

УДК 691.32

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ САМОСВЕТАЮЩИХСЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Н. В. Купчикова, Е. А. Жиляева**

*Астраханский инженерно-строительный институт*

Разработана технология вкрапления самосветящегося искусственного люминофора при производстве отделочных самосветящихся фасадных и тротуарных плиток с наименьшим коэффициентом истираемости путем наклеивания полимерного камня перед заливкой бетонной смеси в блок-форму на мелкотканую полимерную сетку. Определено, что при нанесении самосветящегося искусственного полимера на бордюрный камень необходимо учитывать несовершенства технологии, которые были выявлены в результате эксперимента. Экспериментально определены физико-механические свойства отделочных плиток с применением люминофора, которые позволяют рекомендовать данную продукцию как прочные строительные материалы для отделочных фасадных работ, иллюминации входных групп зданий, подъездов и фасадов, а также при производстве предметов интерьера и декорировании любой поверхности.

**Ключевые слова:** люминофор, отделочные самосветящиеся фасадные и тротуарные плитки, эксперимент, испытания, истираемость, прочность, светостойкость, долговечность, морозостойкость, благоустройство территории, физико-механические свойства бетонных изделий.

The authors have developed technology of inclusion of self-luminous artificial phosphor into decorative self-luminous facade and walkway slabs with the lowest coefficient of abrasion which is obtained by sticking polymer stone before pouring concrete in the block form on fine-structure polymer mesh. The paper points that imperfections of the technology should be considered when self-luminous artificial polymer is being applied onto the curb stone; the imperfections were detected in the course of experimental investigations. Physical and mechanical properties of decorative slabs with phosphor contents have been found out through experiment. The detected properties allow us to recommend this product as a strong durable building material for finishing facade works, for illuminations of building entrances, front doors and facades, as well as for interior design and as a decorative medium for any surface.

**Key words:** phosphor, decorative self-luminous facade and walkway slabs, experiment, testing, abrasion, durability, light fastness, frost resistance, land improvement, physical and mechanical properties of concrete products.

Согласно ФЗ № 261 от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» и приказу Министерства энергетики Российской Федерации от 19.04.2010 г. № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования и на основании проектной документации», приоритетным направлением развития капитального строительства в нашей стране является внедрение энергоэффективных строительных материалов, изделий, конструкций и технологий.

Одним из основных требований, влияющих на энергетическую эффективность зданий и сооружений, являются требования к отдельным элементам, конструкциям и к их свойствам, а также требования к включаемым в проектную документацию и применяемым при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в ходе их эксплуатации [18, 27, 28]. При этом требования энергетической эффективности подлежат пересмотру не реже чем один раз в пять лет в целях повышения данного показателя.

Современная промышленность быстро и эффективно перестроилась на производство новой энергоэффективной продукции. Пика активности на рынке предприятия стройиндустрии в настоящее время достигло производство светящихся строительных материалов, изделий и конструкций.

Современный рынок строительных материалов предлагает различную готовую светящуюся и самосветящуюся продукцию: светящаяся краска, обои, тротуарная плитка, светящиеся бордюрные камни, знаки и указатели, средства обеспечения безопасности движения, самосветящаяся фасадная плитка и облицовочный кирпич, светящиеся изделия малых архитектурных форм, элементы иллюминации высотных зданий, мостов, градилен и дымных труб и многие другие. В большинстве своем продукция сделана на основе люминофора и флуоресцентных красок или их синтеза.

Люминофор – это светящийся в темноте пигмент, имеющий особенность поглощать энергию естественных или искусственных источников света и выделять ее в форме видимого свечения в темноте. Люминофор производится в основном в Китае, Японии, Корее, России, Украине и изготавливается в настоящее время на основе оксида алюминия, реже оксида цинка (полимерные цинкаты). Качество, стоимость и состав люминофора у всех производителей различны. Цикл поглощения света, его сохранения и выделения повторяется многократно. По способам преобразования света люминофоры делятся на группы: фотолюминофоры, электролюминофоры, катодолюминофоры, рентгенолюминофоры и радиолюминофоры.

В экспериментах применяли люминофор, изготовленный как на основе оксида алюминия, так и на основе полимерного цинката отечественными производителями в виде светящегося порошка, крошки с размером частиц от 0,1 до 0,5 мм, речной гальки с размерами камешков 1–2 см, речного валуна с размерами камня 27x17 см, листового полимерного пластика с добавлением катализаторов светимости размером 210x297 мм, толщиной 250 мкм (рис. 2).

