

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-8-16

Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru*

СВЕЯЩИЕСЯ ДЕКОРАТИВНЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация. Получены светящиеся изделия из архитектурно-декоративных бетонов с применением фотолюминесцентного пигмента, формируемые в различных положениях и любой конфигурации, не теряющих своей архитектурной выразительности в течение длительного срока эксплуатации. Применение изделий с эффектом свечения обеспечивает увеличение безопасности в темное время суток и является дополнительным средством сигнализации на опасных и мало освещенных участках дорог, стоянках, велодорожках. Оптимально подобранные материалы и способ обработки поверхности изделий обеспечивают декоративность малых архитектурных форм и в дневное время. Разработаны составы архитектурно-декоративного бетона и произведена оценка влияния количественного содержания фотолюминесцентного пигмента на основные физико-механические характеристики. Исследованы реологические и физико-механические свойства цементных суспензий и архитектурно-декоративных бетонов на их основе, а также дана оценка декоративности и свечения изделий с фотолюминесцентным пигментом по разработанным авторским методикам. Полученный рекомендованный состав светящихся архитектурно-декоративных бетонов с применением белого портландцемента СЕМ I 52,5 N, фракционированных отходов дробления мрамора, модификатора поликарбоксилатного типа и фотолюминесцентного пигмента, что позволяет получать изделия, обладающие эффектом свечения, высокими архитектурно-декоративными и физико-механическими характеристиками.

Ключевые слова: декоративный бетон, фотолюминесцентный пигмент, отходы камнедробления, мрамор, светящийся бетон.

Введение. В отечественной и зарубежной практике широко исследованы вопросы производства и применения архитектурно-декоративного бетона и изделий на его основе. В состав декоративного бетона в зависимости от назначения могут вводиться пигменты или модификаторы с целью получения изделий с высокими эстетическими и эксплуатационными свойствами [1–5]. Эстетическая ценность изделий из декоративных бетонов заключается в архитектурной выразительности поверхностной структуры. Малые архитектурные формы с данными свойствами органично интегрируются в любую архитектуру и дизайн среды. Тем не менее, вопрос функционального использования изделий из декоративного бетона в темное время суток ранее не рассматривался.

Введение в состав декоративного бетона фотолюминесцентного пигмента, при сохранении всех требуемых эксплуатационных характеристик, позволит обеспечить дополнительное свойство – свечение для архитектурной выразительности изделий в ночной период времени. Актуальность данного исследования определяется тем, что эффект свечения позволяет расширить возможности функционального применения архитектурно-декоративных изделий и повысить их технико-экономическую эффективность за

счет экономии электроэнергии путем исключения дополнительных источников освещения на общественных территориях, а также повышения безопасности дорожного движения и пешеходных потоков. В настоящее время применение фотолюминесцентного пигмента в бетоне исследовано недостаточно. Известный способ внедрения фотолюминесцентных пигментов в изделия из декоративного бетона, направленный на обеспечение свечения только верхнего декоративного слоя, имеет ряд существенных недостатков: он не обеспечивает свечение на весь период эксплуатации, технологически не позволяет изготавливать изделия сложных конфигураций и, снижает физико-механические характеристики материала [6, 7]. Целью исследования является изучение характеристик фотолюминесцентного пигмента и формирование декоративных светоизлучающих поверхностей изделий с применением фотолюминесцентного пигмента с возможностью изготовления изделий с лицевой поверхностью, формируемой в различных положениях и разных конфигурациях, при сохранении физико-механических характеристик бетона, с обеспечением высокой архитектурно-декоративной выразительности в дневное время и стойкого свечения в темное время суток в течение всего срока службы. Для

достижения поставленной цели определены критерии выбора вяжущего; исследовано влияние фотолюминесцентного пигмента на реологические, физико-механические и декоративные свойства архитектурно-декоративных бетонов.

