

А.С. Ежов, С.В. Леонтьев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, Российская Федерация

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ВВЕДЕНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ПИГМЕНТА В СОСТАВ БЕТОНА

Бетон с фотолюминесцентными свойствами (люмобетон) – современный строительный материал, который аккумулирует энергию солнца и преобразует ее в свет в темное время суток.

Применение изделий с эффектом свечения необходимо рассматривать с позиции архитектурной геоники и решения вопроса ландшафтно-эстетического обогащения территории.

Целью работы являлась оценка эффективности различных способов введения фотолюминесцентного пигмента в состав бетона для последующего повышения его функциональных характеристик и свойств применительно к условиям эксплуатации.

В результате выполненной работы определен способ получения стойкого к внешним воздействиям фотолюминесцентного стекла и его введение в состав бетонной смеси в качестве заполнителя. Лицевая поверхность изделий, выполняемых с применением данного способа, может формироваться при различной конфигурации в любом положении.

Предложенный способ позволяет достичь более долговременного и интенсивного светоизлучения, сохраняющегося даже после многократных циклов светонасыщения пигмента без ухудшения характеристик бетона и существенного увеличения себестоимости выпуска продукции.

Ключевые слова: бетон с фотолюминесцентными свойствами, люмобетон, благоустройство, пигменты, объемное окрашивание стекла.

A.S. Ezhov, S.V. Leontiev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

APPLICATION OF BORED PILES AT CONSTRUCTION ON SOFT SOILS

Concrete with photoluminescent properties (luminescent concrete) is a modern building material that accumulates solar energy and converts it into light at night.

The use of products with a glow effect must be considered from the perspective of architectural geonics and solving the issue of landscape and aesthetic enrichment of the territory.

The purpose of the work was to evaluate the effectiveness of various methods of introducing photoluminescent pigment into concrete for subsequent improvement of its functional characteristics and properties in relation to operating conditions.

As a result of the work performed, a method was determined for the volumetric introduction of FLP into the glass structure and the addition of the subsequently obtained decorative (photoluminescent) chips (frit) to the concrete mixture as a filler. The front surface of products manufactured using this method can be molded in any configuration and position.

The method makes it possible to achieve longer-term and more intense light emission, which persists even after multiple cycles of charging and discharging the pigment without deteriorating the characteristics of concrete and increasing the cost of production.

Keywords: concrete with photoluminescent properties, luminescent concrete, landscaping.

Введение

При использовании фотолюминесцентных пигментов (ФЛП) в декоративных бетонах необходимо учитывать множество факторов. Среди них следует отметить интенсивность послесвечения фотолюминесцентного пигмента в материале, длительность эффекта послесвечения, время светонасыщения (заряда), интенсивность свечения источника облучения, его спектральную структуру. Опыт использования ФЛП подтверждает важность учета всех этих параметров при выборе состава и условий применения пигментов.

Способ введения фотолюминесцентного пигмента в состав бетона оказывает непосредственное влияние на эффективность и сохранение его свойств применительно к условиям эксплуатации.

Вместе с тем, в практике использования люмобетнов, актуальными проблемами являются: достижение высоких показателей интенсивности послесвечения; снижение физико-механических свойств бетонов при увеличении расхода фотолюминесцентного пигмента; вопросы обеспечения стабильности эффекта фотолюминесценции в цементных композитах, а также повышение себестоимости выпуска продукции за счет введения дорогостоящих компонентов.

На основании вышеизложенного, актуальным остается вопрос изучения и внедрения современных инновационных технологий введения ФЛП в состав бетонной смеси, которые позволят достичь более долговременного и интенсивного послесвечения, сохраняющегося даже после многократных циклов светонасыщения пигмента без ухудшения характеристик бетона и увеличения себестоимости выпуска продукции.

Целью работы являлась оценка эффективности различных способов введения фотолюминесцентного пигмента в состав бетона для последующего повышения его функциональных характеристик и свойств применительно к условиям эксплуатации.

Оценка эффективности способов введения фотолюминесцентного пигмента в состав бетона

Для обеспечения долговременного яркого свечения люмобетона предлагается тщательно рассмотреть процесс введения минимального количества фотолюминесцентного пигмента в состав бетона. Основной вопрос заключается в том, как сохранить качественные характеристики изделия при добавлении пигмента и избежать возможного ухудшения свойств. Недостаточное количество пигмента может привести к потере эффекта свечения, в то время как избыточное его использование может снизить эксплуатационные характеристики бетона. Экономическая и функциональная целесообразность достижения желаемого эффекта зависит от правильного выбора и дозировки фотолюминесцентного пигмента в процессе разработки рационального способа внедрения в бетонную смесь.

