены в табличной форме (таблица 2).

### Описания и технологические характеристики материалов линейки «Кальматрон»

Линейка «Кальматрон» состоит: сухая смесь, состоящая из портландцемента, мелкого заполнителя (песок кварцевый) определенной granulometрии и комплекса запатентованных химически активных реагентов.

1. «Кальматрон» – гидроизоляционная смесь проникающего действия. Предназначен для гидроизоляции бетонных и железобетонных конструкций, сооружений и емкостей. Применение состава «Кальматрон» позволяет защитить бетон от воздействия агрессивных сред, повысить морозостойкости и прочности бетона. Бетон становится стойким к воздействию сульфатной, хлоридной, азотной и других видов агрессии. Разрешен к применению на объектах питьевого водоснабжения.

2. «Кальматрон-Эконом» – гидроизоляционная смесь предназначена для заделки швов, трещин и устройства защитных штукатурных покрытий по бетонным и кирпичным поверхностям, с обеспечением водонепроницаемости, прочности и морозостойкости. Материал обладает высокой адгезией к бетону, кирпичу, натуральному камню.

Таблица 2. Результаты сравнительных характеристик минеральных составов проникающего действия

Вид состава	Стойкость к химически агрессивным средам	Жизнеспособность раствора, мин	Морозостойкость, циклов	Водонепроницаемость, W	Прочность сцепления с бетоном через 28 сут, МПа	Глубина проникновения, см	Толщина покрытия, мм	Расход, кг/кв.м
Гидротэкс	+	5–60	От 300	6–10	2,6–4,8	Более 10	2–15	2,5–4,0
Акватрон	+	До 60	300	10–14	1,5–2,0	До 10	2	2–9
БАРС	–	15–30	200–300	10–16	2,5–3,0	–	–	30–40
HIDROTЭС	+	30	300	7	2,2	–	–	2,5–4
CONSOLIT	+–	До 240	300	–	1,0	–	10–30	14–15
Гидро S	+–	60	До 500	14–16	1,8–2,0	–	10–30	18–50
Эттрилат	+–	40	До 500	12–18	2,5–3,0	–	10–20	8–18
Лахта	+	5–240	300	10–16	1,2–1,6	До 20	1,25	1–25
Пенетрон	+	30	До 300	До 14	1,7	До 25	1,2–2,0	1–2
Герсмесь	+	5–30	300	10–15	3,0	Более 10	2–4	2,4–6
Кальматрон	+	15–30	До 400	12–18	3,1	Более 15	1,5–5,0	2,4–5

3. «Кальматрон-Д» – добавка кольматирующая для бетонов, предназначена для шумоизоляции всей толщи бетонных и железобетонных конструкций на стадии бетонирования. Использование добавки «Кальматрон-Д» позволяет исключить вторичную защиту бетона.

### Заключение

По результатам можно сделать выводы:

1. При срочных ремонтных работах целесообразнее использовать «Кальматрон», «Гидротэкс», «Герсмесь».
2. Наиболее высокое сцепление с бетонной поверхностью зафиксировано у составов «Гидротэкс», «Кальматрон», «Герсмесь», «Эттрилат».
3. Морозостойкость практически у всех составов одинаковы (выдерживают до 300 циклов попеременного замораживания-оттаивания).

### Литература

1. СНиП 2.03.11-85\*. Защита строительных конструкций от коррозии [Текст]. – Взамен СНиП П-28-73\*, СН 65-76 ; введ. 1986-01-01. – М. : Госстрой, ЦИТИ, 1985. – 55 с.

4. С позиции водонепроницаемости наилучшими в порядке убывания являются: «Кальматрон», «Эттрилат», «ГидроS», «Лахта».
5. Расход материала составов (в порядке возрастания от наиболее экономных) «Лахта», «Пететрон», «Кальматрон».

Для защитных покрытий проникающего и поверхностного действия с целью получения лучшей по свойствам гидроизоляции рекомендуется применять следующие материалы: «Кальматрон», «Гидротэкс», «Герсмесь», «Лахта». При этом в случае возникновения необходимости проведения срочных работ лучше подойдут «Кальматрон» и «Гидротэкс».

Авторами не учитывался фактор стоимости составов для защитных покрытий, а также некоторые другие характеристики, которые могут повлиять на занимаемые позиции составов в текущем рейтинге их эффективности.