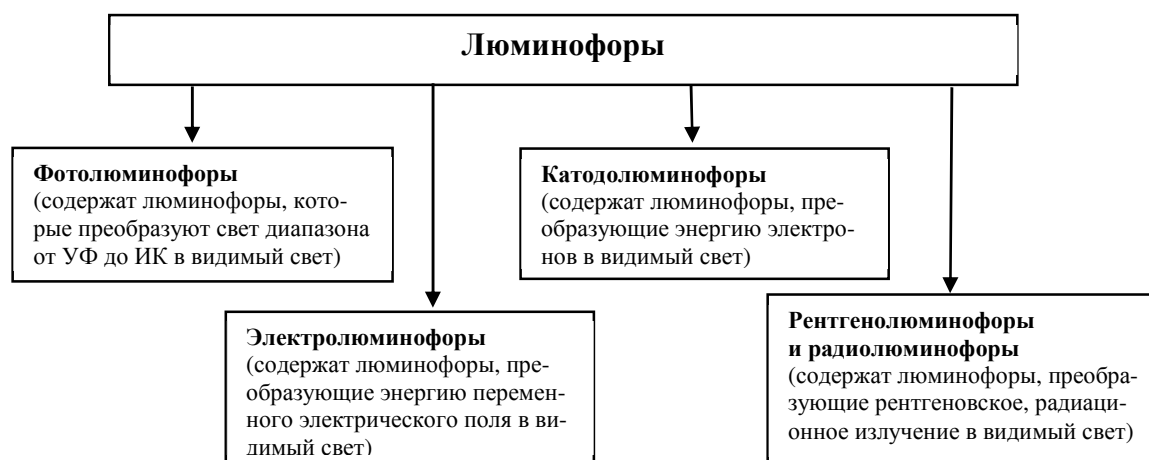


Рис. 1. Классификация люминофоров по способам преобразования света



Рис. 2. Искусственный светящийся порошок и светящиеся камни разных фракций

Тротуарная плитка в современных условиях является необходимым атрибутом при строительстве и благоустройстве зданий и сооружений, организации ландшафтных дизайнов садовых и городских дорожек, дворов и парков, поэтому спрос на нее постоянно растет. Профессиональные интересы архитекторов, дизайнеров, покупателей непрерывно возрастают, как и требования, предъявляемые к качеству, внешнему виду, фактуре выпускаемой тротуарной плитки. Поэтому целесообразно рассказать о существующих технологиях производства тротуарной плитки.

В настоящее время существует огромное количество различных технологий [2–4, 21–23, 29] по изготовлению тротуарной плитки, но все они основаны на вибролитевой технологии производства, включающей метод заливки бетона или специального технологического раствора с добавками в специальные формы с помощью вибрирования на вибростоле и их складирования на специально изготовленные стеллажи.

Для производства тротуарной плитки применяются такие строительные материалы, как песок, цемент, пластификатор, пигменты, и такое оборудование, как вибростол или виброплощадка, бетоносмеситель и формы. Технология вибролитья состоит в управлении процессом структурообразования твердеющей бетонной смеси для получения современной тротуарной плитки. Для изготовления тротуарной плитки используют различные формы из специального пластика (см. табл. 1), которые позволяют получить идеально качественную, глянцевую поверхность и за счет своей прочности и жесткости хорошо держат геометрию плитки.

Приготовленная в бетоносмесителе бетонная смесь обладает высокой подвижностью, нерасслаиваемостью, превосходными литевыми качествами, а бетонные изделия отличаются высокими показателями по прочности, во-

донепроницаемости, морозостойкости. Из бетоносмесителя бетонная смесь разливается в соответствующие формы, установленные на виброплощадке. Сушка и твердение тротуарной плитки могут происходить в естественных условиях или в камерах термообработки. Формы, в зависимости от типа изделий, изготавливаются из металла, резины, полиуретана, пластика. По данной технологии вибролитья можно производить и другие изделия: фасадную плитку, сточные лотки, водоотливы, элементы ограждений и заборов, ступеньки, цветочницы, бетонные столы и столешницы, лавочки, урны, декоративные изделия из бетона, элементы малых архитектурных форм, а также множество других изделий. Главным в технологии является состав бетонной смеси и правильное его приготовление и применение при заливке форм.

Таблица 1  
Виды пластиковых форм, используемые для изготовления тротуарной плитки

Форма: общий вид	Наименование формы, размеры	Производитель
	Клевер краковский шагренё ( +половинки мал.): 215x215x37 и 290x290x37 мм; 12 + 12 шт./м <sup>2</sup>	ООО «Стандартпарк», г. Москва
	Волна гладкая: 210x110 x 60/80 мм; 43 шт./м <sup>2</sup>	
	Двойное Т шагренё: 225x135 x56/80 мм; 40 шт./м <sup>2</sup>	