Материалы и методы. Физико-механические свойства исходных компонентов, реологические характеристики цементных суспензий и архитектурно-декоративных бетонных смесей, физико-механические свойства изделий, изготовленных на их основе, оценивали в соответствии с ГОСТ 25.503-97 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие; ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости; ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности и разработанной авторами методикой по оценке свечения фотолюминесцентного пигмента в бетоне, заключающейся в измерении яркости свечения люксметром в темном помещении (яркость освещения – 0 Лк) после накопления образцом световой энергии при выбранном источнике освещения. Оценка архитектурной выразительности изделий из декоративного бетона осуществлялась по балльной системе с учетом каждого параметра декоративности. Класс декоративности бетона устанавливался путем сопоставления итоговой среднеарифметической оценки декоративности с соответствующей классификацией бетонов [8]. Для изучения сцепления частиц пигмента с цементным камнем бетона были подготовлены образцы бетонного лома контрольного состава с применением белого портландцемента, различных фракций отходов камнедробления мрамора, фотолюминесцентного пигмента, введенного в смесь в количестве 7 % от массы вяжущего, и модификатора поликарбоксилатного типа, а для сравнительного анализа были подготовлены образцы с применением портландцемента и пигмента. Для проведения исследований образцы подвергались разрушению, также была произведена оценка их свечения. Исследования проводились с применением египетского белого портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N; турецкого белого портландцемента Adana CEM I 52,5 R, российского белого портландцемента Holcim DecoCem (Щуровский цемент) ЦЕМ I 52,5 Н и серого портландцемента Себряковцемент ЦЕМ I 42,5 Н Д-0.

Основная часть. Декоративный бетон изготавливался с применением белого и цветных портландцементов, заполнителей, пигментов, модификаторов, позволяющих получать бетоны с различным цветовым оттенком, а также бетоны с фактурой, близкой к природным каменным материалам. Декоративный бетон с применением фотолюминесцентного пигмента аккумулирует

энергию, которую преобразует в свет в темное время суток и сохраняет яркость свечения достаточно длительный период времени [9, 10]. На первом этапе был проведен эксперимент по определению свечения фотолюминесцентного пигмента в бетонах с применением белого и серого портландцементов. Критериями выбора вяжущего являлись декоративность полученных бетонов на разных цементах и эффект свечения образцов.

При проведении эксперимента по накоплению световой энергии в бетонную смесь с применением белого и серого портландцементов был введен фотолюминесцентный пигмент на стадии сухого перемешивания в установленном количестве 5 % от массы портландцемента. Образцы в течение 60 минут аккумулировали солнечную энергию при естественном освещении. Свечение образца с белым портландцементом составляет 2,5 Лк, у образца на сером портландцементе свечение отсутствует, с применением цветных пигментов свечение составило 0,11 Лк (рис. 1).

В ходе эксперимента было установлено, что вид портландцемента оказывает влияние на свечение готового изделия: серый портландцемент и введенный цветной пигмент в состав бетона приглушают эффект свечения, поэтому при введении фотолюминесцентного пигмента очень сложно добиться яркости свечения, который достигается при использовании белого портландцемента при одинаковой дозировке фотолюминесцентного пигмента. Поэтому изделия из белого портландцемента с применением фотолюминесцентного пигмента и отходов камнедробления мрамора следует отнести к высокодекоративным бетонам.

Также выявлено, что максимальное свечение образца отмечено при зарядке при естественном освещении и солнечном свете с освещенностью в 50,0 Лк (рис. 2). Установлено, что на интенсивность свечения фотолюминесцентного пигмента влияет и цветовая температура источника освещения. Пигмент работает интенсивнее при зарядке более холодной цветовой температурой в 6500 К относительно более теплой 3000 К в 5,2...6,91 раза (рис. 3).

Светящиеся изделия из архитектурно-декоративных бетонов содержат в своем составе пигменты в диапазоне до 10 % от массы портландцемента, которые могут оказывать существенное влияние как на реологические характеристики бетонных смесей, так и на физико-механические характеристики изделий на их основе. Проведен анализ реологических свойств цементных суспензий белых портландцементов с фотолюминесцентным пигментом, модифицированных добавками поликарбоксилатного типа. Многочис-

ленные эксперименты комплексных модификаторов поликарбоксилатного типа доказывают их

высокую эффективность для декоративных бетонов [11].