### Reference

1. SNiP 2.03.11-85\*. Corrosion protection of building structures [Text]. M. : State Committee for Construction, CI of standard designing, 1985. 55 p. (in Russian)

2. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии [Текст]. – Введ. 1986-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1985. – 21 с.
3. ТКП 2.01-111-2008 (02250). Защита строительных конструкций от коррозии. Правила проектирования [Текст]. – Введен впервые (с отменой СНиП 2.03.11-85) ; введ. 2009-01-01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 130 с.
4. ТКП 5.09-33-2006 (02250). Антикоррозионные покрытия строительных конструкций зданий и сооружений. Правила устройства [Текст]. – Введен впервые (с отменой СНиП 3.04.03-85) ; введ. 2006-03-03. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 21 с.
5. СТБ EN 1504-2-2009. Изделия и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Определение, требования, контроль качества и оценка соответствия. Ч. 2. Системы защитных покрытий для бетона [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2010-01-01. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2009. – 123 с.
6. Большаков, Э. Л. Сухие смеси для бетонов с повышенной водонепроницаемостью [Текст] / Э. Л. Большаков // Строительные материалы. 1998. № 11. С. 123–124.
7. Терехина, Г. С. Эффективные материалы отечественного производства для вторичной защиты железобетонных конструкций [Текст] / Г. С. Терехина // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. № 8. С. 8–10.
8. Железобетон в XXI веке: состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России [Текст] / Госстрой России ; НИИЖБ. – Москва : Готика, 2001. – 684 с.
9. Вавренюк, С. В. Эффективные защитные покрытия, модифицированные полимерами [Текст] : дис... д-ра техн. наук : 05.23.05 / Вавренюк Светлана Викторовна. – Москва, 2006. – 241 с.
10. Зайцев, Г. Е. Новые составы и системы для защиты бетонных конструкций [Текст] / Г. Е. Зайцев [и др.] // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве : материалы междунар. конференции (10–12 октября 2007, Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург, 2007. С. 344–347.
11. Степанова, В. Ф. Системы покрытий на основе полиуретановых полимерных композиций для вторичной защиты железобетонных конструкций [Текст] / В. Ф. Степанова, С. Е. Соколова, А. Л. Полушкин // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве : материалы междунар. конференции (10–12 октября 2007 г., Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург, 2007. С. 344–347.
12. Никитченко, А. А. Составы и технология строительных материалов на основе олигомеров для коррозионной защиты сооружений [Текст] : дис... канд. техн. наук : 05.23.05 / Никитченко Анатолий Александрович. – Воронеж, 2008. – 213 с.
2. SNiP 3.04.03-85. Protection of building structures and structures from corrosion [Text]. M. : State Committee for Construction USSR, 1985. – 21 c. (in Russian)
3. ТКП 2.01-111-2008 (02250). Protection of building structures from corrosion. Design rules [Text]. Minsk : Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2009. 130 p. (in Russian)
4. ТКП 5.09-33-2006 (02250). Corrosion-resistant coatings of building structures of buildings and structures. Device rules [Text]. Minsk : Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2006. 21 p. (in Russian)
5. STB EN 1504-2-2009. Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and conformity assessment. P. 2. Protective coating systems for concrete [Text]. Minsk : State Standard of the Republic of Belarus, 2009. 123 p. (in Russian)
6. Bolshakov, E. L. Dry mixes for concrete with increased water resistance [Text]. In: *Construction Materials*. 1998. № 11. P. 123–124. (in Russian)
7. Terekhina, G. S. Effective materials of domestic production for secondary protection of reinforced concrete structures [Text]. In: *Building materials, equipment, technologies of the 21st century*. 2009. № 8. P. 8–10. (in Russian)
8. Reinforced concrete in the XXI century: state and prospects of development of concrete and reinforced concrete in Russia [Text] / State Committee for Construction of Russia; CRCRI. Moscow : Gothic, 2001. 684 p. (in Russian)
9. Vavrenyuk, S. V. Effective Polymer Modified Protective Coatings [Text] : D. Sc (Eng.) thesis : 05.23.05. Moscow, 2006. 241 p. (in Russian)
10. Zaytsev, G. Ye. [et. ai.] New compositions and systems for the protection of concrete structures [Text]. In: *Problems of the durability of buildings and structures in modern construction: materials of the international conferences*. St. Petersburg, 2007. P. 344–347. (in Russian)
11. Stepanova, V. F.; Sokolova, S. Ye.; Polushkin, A. L. Coating systems based on polyurethane polymer compositions for secondary protection of reinforced concrete structures [Text]. In: *Problems of the durability of buildings and structures in modern construction: materials of the international conferences*. St. Petersburg, 2007. P. 344–347. (in Russian)
12. Nikitchenko, A. A. Compositions and technology of building materials based on oligomers for corrosion protection of structures [Text] : Ph. D. (Eng.) thesis : 05.23.05. Voronezh, 2008. 213 p. (in Russian)
13. Shurysheva, G. V. Lignopolymersilicate composition for protecting concrete against organogenic corrosion [Text] : Ph. D. (Eng.) thesis : 05.23.05. Krasnoyarsk, 2008. 141 p. (in Russian)
14. Savosin, A. V. Composite building material based on polymeric waste with improved anti-corrosion