	Кирпич гладкий: 200x100x56 мм; 50 шт./м <sup>2</sup>			Ромашка восточная малая: 220x196x45 мм	
	Молоток орнамент: 225x135x56 мм; 40 шт./м <sup>2</sup>			Чешуя: 250x190x25, 250x190x45, 250x190x60, 250x190x80 мм	
	Волна зигзаг шагрень большая: 260x130x56 мм; 30 шт./м <sup>2</sup>			Брук римский I: вес: 245 г; количество форм в 1 м <sup>3</sup> : 529; форм в 1 м <sup>2</sup> : 44; толщ., мм: 45	ООО «Сибирский монолит»
	Клевер краковский гладкий (+половинки мал.): 215x215x37 и 290x290x37 мм; 12 + 12 шт./м <sup>2</sup>			Калифорния 50 мм: вес: 630 г; количество форм в 1 м <sup>3</sup> : 140; форм в 1 м <sup>2</sup> : 11 (300x300); толщ., мм: 50	
	Цветок: 250x250x25 мм; 16 шт./м <sup>2</sup>			Мозаика: вес: 366 г; количество форм в 1 м <sup>3</sup> : 243; форм в 1 м <sup>2</sup> : 16 (250x250); толщ., мм: 45	
	Бульвар круг, Бульвар полукруг: 490x490x50 и 490x490x50 мм				
	Клевер (шагрень) рельефный: 266x220x45 мм	ООО «Торговая фирма «ТехТрон», ООО «Стройоборудование», г. Киров			
	Мерседес: 278x240x45 мм				
	Соты: 260x180x25, 260x180x45, 260x180x60, 260x180x80 мм				
	Шестиугольник рельеф: 186x162x25, 186x162x45, 186x162x60, 186x162x80 мм				

Целью выполнения исследований стало обновление и модернизация зданий и сооружений, повышение их энергоэффективности и улучшение архитектурно-художественного облика городской застройки за счет применения энергосберегающих самосветящихся отделочных фасадных и потолочных плиток с наилучшими прочностными и техническими характеристиками [25].

Основные задачи, поставленные в рамках реализации цели:

- разработка рациональных технологических линий по производству энергосберегающих самосветящихся отделочных фасадных и тротуарных плиток с наилучшими прочностными и техническими характеристиками;
- исследование полученных образцов самосветящихся изделий на определение прочностных характеристик при ударе, истираемости и на сжатие;
- исследование полученных образцов самосветящихся изделий на резкие изменения температурного режима, воздействие климатических факторов, определение долговечности и морозостойкости;
- исследование полученных образцов самосветящихся изделий на стойкость к воздействию растворов оснований, воды и щелочи;

- исследование фасадных и потолочных плиток на стойкость к воздействию соляного тумана и солей;
- испытания светящихся плиток на адгезионную и световую стойкость и определение их паропроницаемости.

Экспериментальные исследования выполнены на материально-технической базе ООО «Люмослайн» и ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт».

Целевой сектор рынка исследуемой продукции относится к области строительства и предназначен для отделочных фасадных работ, иллюминации входных групп в зданиях, подъездов и фасадов, также в предметах интерьера и для декорирования любой поверхности.

Благодаря современным технологиям люминофор накапливает свет от абсолютно любого источника, а в темное время суток отдает накопленные люмены в форме видимого свечения. Это принцип свечения фосфора, но так как использование последнего на территории РФ запрещено законом, в люминофоре он не содержится. У светящегося материала нет срока годности. Камни сделаны из прочных материалов, они не боятся сильной жары и холода, выдерживают мойку любыми моющими средствами, любую механическую нагрузку и не боятся ударов.

Продолжительность свечения составляет от 2 до 16 часов. Для зарядки изделий достаточно 10–15 секунд подержать их у источников света.

Технологическая линия по производству тротуарной и фасадной плитки включает изготовление бетонных и железобетонных элементов с применением стальной мелкоячеистой сетки и самосветящихся материалов. Люминофоры являются экологически чистыми и абсолютно безвредными, что подтверждается санитарно-эпидемиологическими заключениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

В рамках исследований были разработаны способы нанесения искусственных светящихся материалов на поверхность бетонных изделий.

**Первый способ.** На дно формы размещается стеклотканевая стальная сетка (размер ячейки 5x5 мм), которая имеет высокую сопротивляемость к разрывам и растяжениям, способствует преодолению внутренних напряжений (рис. 3). Затем на сетку наклеивают искусственный светящийся материал, размеры которого больше чем ячейка стеклотканевой стальной сетки, заполняют форму бетонной смесью, устанавливают на вибростол малой мощности и в сушильно-пропарочную камеру.



Рис. 3. Укладка стеклотканевой стальной сетки на дно формы с люминофорами в виде камней

**Второй способ.** В бетонную смесь, предварительно уложенную в формы, методом вибролитья в еще пластичную основу распределяют искусственные материалы из люминофора на лицевой стороне бетонного изделия и путем прессования закрепляют их в бетоне. Далее технология повторяет операции первого способа.

**Третий способ.** На бетонную смесь при помощи трафаретов наносят самосветящиеся искусственные материалы и выкладывают в виде декоративного рисунка; так достигается свобода варьирования формы декоративных элементов и выбора композиционного решения. Декоративный эффект таких изделий создается подбором соответствующего цветового решения.

