

Бетонная смесь с улучшенными декоративными свойствами

Д.К. Тимохин, К.А. Сотскова, Г.А. Корольков,

С.А. Евстигнеев, М.П. Кочергина, А.В. Страхов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Аннотация: В статье представлены результаты исследования подбора состава декоративного бетона, который обладает свойствами свечения в темное время суток и архитектурной выразительностью при дневном свете, при сохранении повышенных физико-механических характеристик. Показана возможность получения декоративного бетона с вовлечением отхода тарного и строительного стекла в сочетании с фотолюминесцентными добавками.

Ключевые слова: бетон, декоративный бетон, люмобетон, стеклобой, фотолюминесцентные добавки, пластифицирующая добавка

Строительная индустрия постоянно находится в поиске новых, более эффективных, экономичных и экологичных материалов. Бетон, будучи одним из самых распространенных строительных материалов, не стал исключением. Сегодня мы наблюдаем не просто усовершенствование существующих технологий, а настоящий качественный скачок в появлении бетонов нового поколения [1,2]. Данный термин охватывает не только сверхпрочные и высокопрочные бетоны, но также включает в себя бетоны с традиционными характеристиками прочности, обладающими специальными свойствами (самоочищающиеся бетоны), сочетающие в себе эксплуатационные характеристики с декоративными возможностями (светопрозрачный и люмобетоны) [3-5].

Особое внимание привлекают декоративные бетоны, обладающие свойствами свечения в темное время суток, которые не только открывают широкие дизайнерские возможности в интерьере и ландшафтном дизайне, но и способствует повышению комфорта и безопасности городской среды [6-8]. Эффект свечения достигается введением в состав бетонной смеси фотолюминесцентных пигментов, способных аккумулировать солнечную энергию и преобразовывать в свет в темное время суток. При разработке

составов и технологии люмобетонов стоят задачи в подборе вяжущих и наполнителей, достижении равномерного распределения фотолюминесцентных пигментов в бетонной смеси, обеспечивающих их эффективную работу, проявляющуюся в интенсивности и длительности свечения изделий. К примеру, известен способ изготовления изделий из декоративного бетона с фотолюминесцентным пигментом, который позволяет получить декоративный бетон, обладающий свойствами свечения в темное время суток на весь период эксплуатации и архитектурной выразительностью при дневном освещении [9]. Последнее достигается использованием в составе бетонной смеси на основе белого цемента мраморных заполнителей, с получением структуры имитирующей натуральный мрамор.

Отрасль производства строительных материалов представляет собой уникальный механизм утилизации отходов, как производства, так и потребления и достаточно большую значимость в разработках рецептур бетонных смесей приобретает вопрос вовлечения отходов различного рода. В работах научного коллектива кафедры «Строительные материалы конструкции и технологии» СГТУ имени Гагарина Ю.А. показана возможность вовлечения отхода тарного и строительного стекла в рецептуру самоочищающегося цементного бетона, обладающего архитектурной выразительностью при дневном свете за счет узора, образующегося крупными фракциями стеклобоя. Бетонная смесь при затвердевании характеризуется повышенными показателями прочности, повышенной морозостойкостью, фотокаталитическими свойствами [10]. В продолжение исследований, была поставлена задача в получение бетонной смеси с улучшенными декоративными свойствами, в частности, свойствами свечения бетона в темное время суток.

Поставленная задача решалась за счет комплексного использования сырьевых компонентов, позволяющих повысить декоративность бетона:

- поверхность которого поглощает и накапливает энергию света от естественных или искусственных источников, а при наступлении темноты начинает светиться, что осуществляется за счет фотолюминесцентного комплекса и принятых решений по рецептуре, способствующих его равномерному распределению и эффективной работе в составе бетонной смеси;
- поверхность которого имеет узор, образующийся крупными фракциями стеклобоя, который в дневное время необычно поблескивает, а в ночное время более выражен за счет свечения бетонной матрицы.

На рисунке 1 представлены опытные образцы тротуарной плитки различной формы соответственно при дневном свете и в темноте. Изготовление и испытания изделий проводилось на базе «Инновационно-технологического центра по разработке современных энергоэффективных строительных материалов» кафедры СМКТ СГТУ имени Гагарина Ю.А.



Рис. 1. – Фото опытных образцов тротуарной плитки различной формы, соответственно, при дневном свете и в темноте

В процессе исследования использовались белый цемент ПЦБ 1-500-Д0; серый цемент ЦЕМ 0 52.5Н; мелкий заполнитель - кварцевый песок с модулем крупности не менее M_k 1,0; бой тарного и строительного стекла с фракциями от 0,16 мм до 10 мм; суперпластифицирующая добавка «КРАТАСОЛ FC» (российский производитель АО «Пигмент», г. Тамбов).