13. Шурышева, Г. В. Лигнополимерсиликатная композиция для защиты бетона от органической коррозии [Текст] : дис... канд. техн. наук : 05.23.05 / Шурышева Галина Валерьевна. – Красноярск, 2008. – 141 с.
14. Савосин, А. В. Композиционный строительный материал на основе полимерных отходов с улучшенными антикоррозионными свойствами [Текст] : дис... канд. техн. наук : 05.23.05 / Савосин Александр Владимирович. – Волгоград, 2009. – 183 с.
15. Городецкий, С. А. Полимерсиликатные композиции для защиты от коррозии конструкций и инженерных систем сельскохозяйственных зданий [Текст] : дис... канд. техн. наук : 05.23.05 / Городецкий Сергей Александрович. – Новосибирск, 2011. – 184 с.
16. Сапелкин, Р. И. Технология устройства покрытий из высокопрочных коррозионноустойчивых материалов на основе низкомолекулярных олигодиенов [Текст] : дис... канд. техн. наук : 05.23.08 / Сапелкин Роман Иванович. – Воронеж, 2011. – 155 с.
17. Шилин, А. А. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами [Текст] / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Картузов. – М : Стройиздат, 2004. – 144 с.
18. Степанова, В. Ф. Выбор критериев оценки и основных показателей качества антикоррозионных покрытий на бетоне [Текст] / В. Ф. Степанова, С. Е. Соколова, А. Л. Полушкин // Строительные материалы. 2000. №10. С. 12–13.
19. Серебренникова, Н. Д. Критерии и методы оценки долговечности герметизирующих материалов [Текст] / Н. Д. Серебренникова // Строительные материалы. 2003. № 12. С. 22–23.
20. Герчин, Д. В. Особенности применения защитного состава «Кальматрон» для повышения долговечности бетонов зданий и сооружений [Текст] / Д. В. Герчин // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве : материалы междунар. конференции (10–12 октября 2007 г., Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург, 2007. С. 338–343.
21. Полейко, Н. Л. Повышение эксплуатационных характеристик бетона строительных конструкций с применением системы «Кальматрон» [Текст] / Н. Л. Полейко, С. В. Журавский, Ю. Н. Темников // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. тр. в 2 ч. ; ч. 2. [редкол. : М. Ф. Марковский и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2009. С. 365–375.
22. Прочностные и эксплуатационные характеристики бетона строительных конструкций защищенных системой «Кальматрон» [Текст] / Н. Л. Полейко, С. Н. Леонович, Ю. Н. Темников [и др.] // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского Союза в области строительства : сб. научн.-техн. ст. в 2 ч. ; ч. 2. ; (22–23 мая 2013 г., Минск) / Белорус. нац. техн. properties [Text] : Ph. D. (Eng.) thesis : 05.23.05. Volgograd, 2009. 183 p. (in Russian)
15. Gorodetsky, S. A. Polymer silicate compositions for corrosion protection of structures and engineering systems of agricultural buildings [Text] : Ph. D. (Eng.) thesis : 05.23.05. Novosibirsk, 2011. 184 p. (in Russian)
16. Sapelkin, R. I. Technology of device coatings of high-strength corrosion-resistant materials based on low molecular weight oligodienes [Text] : Ph. D. (Eng.) thesis : 05.23.08. Voronezh, 2011. 155 p. (in Russian)
17. Shilin, A. A.; Pshenichny, V. A.; Kartuzov, D. V. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials [Text]. M : Stroizdat, 2004. 144 p. (in Russian)
18. Stepanova, V. F.; Sokolova, S. Ye.; Polushkin, A. L. Selection of evaluation criteria and key quality indicators of anticorrosive coatings on concrete [Text]. In: *Construction Materials*. 2000. № 10. P. 12–13. (in Russian)
19. Serebrennikova, N. D. Criteria and methods for assessing the durability of sealing materials [Text] In: *Construction Materials*. 2003. № 12. P. 22–23. (in Russian)
20. Gerchin, D. V. Features of the application of the protective composition «Kalmatron» to increase the durability of concrete of buildings and structures [Text]. In: *Problems of the durability of buildings and structures in modern construction: materials of the international conferences*. St. Petersburg, 2007. P. 338–343. (in Russian)
21. Poleyko, N. L.; Zhuravsky, S. V.; Temnikov, Yu. N. Improving the performance characteristics of concrete building structures using the «Kalmatron» system [Text]. In: *Problems of modern concrete and reinforced concrete: proceedings in 2 parts; p. 2*. [Editorial board: M. F. Markovsky et. al.]. Minsk : Minsktipproekt, 2009. P. 365–375. (in Russian)
22. Poleyko, N. L.; Leonovich, S. N.; Temnikov, Yu. N. [et. al.] Strength and performance characteristics of concrete building structures protected by the «Kalmatron» system [Text]. In: *Issues of implementing design standards and European Union standards in the field of construction: volume of sci tech articles*. In 2 parts; p. 2.; [editorial board: V. F. Zverev et. al.]. Minsk, 2013. P. 145–158. (in Russian)
23. Lomonosova, T. I. Mineral binders-enhanced protective coatings for building structures [Text] : abstract of thesis of Ph. D. in Engineering : 05.23.05. Moscow, 2010. 26 p. (in Russian)
24. Waterproofing «Lakhta» against the background of foreign analogues [Text]. In: *Construction Materials*. 2002. № 1. P. 6–7. (in Russian)
25. Balakin, D. V. Composite capillary additives in concrete, reducing permeability with the effect of self-healing cracks as a new qualitative level of primary protection of concrete structures [Text]. In: *Problems of modern concrete and reinforced concrete: proceedings in 2 parts; p. 2.* ; [editorial board:



- нич. ун-т.; [редкол.: В. Ф. Зверев и др.]. – Минск, 2013. С. 145–158.
23. Ломоносова, Т. И. Защитные покрытия повышенной долговечности на основе минеральных вяжущих для строительных конструкций [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.23.05 / Ломоносова Татьяна Ионовна. – Москва, 2010. – 26 с.
24. Гидроизоляция «Лахта» на фоне зарубежных аналогов [Текст] // Строительные материалы. 2002. № 1. С. 6–7.
25. Балакин, Д. В. Композиционные капиллярные добавки в бетон, снижающие проницаемость с эффектом самозалечивания трещин как новый качественный уровень первичной защиты бетонных конструкций [Текст] / Д. В. Балакин // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. тр. в 2 ч. ; ч. 2 ; [редкол. : М. Ф. Марковский и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2009. С. 58–61.
- M. F. Markovsky et. al.]. Minsk : Minsktipproekt, 2009. P. 58–61. (in Russian)

**Леонович Сергей Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры строительных материалов и технологии строительства, декан строительного факультета Белорусского национального технического университета. Научные интересы: в области прочности, трещиностойкости и долговечности, применения механики разрушения (теории трещин) для оценки долговечности конструкционного бетона при воздействии высоких температур, циклического замораживания-оттаивания, хлоридной агрессии и карбонизации; неразрушающих методов и системы мониторинга зданий и сооружений, методов расчета – прогноза срока службы материалов и конструкций в экстремальных условиях эксплуатации

**Полейко Николай Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологии строительства Белорусского национального технического университета. Научные интересы: прочностные характеристики сцепления арматуры с бетоном, модифицированным защитными минеральными композициями.

**Будревич Нелли Анатольевна** – магистрант Белорусского национального технического университета. Научные интересы: конструкционный бетон, модифицированный графеном, неразрушающие методы контроля качества бетона.

**Леонович Сергій Миколайович** – доктор технічних наук, професор кафедри будівельних матеріалів і технології будівництва, декан будівельного факультету Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: в області міцності, тріщиностійкості і довговічності, застосування механіки руйнування (теорії тріщин) для оцінки довговічності конструкційного бетону при дії високих температур, циклічного заморожування-відтавання, хлоридної агресії і карбонізації; неруйнівних методів і системи моніторингу будівель і споруд, методів розрахунку – прогнозу терміну служби матеріалів і конструкцій в екстремальних умовах експлуатації.

**Полейко Микола Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних матеріалів і технології будівництва Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: міцнісні характеристики зчеплення арматури з бетоном, модифікованим захисними мінеральними композиціями.

**Будревич Неллі Анатоліївна** – магістрант Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: конструкційний бетон, модифікований графеном, неруйнівні методи контролю якості бетону.

**Leonovich Sergei** – D. Sc. (Eng.), Professor, Building Materials and Construction Technology Department, Dean of Civil Engineering Faculty, Belarusian National Technical University. Scientific interests: in the field of strength, crack resistance and durability; the use of fracture mechanics (theory of cracks) to assess the durability of structural

concrete when exposed to high temperatures, cyclic freezing-thawing, chloride aggression and carbonization; non-destructive methods and systems for monitoring buildings and structures, calculation methods – forecasting the life of materials and structures in extreme operating conditions.

**Poleyko Nikolay** – Ph.D., Associate Professor, Department of Building Materials and Construction Technology, Belarusian National Technical University. Scientific interests: strength characteristics of adhesion of reinforcement to concrete modified with protective mineral compositions.

**Budrevich Nelli** – Master's student, Belarusian National Technical University. Scientific interests: graphene modified structural concrete, non-destructive concrete quality control methods.