**Четвертый способ** нанесения искусственных светящихся материалов на бетонные изделия включает в себя два других способа: на дно формы укладывается стеклотканевая стальная сетка (размер ячейки 5х5 мм), на которую затем наклеивают искусственные камни, светящиеся в темноте, размеры которых больше, чем ячейка стеклотканевой стальной сетки, и форму заливают бетонной смесью. А на лицевой стороне бетонных изделий путем ручного вдавливания в еще пластичную основу добавляются камни. При прессовании облицовочное покрытие затвердевает лучше благодаря большей поверхности и малой толщине, закрепляя тем самым декоративные элементы на плитке. Такой способ повышает выразительность композиции декоративных элементов меньшего размера, имеющих другой цвет или оттенок цвета, образуя многокрасочную составную объемную композицию.

**Пятый способ** нанесения искусственных самосветящихся материалов на поверхность бетонных изделий представляет собой синтез трех вышеперечисленных способов, он применяется для получения сложных жанровых композиций, требующих тщательной индивидуальной проработки каждого из множества используемых элементов разного размера. На дно формы укладывается стеклотканевая стальная сетка (размер ячейки 5х5 мм), на которую затем наклеивают камни из полимерных цинкатов, светящиеся в темноте, и формы заливают бетонной смесью. На лицевой стороне бетонных изделий, в предварительно уложенную в формы бетонную смесь, путем ручного вдавливания

в еще пластичную основу распределяют искусственные самосветящиеся материалы и путем прессования закрепляют их в бетоне. Затем при помощи трафаретов наносят самосветящийся материал на поверхность бетонных изделий и выкладывают в виде декоративного рисунка. Готовые изделия фасадных светящихся плиток с применением люминофоров в виде камней представлен на рис. 4.

В промышленных масштабах технологическая линия по производству отделочных фасадных и тротуарных плиток с самосветящимся верхним слоем из люминофоров представляет собой поточно-конвейерную технологическую линию (см. рис. 5), состоящую из бункера для подготовки сухой смеси, бетоносмесителя, конвейерной линии с формами для укладки светящихся элементов, армирующих материалов и бетонной смеси, вибростолов и специальных сушильных камер, за аналог которой принята технологическая линия, запущенная в лаборатории «Механизация строительства» ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт» и ООО «Люмослайн».

При приготовлении бетонной смеси, как и на крупных промышленных объектах и центральных бетонных заводах, все материалы дозировались по массе, при этом состав бетона обозначали в виде расхода (кг) материала на 1 м<sup>3</sup> уложенной и уплотненной смеси. Правильный расчет состава бетонной смеси, подбор по массе люминофора является одной из наиболее важных операций в производстве отделочных фасадных и тротуарных плиток с самосветящимся верхним слоем из люминофоров.

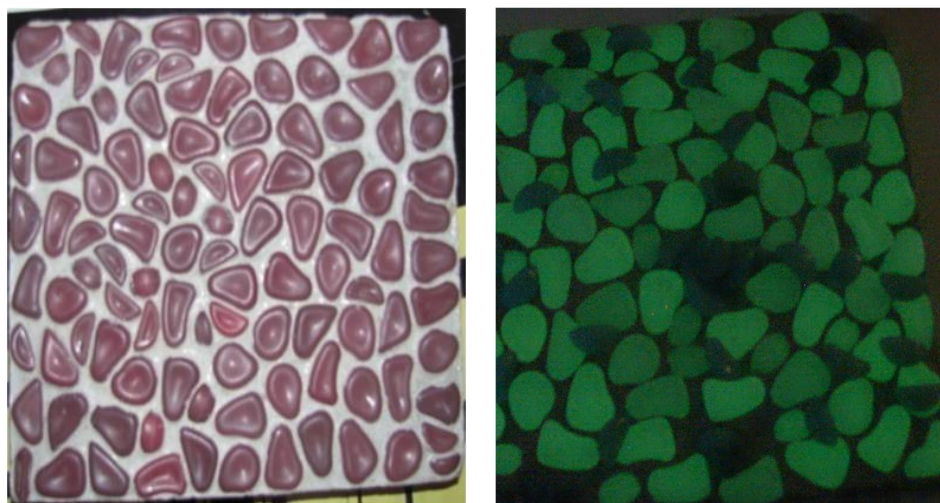


Рис. 4. Образцы светящихся отделочных плиток, полученные в результате разработки технологических линий