Фотолюминесцентный компонент, который вводится в бетонную смесь с целью получения изделий с эффектом свечения, представляет из себя смесь гранул размерами 4-6 мм (наполнитель (пластикат) ПВД фотолюминесцентный) и фотолюминесцентного тонкодисперсного порошка с размерами частиц 35-45 микрон (люминофор) – порошкообразное нерастворимое вещество, способное накапливать световую энергию на свету и отдавать ее в виде послесвечения в темноте. Для приготовления бетонной смеси использовался люминофор, в основе которого лежит алюминат стронция, допированный европием и диспрозием, обладающий высоким уровнем послесвечения. Рациональное соотношение фотолюминесцентных гранул и тонкодисперсного порошка в смеси составляет 1:3, чем обеспечивается однородное свечение поверхности бетона при использовании серого портландцемента, с учетом рационального содержания фотолюминесцентного компонента в композиции и обеспечения его равномерного распределения. Рациональное содержание фотолюминесцентного компонента в композиции составляет 1,4-2,9 масс. %, поскольку уменьшение его доли не дает заметного яркого, однородного и продолжительного свечения поверхности бетона, а введение более 2,9% приводит к удорожанию готовой продукции и снижению физико-механических показателей.

Люминофор не растворяется в жидких средах, но стремится выпасть в осадок. В связи с этим, с целью достижения равномерного распределения фотолюминесцентного компонента в бетонной смеси и

эффективной его работы, обеспечивающей послесвечение, необходимо снижение водоцементного соотношения. Это достигается введением суперпластификаторов в бетонную смесь. В композиции использовалась суперпластифицирующая добавка «КРАТАСОЛ FC» (российский производитель АО «Пигмент», г. Тамбов), которая представляет собой модифицированный поликарбоксилатный сополимер в форме порошка. Рациональное соотношение поликарбоксилатного суперпластификатора «КРАТАСОЛ FC» составляет 0,013-0,036 масс. %. При меньшем соотношении не достигается требуемый уровень снижения В/Ц, большее соотношение экономически нецелесообразно. Использование пластификатора в виде порошка преимущественно позволяет приготовить порошковую смесь на основе цемента с добавлением всех дисперсных компонентов с последующим введением воды, что также способствует равномерному распределению и повышению эффективности работы фотолюминесцентного компонента, проявляющегося в однородном свечении поверхности бетона, яркости и продолжительности свечения. Кроме этого, упрощается технология приготовления бетонной смеси.

С целью экономии расхода фотолюминесцентного компонента в случае изготовления изделий относительно большой толщины, возможно приготовление бетонной смеси в 2 этапа: 1 этап – приготовление композиции в количестве 30-50% от общего объема бетонной смеси, содержащей фотолюминесцентный компонент в заявленных пропорциях всех составляющих, с последующей укладкой в форму для формирования верхнего декоративного слоя бетона; 2 этап – приготовление оставшегося объема бетонной смеси без фотолюминесцентного компонента исходя из заявленных пропорций, с последующей укладкой в форму для формирования основного слоя бетона. С целью получения улучшенных декоративных характеристик лицевая поверхность изделий шлифуется.

В таблице 1 и 2 представлены составы бетонной смеси и основные физико-механические характеристики бетона.

Таблица 1

Составы бетонной смеси, масс.%

№ п/п	Наименование состава	Вяжущее	Кварцевый песок ($M_k=1,0$; $p_h=1200 \text{ кг/м}^3$)	Стеклобой, фракции до 10 мм	Фотополиминесцентный компонент (смесь гранул Пластикат ПВД (4-6 мм) и порошка Люминофор (35-45 мк) в соотношении 1:3)	Поликарбоксилатный суперпластификатор «Кратасол FC»	Вода
1.	Состав 1	13	31	48	1,4	0,013	6,587
2.	Состав 2	16	33	42	1,9	0,02	7,08
3.	Состав 3	20	28	41	2,4	0,028	8,572
4.	Состав 4	22	30	36	2,9	0,036	9,064

Таблица 2

Физико-механические характеристики бетона

№ п/п	Наименование состава	Предел прочности		Плотность, кг/м^3	Морозостойкость (цикл)	Водопоглощение, %	Истираемость, %	Усадка, %
		при сжатии, МПа	при изгибе, МПа					
1.	Состав 1	40,4	6,54	2420	350	4,0	2,1	1,36
2.	Состав 2	41,8	6,69	2457	400	3,64	2,0	1,32
3.	Состав 3	42,2	6,9	2454	400	3,62	1,93	1,35
4.	Состав 4	41,8	6,7	2448	400	3,64	2,0	1,34

Результаты исследования показывают перспективность предлагаемых бетонных смесей для изготовления декоративных и архитектурных элементов, малых архитектурных форм, дорожных и тротуарных покрытий. Подобные исследования позволяют расширить возможности и области применения люмобетонов.