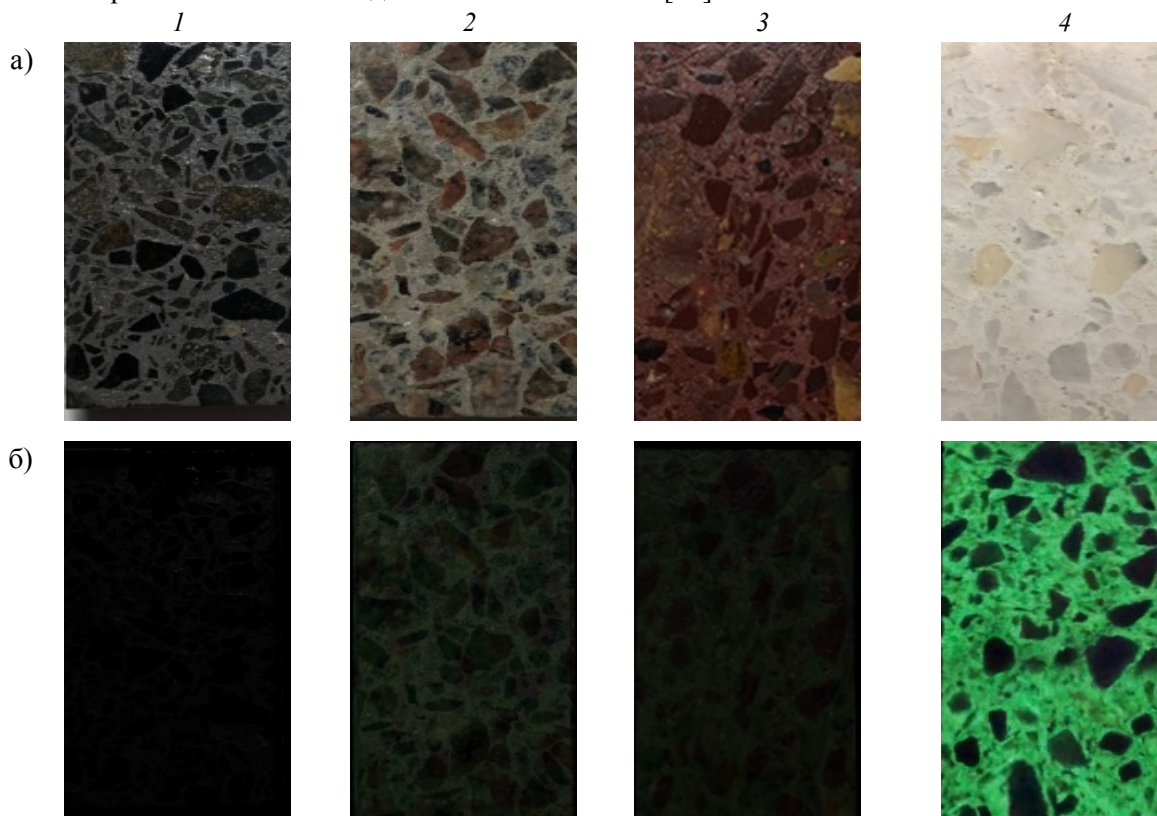


Рис. 1. Свечение образцов декоративного бетона с введенным фотолюминесцентным пигментом в количестве 5 %:

- а) образцы, с применением различных видов портландцемента при естественном освещении;
- б) свечение образцов с применением различных видов портландцемента при отсутствии освещения;
- 1) образец на сером портландцементе с применением цветового пигмента;
- 2) образец на сером портландцементе без цветового пигмента;
- 3) образец на белом портландцементе с применением цветового пигмента;
- 4) образец на белом портландцементе без цветового пигмента