Изготовление бетонных изделий с использованием ФЛП сегодня представлено различными методами. Один из подходов заключается в покрытии изделий слоем лака или краски, содержащей фотолюминесцентный пигмент [1]. Процесс включает подготовку поверхности, нанесение специальной композиции, содержащей жидкое стекло и различные неорганические наполнители, такие как оксид цинка, оксид бора, оксид железа, серпентинит и другие. Компоненты смешиваются в определенных пропорциях и наносятся механизированным способом. Покрытие, полученное с использованием жидкого стекла и

неорганического наполнителя, имеет низкое качество из-за недостаточной адгезии к бетону. Эти покрытия быстро изнашиваются на поверхности изделий, находящихся на улице или в агрессивной среде, подвергаясь воздействию трения.

Существует аналогичный метод получения декоративного покрытия, предусматривающий использование специального лака [2], который наносится на готовое изделие из бетона при ультрафиолетовом свете. В данном случае, используется специальная бесцветная художественная люминесцентная краска, она содержит в себе компоненты, не поглощающие ультрафиолетовое излучение в определенном диапазоне волн и включает в себя люминофор и прозрачное связующее органическое вещество, такие как прозрачный лак, клей, гель, воск или масло.

Для создания декоративного орнамента на поверхности строительных изделий, таких как тротуарная плитка, бордюры и ступени из бетона, используется особый метод, который заключается в распределении водостойкого фотолюминесцентного пигмента в форму перед заполнением ее бетонной смесью [3]. После вибрации формы и упаковки изделия в гидроизоляционный материал, требуется его выдержка более суток для полного затвердевания. Таким образом, можно создать имитацию натурального камня и известняковых прожилок в его структуре. Возможность использования данного метода при производстве изделий с декоративной поверхностью, формируемых в вертикальном и других положениях отсутствует, из-за того, что пигмент будет стекать вместе с бетонной смесью. При этом физико-механические свойства декоративного бетона снижаются из-за высокой концентрации фотолюминесцентного пигмента на поверхности изделия (30-50 г на 1 м²). Кроме того, верхний декоративный светящийся слой стирается за 1-2 года из-за атмосферных осадков и механического воздействия, что не позволяет обеспечить фотолюминесцентные свойства на протяжении всего срока эксплуатации изделий из декоративного бетона.

Также известен способ введения ФЛП на этапе сухого перемешивания компонентов бетонной смеси [4]. К недостаткам данной технологии можно отнести снижение качественных характеристик изделий из люмобетона из-за неоднородности смеси вызванной некачественным перемешиванием. Таким образом, увеличение объема вводимого пигмента, необходимого для достижения требований к яркости и послесвечению изделий, приводит к снижению эксплуатационных характеристик изделия, его долговечности и повышению, при этом, себестоимости его производства.

Вместе с тем, в целях снижения себестоимости изделий, без ущерба показателям интенсивности его послесвечения и сохранением физико-механических характеристик и долговечности стоит рассмотреть технологию объемного введения пигмента в структуру стекла - «люминофор в стекле», которое в последующем вводится в качестве наполнителя в состав бетонной смеси [5]. Для снижения себестоимости выпуска продукции может быть использована технология послойного формования, при которой лицевой слой изделия будет содержать в своем составе светящийся компонент, а основной объем бетона будет иметь базовую рецептуру.

Для получения композита «люминофора в стекле» за основу берется стеклобой закаленного стекла, которое в дальнейшем измельчается до фритта с фракцией зерен стекла размером до 5 мм, и смешивается с порошком коммерческого люминофора АИГ:Ce³⁺ в соотношении 30:70. Такое соотношение выбрано исходя из состава стандартных смесей люминофора с оптическим силиконом для белых светодиодов [6]. Далее к полученной смеси добавляются вещества-плавни, которые способствуют образованию при обжиге легкоплавких соединений, что позволяет снизить температуру обжига изделий.

Получившаяся смесь помещается в фарфоровые тигли и загружается в печь, далее происходит спекание в течение 30 мин при температуре 600 °С, после чего стекломасса формируется, остужается и измельчается до фракции 5 мм.

Данный способ объемного введения ФЛП в структуру стекла [7] и добавления полученной в последующем декоративной (фотолюминесцентной) крошки (фритта) в состав

бетонной смеси в качестве заполнителя является наиболее оптимальным с точки зрения обеспечения устойчивых во времени декоративных свойств фотолюминесцентных бетонов.

Лицевая поверхность изделий, изготавливаемых с применением данного способа, может формироваться при различных конфигурациях и в любом положении.