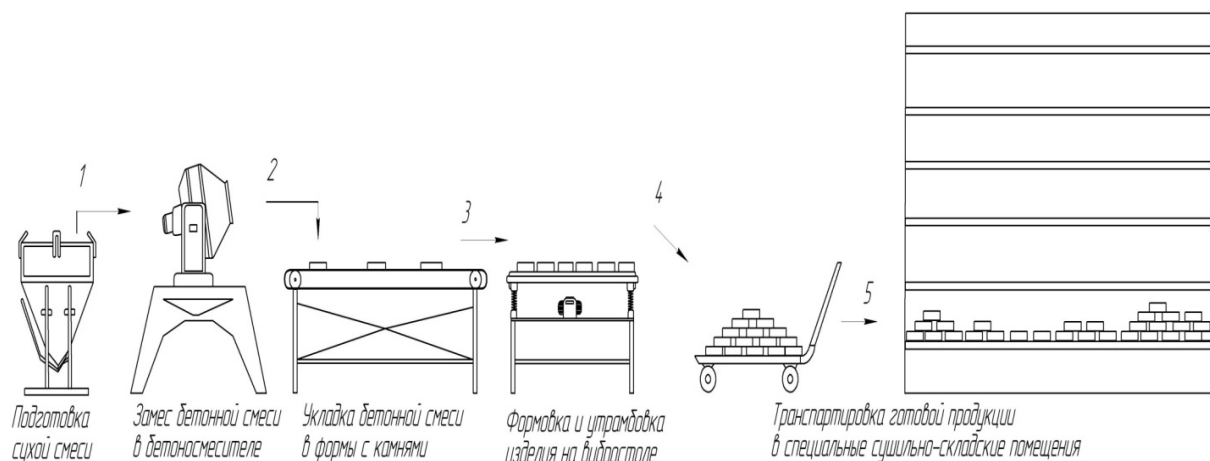


Рис. 5. Технологическая линия по производству отделочных фасадных и тротуарных плиток с самосветящимся верхним слоем из люминофоров

Экспериментальные исследования с образцами облицовочных и тротуарных светящихся плиток с люминофорами проходили в лаборатории «Механизация строительства» ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт» с участием специалистов ООО «Люмослайн» и ООО СК «Оливин» (г. Астрахань). На первом этапе были проведены *испытания образцов отделочных элементов на истираемость поверхностного самосветящегося слоя.*

Испытание предусматривало использование специального прибора и происходило в результате трения о поверхность отделочного элемента при помощи вращающегося диска. Результат выражался в мм объема канавки, образовавшейся на поверхности плитки: чем больше объем, тем хуже результат испытания. Нормы на требуемые характеристики изделий устанавливают максимальные значения объема по группам. Оборудование и материалы, используемые в испытаниях: круги истирания типа ЛКИ-3, весы технические, штангенциркуль, стальные линейки, шлифзерно.

Испытание бетонных изделий на круге истирания проводили на воздушно-сухих образцах, предварительно выдержанных не менее двух суток в помещении с установленными температурно-влажностными условиями, и на образцах, предварительно насыщенных водой по ГОСТ 12730.3-78 [5]. Истиранию подвергали верхнюю грань образца с люминофорами в виде камней.

Перед испытанием образцы взвешивали и измеряли площадь истираемой грани по методике ГОСТ 10180-78 [7]. Неплоскостность поверхности истираемой грани образцов не превышала 0,05 мм на 100 мм длины. Боковые грани образцов-кубов, перпендикулярные истираемой грани, перед испытанием нумеровали цифрами 1, 2, 3, 4, и в последовательности этой нумерации образец поворачивали при проведении испытаний, предусмотренных п. 2.3.1 ГОСТ. Испытания на истираемость были проведены в соответствии с ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости» [6], данные сведены в таблицу 2.

На втором этапе *физико-механические испытания образцов* светящейся плитки включали испытания на соответствие требованиям ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» [8] по прочности на сжатие.

Методы проведения испытаний: в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90, ГОСТ 12730.1-78; пресс П-125 (дата поверки 18.08.2010). Образцы маркированы: № 1 В22,5 (М300), в соответствии с ГОСТ 26633. Условия проведения испытаний:  $t = 24^\circ$ ;  $W = 60 \%$ . Результаты сведены в таблицу 3.

В результате физико-механических испытаний отделочных образцов выявлено: средняя прочность через 28 суток – 311,3 кгс/см<sup>2</sup>, что соответствует 103,76 % прочности бетона класса В 22,5, марки М 300.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов светящейся плитки на истираемость

№ п/п	Размер образца, мм	Площадь, см <sup>2</sup>	Вес образца до испытаний, г	Вес образца после испытаний, г	Потеря массы, г	Истираемость, г/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7
1	69,8x69,4x69,7	48,4	756	748	8	0,165
2	69,6x69,9x69,8	48,7	758	749	9	0,184

Таблица 3

Результаты физико-механических испытаний образцов светящейся плитки

Показатели	Единица измерения	Требования НТД	Фактические показатели	Методы испытания
Геометрические размеры образцов	мм	100/100/100	100/100/100	ГОСТ 10180-90
Средняя плотность серии в момент испытания	кг/м <sup>3</sup>	2200-2500	2345 2350	ГОСТ 12730.1-78
Средняя прочность на сжатие серии образцов	МПа	196,5	205,4	ГОСТ 28013-98
Масштабный коэффициент		0,95	0,95	ГОСТ 10180-90

Третий этап эксперимента состоял в проведении *испытаний образцов на резкие изменения температурного режима, долговечность, морозостойкость*.