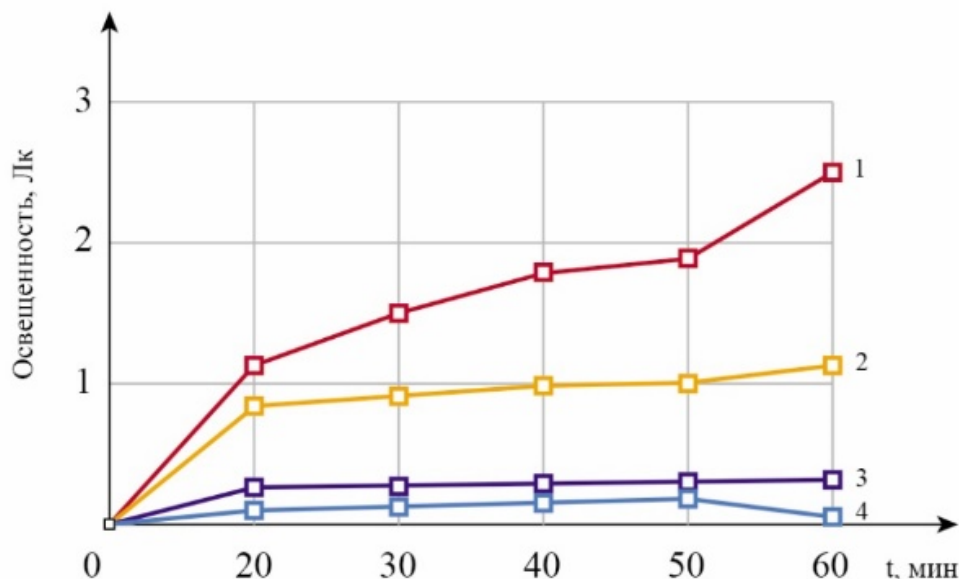


Рис. 2. График зависимости яркости свечения фотолюминесцентного пигмента в белом и сером портландцементе при естественном освещении:

- 1) солнечный свет при ясной погоде на белом портландцементе;
- 2) солнечный свет при пасмурной погоде на белом портландцементе;
- 3) солнечный свет при ясной погоде на сером портландцементе;
- 4) солнечный свет при пасмурной погоде на сером портландцементе

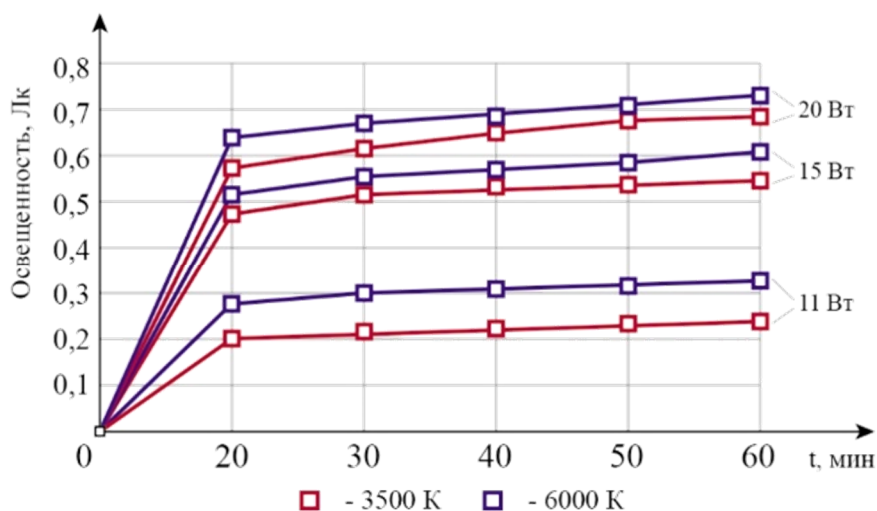


Рис. 3. График яркости свечения фотолюминесцентного пигмента при искусственном освещении в зависимости от цветовой температуры источника освещения: — образец на белом порتلандцементе; — образец на сером порتلандцементе

По результатам исследований [12, 13] установлено, что лучший результат при максимальном экономическом эффекте достигается при введении модификатора в диапазоне 0,3...0,7 %.

Цементные суспензии приготовлены с одинаковым водоцементным отношением (В/Ц), дозировкой модификатора 0,4 % от массы порتلандцемента и фотолюминесцентным пигментом в количестве 5 % от массы порتلандцемента (табл. 1).

Таблица 1

Реологические свойства цементной суспензии с пигментом в зависимости от вида модификатора поликарбоксилатного типа

Наименование модификатора поликарбоксилатного типа	Содержание модификатора, % от массы порتلандцемента	Диаметр расплыва миниконуса, D, мм	Диаметр расплыва миниконуса через 1 час, D, мм
<i>Египетский белый порتلандцемент Aalborg CEM I 52,5 N</i>			
Без модификатора	0	37	37
MC-PowerFlow 6955	0,4	139	61
MC-PowerFlow 7951		195	154
MC-PowerFlow 3100		153	70
Полипласт ПК тип S		83	51
<i>Турецкий белый порتلандцемент Adana CEM I 52,5 R</i>			
Без модификатора	0	33	35
MC-PowerFlow 6955	0,4	95	41
MC-PowerFlow 7951		138	110
MC-PowerFlow 3100		129	65
Полипласт ПК тип S		75	67
<i>Российский белый порتلандцемент Holcim DecoCem ЦЕМ I 52,5 Н</i>			
Без модификатора	0	31	29
MC-PowerFlow 6955	0,4	85	49
MC-PowerFlow 7951		120	79
MC-PowerFlow 3100		70	61
Полипласт ПК тип S		50	43