Способ позволяет достичь более долговременного и интенсивного светоизлучения, сохраняющегося даже после многократных циклов светонасыщения пигмента без ухудшения характеристик бетона и увеличения себестоимости выпуска продукции [8].

Для подтверждения данной гипотезы в дальнейшем планируется провести ряд экспериментов по подбору состава и проработке технологии производства тротуарной плитки послойного формования. При этом лицевой слой плитки будет изготовлен с использованием в качестве заполнителя стекла объемно окрашенного люминофором. В последующем, полученный композиционный материал будет исследован на предмет сохранности и долговечности фотолюминесцентных свойств в зависимости от различных эксплуатационных воздействий.

Заключение

В результате проведенной работы установлено, что увеличить возможности применения бетонов, повысить их эстетические свойства возможно за счет введения в состав фотолюминесцентного пигмента.

Выполнена оценка эффективности различных способов введения фотолюминесцентного пигмента в состав бетона для последующего повышения его функциональных характеристик и свойств применительно к условиям эксплуатации.

Определена наиболее эффективная технология объемного введения пигмента в структуру стекла - «люминофор в стекле», которое в последующем вводится в качестве заполнителя в состав бетонной смеси. Использование такого заполнителя в составе бетона обеспечивает наиболее долговременное и интенсивное светоизлучение, сохраняющегося даже после многократных циклов светонасыщения пигмента без ухудшения характеристик бетона и увеличения себестоимости выпуска продукции.

Кроме того, для снижения расхода дорогостоящего компонента смеси, может быть использована технология послойного формования, при которой лицевой слой изделия будет содержать в своем составе светящийся компонент, а основной объем бетона будет иметь базовую рецептуру.

Библиографический список

1. Смирнов Н.А. Современные технологии строительного материаловедения // Архитектура и строительство. – 2021. – № 3. – С. 143.
2. Протокол президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 24 декабря 2018 г. № 16 [Электронный ресурс]. – URL: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-fkgs> (дата обращения: 10.03.2023).
3. Баженов Ю.М. Обзор современных высокоэффективных бетонов // Научные технологии и инновации: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2019. – С. 45–49.
4. Li Y. Building Decorative Materials // Elsevier Ltd. – 2011. – 401 p.
5. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований // Высшее образование в России. – 2014. – № 3. – С. 77–83.
6. Tolstoy A.D. Improving New Generation Concretes (NGCs) by Introducing Technogenic Materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2012. – Vol. 132, iss. 2. – P. 2398–2403.
7. Wahane A. Experimental Study on Translucent Concrete // International journal for research. – 2022. – Vol. 10, iss. 1. – P. 39–56.

8. Wiese A. Assessing performance of glow-in the-dark concrete // *Transportation Research Record*. – 2015. – Vol. 11. – P. 31–38.

References

1. Smirnov N.A. Modern technologies of building materials science. *Arkhitektura i stroitel'stvo*, 2021, no. 3, p. 143.

2. Protokol prezidiuma Soveta pri Prezidente Rossiyskoy Federatsii po strategicheskomu razvitiyu i natsional'nym proyektam ot 24 dekabrya 2018, no. 16. URL: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-fkgs> (accessed 10 March 2023).

3. Bazhenov Yu.M. Review of modern high-performance concrete. *Naukoyemkiye tekhnologii i innovatsii. Sbornik dokladov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchenoy 65-letiyu BGTU im. V.G. Shukhova*. Belgorod: Izd-vo BGTU im. V.G. Shukhova, 2019: p. 45–49.

4. Li, Y. Building Decorative Materials. *Elsevier Ltd*, 2011, p. 401.

5. Lesovik V.S. Geonics (geomimetics) as a transdisciplinary area of research. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*, 2014, no. 3, p. 77–83.

6. Tolstoy A.D. Improving New Generation Concretes (NGCs) by Introducing Technogenic Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2012, vol. 132, iss. 2, p. 2398–2403.

7. Wahane A. Experimental Study on Translucent Concrete. *International journal for research*, 2022, vol. 10, iss. 1, p. 39–56.

8. Wiese A. Assessing performance of glow-in the-dark concrete. *Transportation Research Record*, 2015, vol. 11, p. 31–38.

Об авторах

Ежов Александр Сергеевич – студент, e-mail: alexandr_ezhov@mail.ru

Леонтьев Степан Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, e-mail: n1306cl@yandex.ru

About the authors

Alexandr S. Ezhov – Student, e-mail: alexandr_ezhov@mail.ru

Stepan V. Leontiev – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Engineering and Materials Science, e-mail: n1306cl@yandex.ru