Испытания образцов на морозостойкость проведены с применением морозильной камеры, обеспечивающей температуру от -15 до -20 °С, термостата, обеспечивающего поддержание температуры воды в сосуде от +15 до +20 °С, сосуда с деревянной решеткой и контейнера для укладки образцов. Для определения морозостойкости по степени повреждения использовали целые неповрежденные плитки.

Образцы насыщали водой таким же способом, что и при определении водопоглощения, и высушивали до постоянной массы при температуре (110±5) °С, а затем охлаждали. Образцы укладывали в сосуд с водой (температура +15–20 °С) в один ряд на решетку так, чтобы уровень воды в нем был выше верха образцов на 20–100 мм, и выдерживали в воде в течение 48 ч, после чего вынимали из сосуда и протирали влажной тканью.

Насыщенные образцы помещали в контейнер так, чтобы они не соприкасались. При размещении образцов в несколько рядов по высоте

отдельные ряды разделяли прокладками высотой не менее 20 мм.

Общий объем контейнера с образцами не превышал 50 % объема морозильной камеры. Образцы замораживали не менее 2 ч при температуре в морозильной камере от -20 до -15 °С. Температуру в камере -15 °С считают началом замораживания образцов. После двух часов замораживания контейнер с плитками полностью погружали в сосуд с водой, температура которой составляла +15–20 °С и поддерживалась в течение всего периода оттаивания образцов, то есть не менее половины продолжительности их замораживания. Одно замораживание и оттаивание составляло один цикл испытания. Образцы осматривали через каждые пять циклов, а выявление повреждений образцов (разрушение, образование трещин, расслоение и т. п.) проводили после их оттаивания (табл. 4).

Образцы считают морозостойкими, если после требуемого числа циклов не было обнаружено их повреждение. Если повреждение образцов наступило раньше, указывают то количество циклов, при котором оно было обнаружено.

Таблица 4

Результаты испытаний образцов светящейся плитки на морозостойкость

Контрольных		Основных					
Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	Средняя прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	Масса насыщенного образца до испытания, г	Средняя прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	Масса образца после испытания, г	Потеря прочности, %	Уменьшение массы, %
328,7	328,6	302,17	844	320,3	814	2,6	-
316,4		346,5	812		786		
340,1		312,3	833		798		

Водопоглощение – 3,4 %

Примечание: нормативное значение потери прочности – не более 5 %, потери массы – не более 3 %

Закключение: образцы по морозостойкости соответствуют марке F 50

#### Испытания образцов на долговечность

Метод определения долговечности отделочных материалов, согласно ГОСТам [9–11, 15], основан на определении степени воздействия на них ультрафиолетового излучения, изменения влажности, отрицательной температуры, величины и перепадов температур, а также совокупность этих и других эксплуатационных факторов.

Определение долговечности выполняется для любых отделочных материалов независимо от их физико-механических характеристик, области и технологии применения, конструктивных решений, эксплуатационных условий и других факторов. В зависимости от эксплуатационных требований физико-механические свойства отделочных материалов определяются до и после испытания образцов в климатических камерах.



Основным оборудованием для определения долговечности отделочных материалов являются климатические камеры с циклическими испытаниями. Были проведены испытания в климатической камере «Фейтрон» (Германия) с температурой от  $-30$  до  $+90$  °С и относительной влажностью воздуха от 10 до 100 %.

Показатель долговечности отделочных и облицовочных материалов – комплексный; в зависимости от вида материала он определялся совокупностью характеристик: изменением внешнего вида (ГОСТ 9.407-84) [10]; адгезией покрытия по силе отрыва до и после испытаний (ГОСТ 28574-90) [11]; показателем морозостойкости (ГОСТ 27180-2001) [15]. Полученные в короткие сроки результаты экспериментальных исследований образцов светящейся отделочной плитки с поверхностным слоем из люминофоров соответствуют результатам, полученным в натуральных условиях или в закрытых помещениях, а также сохранены физико-механические свойства образцов при многократном переменном замораживании и оттаивании. Заключение испытаний образцов на морозостойкость: образцы по морозостойкости соответствуют марке F 50.

Следующий этап исследований включал проведение *испытания образцов на стойкость к воздействию растворов оснований и на стойкость к воздействию воды и щелочи.*

Для определения кислото- и щелочестойкости были использованы: шкаф сушильный электрический с регулированием температуры до 120 °С; весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,001 г по ГОСТ 24104-80 [9]; сита из сетки с ячейками размерами 0,100; 0,500; 0,630; 0,800 мм по ГОСТ 3584-73 [17]; холодильник стеклянный; водоструйный вакуумный насос; колбы конические вместимостью 500 см<sup>3</sup>; тигли фильтровальные стеклянные вместимостью около 100 м<sup>3</sup>; эксикатор; серная кислота, 70%-ный раствор; натрия гидроокись, 1%-ный раствор; хлорид бария и вода дистиллированная.