При анализе данных, представленных в табл. 1, следует отметить высокий начальный расплыв цементной суспензии с модификаторами поликарбоксилатного типа MC-PowerFlow 7951 и MC-PowerFlow 3100. Модификатор MC-PowerFlow 7951 в большей мере адсорбируется на цементных зернах, обеспечивая лучшую подвижность, в результате чего растекаемость цементной суспензии с применением египетского

белого порتلандцемента Aalborg CEM I 52,5 N выше и составляет 154 мм по сравнению с MC-PowerFlow 3100, где расплыв конуса равен 70 мм. Модификаторы Полипласт ПК тип S и с MC-PowerFlow 6955 показывают более низкие пластифицирующие свойства в приведенных цементных суспензиях, кроме того, в течение часа теряют свою эффективность.

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют о том, что введение модификатора поликарбоксилатного типа MC-PowerFlow 7951 в смесь в количестве 0,4 % от массы египетского портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N является наиболее эффективным.

Авторами рассмотрена возможность использования отходов камнеобработки в качестве заполнителей, что отвечает современным требованиям по экологически чистым энерго- и ресурсосберегающим технологиям. Исследования [14–17] показывают, что использование отходов дробления мрамора вместо природных материалов в производстве бетона является экономически выгодным и сокращает вред, наносимый окружающей среде данной промышленной отраслью.

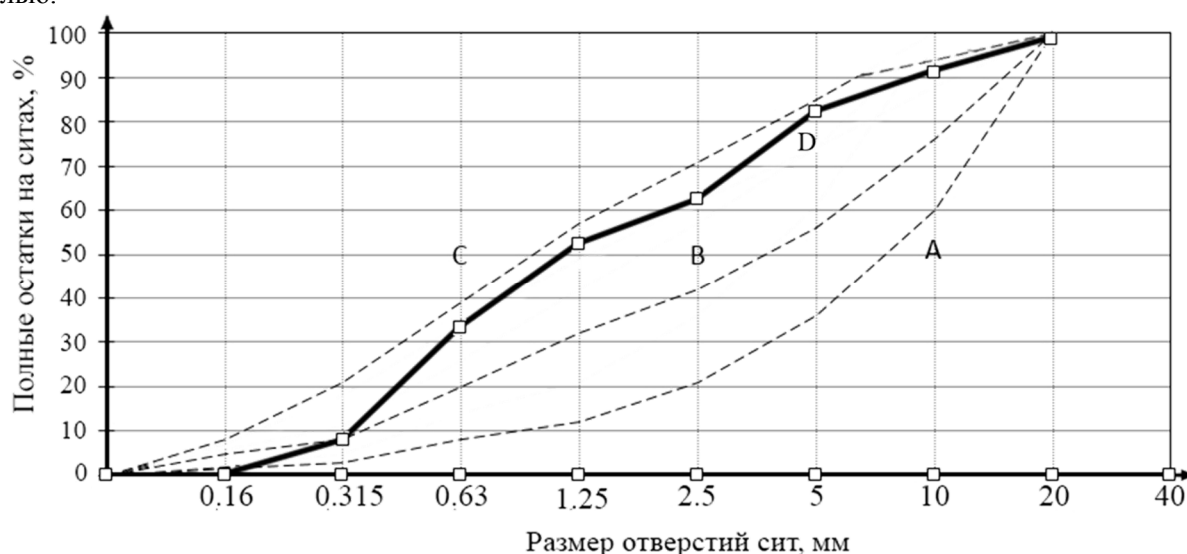


Рис. 4. Рассчитанный и эталонный гранулометрические составы исходных компонентов:
 А) нижняя граница погрешности; В) оптимальная кривая распределения; С) верхняя граница погрешности;
 D) расчетный состав

Для оценки влияния количественного содержания фотолюминесцентного пигмента в составе декоративного бетона на основе белого портландцемента на основные физико-механические характеристики изделий, были изготовлены образцы бетона с заданной удобоукладываемостью. Физико-механические характеристики контрольного состава и составов декоративного бетона на основе белого портландцемента с разной дозировкой фотолюминесцентного пигмента представлены в табл. 2.