Литература

1. Калашников В.И., Тараканов О.В., Володин В.М., Ерофеева И.В., Абрамов Д.А. Бетоны переходного и нового поколений. Состояние и перспективы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1 URL: science-education.ru/ru/article/view?id=20386
2. Баженов Ю. М. Технология бетонов XXI века // Академические чтения РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. Белгород. 2005. С. 9–20.
3. Еличев К.А., Петровнина И.Н., Козицын В.С., Андрюхина Е.О. Исследование свойств заполнителей из горных пород для производства декоративного бетона // Инженерный вестник Дона. 2022. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7626
4. Калашников В.И., Сузdal'цев О.В., Мороз М.Н., Пауск В.В. Морозостойкость окрашенных архитектурно-декоративных порошковоактивированных песчаных бетонов // Строительные материалы, 2015. № 3. С. 16-19.
5. Тимохин Д.К., Геранина Ю.С. Дробленые отходы стекла как заполнитель для декоративных цементных бетонов // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона, 2015. № 6. С.173-176.
6. Каменчуков А.В., Елизаров А.С., Павликов А.Б., Долгачева В.М. Перспективы применения люминесцентного бетона при строительстве и эксплуатации подземных линейных транспортных сооружений //

Инженерный вестник Дона. 2024. №5. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9222

7. Mageswari Dr. M., Rinisha A.R., Monisha Y. Glowcrete: A Modern Phosphorescent Concrete // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research JETIR. 2021. Vol. 8(4). pp. 213-218.

8. Wentong Wang, Aimin Sha, Zhen Lu, Dongdong Yuan, Wei Jiang, Zhuangzhuang Liu. Cement filled with phosphorescent materials for pavement: Afterglow decay mechanism and properties // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 284(2): P. 122798.

9. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. Способ изготовления изделий из декоративного бетона с фотолюминесцентным пигментом. Патент № 2715494 РФ. МПК C1 B28B 11/24. № 2019132453. Заявл. 14.10.2019. Опубл. 28.02.2020. Бюл. №7. URL: fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=IZPM&id=9A017396-AB87-48C6-9317-F01BC256E6D2

10. Тимохин Д. К., Геранина Ю. С. Технология декоративного самоочищающегося цементного бетона с применением отходов боя стекла. // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2017. №8. С. 134-137.

References

1. Kalashnikov V.I., Tarakanov O.V., Volodin V.M., Erofeeva I.V., Abramov D.A. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. № 2-1. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=20386
 2. Bazhenov Ju.M. Akademicheskie chtenija RAASN. Chast' 1. Belgorod. 2005. Pp. 9–20.
 3. Elichev K.A., Petrovnina I.N., Kozicyn V.S., Andrjuhina E.O. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7626/
-



4. Kalashnikov V.I., Suzdal'cev O.V., Moroz M.N., Pausk V.V. Stroitel'nye materialy. 2015. № 3. Pp. 16-19.
5. Timohin D.K., Geranina YU.S. Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2015. № 6. Pp. 173-176.
6. Kamenchukov A.V., Elizarov A.S., Pavlikov A.B., Dolgacheva V.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9222
7. Mageswari Dr.M., Rinisha A.R., Monisha Y. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research JETIR. 2021. Vol. 8(4). Pp. 213-218.
8. Wentong Wang, Aimin Sha, Zhen Lu, Dongdong Yuan, Wei Jiang, Zhuangzhuang Liu. Construction and Building Materials. 2021. Vol. 284(2): P. 122798.
9. Sulejmanova L.A., Malyukova M.V., Koryakina A.A. Sposob izgotovleniya izdelij iz dekorativnogo betona s fotoluminescentnym pigmentom [Method for manufacturing decorative concrete products with photoluminescent pigment]. Patent № 2715494 RF. MPK C1 B28B 11/24. № 2019132453. Zayavl.14.10.2019. Opubl. 28.02.2020. Byul.№7. URL: fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=IZPM&id=9A017396-AB87-48C6-9317-F01BC256E6D2
10. Timohin D.K., Geranina YU.S. Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2017. №8. Pp. 134-137.

Дата поступления: 10.11.2025

Дата публикации: 24.12.2025