Образец изделия измельчали до полного прохождения через сито с сеткой № 08 (при определении кислотостойкости) или № 05 (при определении щелочестойкости). Затем подготовленную пробу просеивали через сито с сеткой № 063 (при определении кислотостойкости) или № 01 (при определении щелочестойкости). Остаток на сите промывали дистиллированной водой для удаления пылевидной части и высушивали при температуре  $110 \pm 5$  °С до постоянной массы. Высушенную пробу охлаждали на эксикаторе и испытывали навески по 20 г каждая с погрешностью не более 0,001 г; проводили не менее двух параллельных испытаний.

Навеску пробы массой 20 г помещали в коническую колбу вместимостью 500 см<sup>3</sup> и наливали 200 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты. Колбу соединяли с обратным холодильником и на песчаной бане доводили до кипения в течение 30 мин. Слабое кипячение поддерживали в течение 6 ч, после чего колбу снимали с бани и оставляли на 1 ч для охлаждения. Затем отстоявшийся раствор сливали, в колбу доливали дистиллированной воды до объема 500 см<sup>3</sup> и все содержимое колбы фильтровали через высушенный до постоянной массы и взвешенный фильтровальный тигель.

Раствор отсасывали водоструйным вакуумным насосом, остаток на тигле промывали водой до отрицательной реакции фильтрата на серную кислоту при добавлении хлорида бария, при этом в фильтрате помутнения не образовывалось. Тигель с остатком высушивали при температуре  $110 \pm 5$  °С до постоянной массы, перед каждым взвешиванием тигель с остатком охлаждали в эксикаторе, рассчитывали окончательную массу остатка.

Определение щелочестойкости самосветящихся отделочных плиток проводили по аналогии практически в той же последовательности, но с применением раствора гидроокиси натрия.

*Определение химической стойкости поверхности самосветящихся плиток.*

На этом этапе использовали следующее оборудование и реактивы: цилиндр из химически стойкого стекла диаметром около 80 мм и высотой 350 мм; мастику уплотняющую; метанол; дистиллированную воду. Растворы для испытания: раствор соляной кислоты, приготовленный из 30 см<sup>3</sup> соляной кислоты плотностью 1,19 г/см<sup>3</sup> и 660 см<sup>3</sup> дистиллированной воды; раствор гидроокиси кальция; стандартный раствор, приготовленный из углекислого натрия (80 %), тетрабората натрия (10 %); силиката натрия плотностью 1,33 г/см<sup>3</sup> (7 %), 30 % мыльных хлопьев и дистиллированной воды. После перемешивания компонентов раствор высушивали при температуре 115 °С и из 10 г сухого вещества готовили 1 дм<sup>3</sup> раствора для испытания.

Для испытания применяли целые плитки, их поверхность со самосветящимися камушками проверяли для исключения повреждений, трещин, сколов и отслаивания люминофора от бетонной поверхности образца. Плитки тщательно очищали метанолом.

Стеклянный цилиндр приклеивали уплотняющей мастикой к верхней светящейся поверхности образца и наполняли его одним из растворов на высоту  $20 \pm 1$  мм. Растворы № 1 и № 2 с образцами выдерживали при температуре  $20 \pm 5$  °С в течение 10 суток. Один раз в сутки образцы

легко постукивали, а после 4 суток растворы обновляли. После выдерживания раствор выливали, стеклянный цилиндр снимали, поверхность плиток тщательно очищали и высушивали.

Таким образом, в результате испытаний было выявлено, что самосветящиеся камни, нанесенные на все виды оснований отделочных плит, имеют высокую адгезию – 1 балл по ГОСТ 15140-78 [13], стойкость покрытий к статическому воздействию воды при температуре  $20 \pm 2$  °С по ГОСТ 9.403-80 [16]. Несмотря на то, что на поверхности большинства образцов после воздействия 5 % раствора щелочи в течение 24 ч наблюдалось легкое посветление, интенсивность свечения, тем не менее, оставалась неизменной.

Результаты испытаний показали, что в условиях умеренного климата срок службы данных покрытий по отобранным типам оснований не менее 10–12 лет при соблюдении требований технологии нанесения. Самосветящиеся отделочные плитки с длительным послесвечением, разработанные в ГАОУ АО ВПО «АИСИ» и ООО «Люмослайн» (г. Астрахань), могут быть использованы при устройстве ФЭС (фотолюминисцентных эвакуационных систем) в помещениях жилых, производственных и общественных зданий.

*Испытание образцов светящейся плитки на воздействие соляного тумана*

Данное климатическое испытание проводится с целью определения коррозионной стойкости материалов и покрытий для защиты от коррозии (далее – образцов для испытаний),

а также пригодности изделий к эксплуатации во влажной атмосфере в присутствии солей.

Непрерывное воздействие соляного тумана проводится по результатам испытаний, базирующихся на четырех методах, температура испытаний при этом составляла: для метода № 1 –  $27 \pm 2$  °С, для метода № 2 –  $35 \pm 2$  °С, для метода № 3 –  $40 \pm 2$  °С, для метода № 4 –  $40 \pm 2$  °С. Общая продолжительность испытания – 10 суток вместе с этапом приготовления.