По результатам испытаний можно сделать вывод о том, что при условии введения фотолюминесцентного пигмента до 10 % от массы портландцемента и соблюдения $В/Ц \leq 0,45$ (табл. 2, составы 2 и 3), прочность на сжатие и марка по морозостойкости образцов светящегося архитектурно-декоративного бетона соответствуют ха-

Эффективным методом проектирования оптимального соотношения компонентов разного фракционного состава и приближения гранулометрического состава смеси к эталонной кривой распределения является метод сложения эмпирических распределений частиц исходных компонентов с возможностью изменения их объемных (или массовых) долей в смеси.

Для определения оптимального гранулометрического состава в качестве основного критерия рассматривалась величина расхождения рассчитанного гранулометрического состава смеси компонентов и эталонного гранулометрического состава, выраженного оптимальной кривой распределения (рис. 4).

рактикам бетона без пигмента. Это подтверждает возможность получения изделий, обладающих эффектом свечения и имеющих физико-механическими характеристиками, соответствующими условиям эксплуатации.

Исходя из полученных данных следует, что цвет портландцемента оказывает влияние на свечение готового изделия: серый цвет портландцемента приглушает эффект свечения - поэтому при введении пигмента очень сложно добиться яркости свечения, которая достигается при использовании белого портландцемента при одинаковой дозировке фотолюминесцентного пигмента. Поэтому для производства светящегося бетона рекомендуется использовать белый портландцемент. Последующие эксперименты проводились на Египетском белом портландцементе Aalborg CEM I 52.5 N.

Таблица 2

Результаты испытаний контрольного состава и составов декоративного бетона на основе белого портландцемента с разной дозировкой фотолюминесцентного пигмента

Со- став	Количество фотолюминес- центного пигмента, % от массы портландцемента	В/Ц	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа в возрасте, сут.		Марка по морозо- стойкости
				7	28	
1	0	0,42	2363	41,5	55,3	F ₁ 200
2	5	0,40	2363	40,4	55,0	F ₁ 200
3	10	0,45	2360	39,8	54,9	F ₁ 200
4	15	0,45	2350	20,5	32,3	F ₁ 100
5	20	0,44	2364	18,4	28,5	F ₁ 100

Выводы. Декоративность бетонных образцов оценена тремя основными показателями: цветом, текстурой и фактурой, которые включают в себя проявление на поверхности декоративного бетона строения заполнителя, степень развития рисунка, степень проявления структуры, свечение, текстуру поверхности и т.д. Свечение образца с белым портландцементом составляет 2,5 Лк, у образца на сером портландцементе свечение отсутствует, с применением цветных пигментов свечение составило 0,11 Лк. В связи с чем изделия из белого портландцемента с применением фотолюминесцентного пигмента и отходов камнедробления мрамора следует отнести к высокодекоративным бетонам.

Также выявлено, что фотолюминесцентный пигмент работает интенсивнее при зарядке более холодной цветовой температурой в 6500 К относительно более теплой 3000 К в 5,2...6,91 раза.

Подобрана оптимальная дозировка модификатора поликарбоксилатного типа MC-PowerFlow 7951, составляющая 0,4 % от массы египетского портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N при количестве фотолюминесцентного пигмента 5 % от массы вяжущего.

Применение бетона в современной строительной индустрии определяется не только его технологическими, эксплуатационными и экономическими характеристиками, но и архитектурно-декоративной выразительностью и экологической целесообразностью. Разработанный состав архитектурно-декоративного бетона с применением белого портландцемента (CEM I 52,5 N), фракционированных отходов дробления мрамора, модификатора поликарбоксилатного типа и фотолюминесцентного пигмента, позволяет получать изделия, характеризующиеся высокими физико-механическими и архитектурно-декоративными характеристиками с эффектом свечения, отвечающие современным экологическим требованиям и расширяющие спектр функционального применения в современном строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yan Li, Shuxia Ren. Building Decorative Materials. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2011, pp. 10–24.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика // 2-е изд-ие, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.
3. Калашников, В.И. Бетоны старого и нового поколений. Состояние и перспективы // Наука: 21 век. 2012. №1. С 60–67.
4. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малюкова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сборнике: Научно-технологические инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347–353.
5. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Яковлева Е.А., Корякина А.А. Декоративные элементы как способ эстетического осмысления пространства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 7–13.
6. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Milkina A.S. Improving New Generation Concretes (NGCs) by Introducing Technogenic Materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018.
7. Патент РФ на изобретение № 2017119537, 05.06.2017. Способ внедрения фотолюминесцентных пигментов в изделия из декоративного бетона // Патент России № 2668596. 2017. Бюл. № 28. / Столяров И.В., Шукурлаев Е.А.
8. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. К вопросу о разработке единой методики по оценке декоративности бетона // Международная научно-практическая конференция. Брянск. С. 120–126.
9. Арцукевич И.М. Получение светопроводящего бетона // Наука и образование сегодня. 2017. №12(23).
10. Леденева Г.Л., Воронов В.В. Люмобетон и метод естественной спектакулярности // Бизнес и дизайн ревю. 2019. № 3 (15). С. 10.

11. Тарасов В.Н., Гусев Б.В., Петрунин С.Ю., Короткова Н.П., Гарновесов А.П. Оценка эффективности применения поликарбоксилатных суперпластификаторов для производства бетона // Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2018, Т.4, №1.

12. Liu J., Ran Q., Miao C., Qiao M. Effects of Grafting Densities of Comb-Like Copolymer on the Dispersion Properties of Concentrated Cement Suspensions // Materials Transactions. 2012. Vol. 53. Pp. 553–558.

13. Леденев А.А., Усачев С.М., Перцев В.Т., Рудаков О.Б. Повышение эффективности применения химических добавок для бетонов на основе поликарбоксилатов // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство И Архитектура. 2013. № 2(30). С. 49–54.

14. Nizina T.A., Balykov A.S., Korovkin D.I., Volodin V.V. Modified fine-grained concretes based

on highly filled self-compacting mixtures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.

15. Kharkhardin A., Suleimanova L., Strokova V. Topological properties of polydispersed mixtures and fractions consisting of them according by results of particle-size distribution with sieve and laser analysis // Proceedings of higher educational institutions. Construction. 2012. №11-12. pp. 114–124.

16. Alyousef R., Soussi C., Benjeddou O., Khadimallah A. New technique for mixing self-compacting concrete with marble sludge grout // The 6th international colloquium E3D 2018 "Water, Waste and Sustainable Development". 2018.

17. Погорелов В.А. Влияние гранулометрического состава бетонной смеси на структурное преобразование бетонной прочности // Вестник МГСУ. 2010. №1. С. 200–206.

Информация об авторах

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительства и городского хозяйства. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Малюкова Марина Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: arbetlab@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Рябчевский Игорь Сергеевич, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: kloud09@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Корякина Алина Александровна, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: alinakoryakina.arch@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Левшина Дарья Эдуардовна, студент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: darya.levshina@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 09.06.2020 г.

© Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э., 2020

***Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Ryabchevskiy I.S., Koryakina A.A., Levshina D.E.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru*

ILLUMINATED CONCRETE USING ROCK CRUSHING WASTE

Abstract. Luminous products are obtained from architectural and decorative concrete using photoluminescent pigment, formed in various positions and any configuration that does not lose their architectural expressiveness over a long period of operation. The use of products with a glow effect provides increased safety at night and is an additional means of signaling on dangerous and worst-lit sections of roads, parking lots, bicycle paths. Optimally selected materials and the method of surface treatment of products provide decorativeness of small architectural forms in the daytime. The compositions of architectural and decorative concrete are designed and the influence of the quantitative content of photoluminescent pigment on the main physico-mechanical characteristics is evaluated. The rheological properties of cement suspensions and architectural

and decorative concrete based on them are studied, and the decorativeness and luminescence of products with photoluminescent pigment are evaluated according to the methods developed by the authors. The resulting recommended composition of glowing architectural and decorative concrete with using white Portland cement CEM I 52.5 N, fractionated marble crushing waste, modifier of polycarboxylate type and photoluminescent pigment, allows to obtain the products with a glow effect, high architectural, decorative and physico-mechanical characteristics.

Keywords: decorative concrete, photoluminescent pigment, stone crushing waste, marble, luminous concrete.

REFERENCES

1. Yan Li, Shuxia Ren. Building Decorative Materials. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2011, pp. 10–24.
2. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice [Modificirovannye betony. Teoriya i praktika]. 2nd ed., Rev. and add. M.: Stroyizdat, 1998. 768 p.
3. Kalashnikov, V.I. Old and new generation concretes. State and prospects [Modificirovannye betony. Teoriya i praktika]. Science: 21st century. 2012. No. 1. Pp. 60–67.
4. Suleimanova L.A., Gridchin A.M., Malyukova M.V., Morozova T.V. Increasing the architectural expressiveness of concrete sidewalk slabs [Povyshenie arhitekturnoj vyrazitel'nosti plit betonnyh trotuarnyh]. In the collection: Science-intensive technologies and innovations Anniversary International Scientific and Practical Conference dedicated to 60th anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov (XXI scientific readings). 2014. Pp. 347–353.
5. Suleimanova L.A., Malyukova M.V., Pogorelova I.A., Yakovleva E.A., Koryakina A.A. Decorative elements as a way of aesthetic understanding of space [Dekorativnye elementy kak sposob esteticheskogo osmysleniya prostranstva]. Bulletin of BSTU im. V.G. Shukhov. 2016. No. 6. Pp. 7–13.
6. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Milkina A.S. Improving New Generation Concretes (NGCs) by Introducing Technogenic Materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018.
7. Stolyarov I.V., Shukurlaev E.A. 2019 Method of introducing photoluminescent pigments into decorative concrete products [Sposob vnedreniya fotoluminescentnyh pigmentov v izdeliya iz dekorativnogo betona]. Patent of the Russian Federation no. 2017119537. Bul. No. 28.
8. Suleimanova L.A., Malyukova M.V., Koryakina A.A. On the development of a unified technique for assessing the decorativeness of concrete [K voprosu o razrabotke edinoj metodiki po ocenke dekorativnosti betona]. International scientific and practical conference. Bryansk. Pp. 120–126.
9. Artsukevich I.M. Obtaining light-conducting concrete [Poluchenie svetoprovodyashchego betona]. Science and education today. 2017. No. 12 (23).
10. Ledeneva G.L., Voronov V.V. Lumobeton and the method of natural spectacularity [Lyumobeton i metod estestvennoj spektakulyarnosti]. Business and design revue. 2019. No. 3 (15). Pp. 10.
11. Tarasov V.N., Gusev B.V., Petrunin S.Yu., Korotkova N.P., Garnevozov A.P. Evaluation of the effectiveness of the use of polycarboxylate superplasticizers for the production of concrete [Ocenka effektivnosti primeneniya polikarboksilatnyh superplastifikatorov dlya proizvodstva betona]. Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia. 2018. Vol.4. No. 1.
12. Liu J., Ran Q., Miao C., Qiao M. Effects of Grafting Densities of Comb-Like Copolymer on the Dispersion Properties of Concentrated Cement Suspensions. Materials Transactions. 2012. Vol. 53. Pp. 553–558.
13. Ledenev A.A., Usachev S.M., Pertsev V.T., Rudakov O.B. Increasing the effectiveness of the use of chemical additives for concrete based on polycarboxylates [Povyshenie effektivnosti primeneniya himicheskikh dobavok dlya betonov na osnove polikarboksilatov]. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction And Architecture. 2013. No. 2 (30). Pp. 49–54.
14. Nizina T.A., Balykov A.S., Korovkin D.I., Volodin V.V. Modified fine-grained concretes based on highly filled self-compacting mixtures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.
15. Kharkhardin A., Suleimanova L., Stokova V. Topological properties of polydispersed mixtures and fractions consisting of them according by results of particle-size distribution with sieve and laser analysis. Proceedings of higher educational institutions. Construction. 2012. No. 11-12. Pp. 114–124.
16. Alyousef R., Soussi C., Benjeddou O., Khadimallah A. New technique for mixing self-compacting concrete with marble sludge grout. The 6th international colloquium E3D 2018 "Water, Waste and Sustainable Development". 2018.
17. Pogorelov V.A. Influence of granulometric composition of concrete mixture on structural transformation of concrete strength [Vliyanie granulometricheskogo sostava betonnoj smesi na

strukturnoe preobrazovanie betonnoj prochnosti].
Vestnik MGSU. 2010. No. 1. Pp. 200–206.

Information about the authors

Suleymanova, Lyudmila A. DSc, Professor. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Maliukova, Marina V. Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor. E-mail: arbetlab@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ryabchevskiy, Igor S. Assistant. E-mail: kloud09@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Koryakina, Alina A. Postgraduate student. E-mail: alinakoryakina.arch@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Levshina, Darya E. Student. E-mail: darya.levshina@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 09.06.2020

Для цитирования:

Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э. Светящиеся декоративные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-8-16

For citation:

Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Ryabchevskiy I.S., Koryakina A.A., Levshina D.E. Illuminated concrete using rock crushing waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-8-16