Например, метод № 1 – это испытание экспериментальных образцов самосветящейся потолочной и фасадной плитки в условиях агрессивности (по осаждению солей), идентичных номинальным эксплуатационным условиям, нормированным для групп условий агрессивности Х03 по ГОСТ Р 51801 [14], в том числе:

- метод № 1 – испытание в нейтральном соляном тумане;
- метод № 2 – испытание в уксуснокислом соляном тумане;
- метод № 3 – испытание в медно-уксуснокислом соляном тумане.

Каждый цикл испытаний состоит из четырех последовательных воздействий соляного тумана и влажности и выдержки в условиях кондиционирования. Число циклов испытаний: 1 – для метода № 1; 2 – для метода № 2; 4 – для метода № 3; 8 – для метода № 4.

Условия испытаний: туман 5 % раствора хлористого натрия 100 % RH, температура  $35 \pm 2$  °С, рН 6,5–7,2. Оборудование для проведения испытаний: коррозионная камера SKBW 1000A-TR (Liebisch) (см. табл. 5).

Таблица 5

Результаты испытаний светящейся плитки на воздействие соляного тумана

Экспериментальные образцы	Эксп. час	Пузыри ISN EN ISO 4628-2	Коррозия ISN EN ISO 4628-3	Крестообразное сечение ASTM D3359	Прилипание ISN EN ISO 2409	Прилипание ISN EN ISO 4624
240	07	0 (SO)	Ri O	4A	Степень 1	4,2 МПа (5 % А, 65 % В, 30 % С) 4,6 МПа (20 % А, 70 % В, 10 % С)
480	06	0 (SO)	Ri O	5A	Степень 1	4,2 МПа (5 % А, 90 % В, 5 % С) 4,6 МПа (3 % А, 77 % В, 20 % С)
480	10	0 (SO)	Ri O	4A	Степень 2 по отношению к основному покрытию	4,2 МПа (10 % А, 80 % В, 10 % С) 3,8 МПа (10 % А, 60 % В, 30 % С/У) 5,0 МПа (30 % В, 70 % С)

Примечание: покрытие без отслаивания, без трещин

В результате установлены оптимальные режимы по температуре и влагосодержанию для получения качественных покрытий с самосветящимися материалами. Показано, что отделочные материалы с люминофорами относятся к покрытиям с высоким сроком службы в атмосферных условиях с высокой коррозионной активностью и обладают высокой стойкостью к солевым, кислым и щелочным растворам, а также

нефтепродуктам. Проведенные испытания фасадных и потолочных плиток в коррозионной атмосфере под воздействием окружающей среды с высоким содержанием соли показали, что экспериментальные образцы отделочных элементов устойчивы к коррозионному воздействию.

Проведены исследования фасадных и потолочных плиток на адгезионную и световую стойкость.



Испытания фасадных и потолочных плиток на световую стойкость (воздействие солнечным излучением) проводились на специальном стенде, оборудованном узлами и приборами, по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 20.57.406-81 [12].

Также использовали метод ускоренных испытаний, в котором длительное время воздействия излучения ( $\tau$ ) заменяется повышенным значением поверхностной плотности потока излучения ( $E$ ) при сохранении соотношения  $E \cdot \tau = const$ . Этот метод позволяет существенно снизить затраты времени и средств по сравнению со стандартными и натурными испытаниями.

При проведении испытаний образцов на выявление зависимости срока свечения от срока облучения солнечным светом выявлено, что самосветящиеся камни обладают свойствами аккумулировать свет при освещении различными источниками (солнечный свет, лампы накаливания, в том числе люминесцентные лампы). Для зарядки изделий с покрытием из самосветящихся элементов достаточно 10–15 секунд подержать их у источников света. Продолжительность свечения составляет до 8 часов.

Самосветящиеся люминофоры светятся в три этапа:

1) «свечение», когда самосветящиеся камни излучают такое колоссальное количество энергии, которого хватает, чтобы освещать не только себя, но и пространство вокруг;

2) «послесвечение», когда самосветящиеся камни светятся, и свечение визуально можно наблюдать после адаптации глаз;

3) «угасание», когда послесвечение самосветящихся камней сходит на нет.

Параметры, характеризующие основные свойства самосветящегося материала: температура плавления – 1600 °С; температура начала разложения – не разлагается; температура потери 10 % массы – потеря массы не наблюдается до 2600 °С; плотность по воде – 4,0 г/см<sup>3</sup>; насыпная плотность – 1,5–2,0 г/см<sup>3</sup>; растворимость в воде – не растворим; рН водной вытяжки – 6,7–7,3; растворимость в органических растворителях – не растворим; фракционный гранулометрический состав – до 10 мкм 70 %, до 60 мкм 100 %; активность поверхности – гидрофобен. Характеристики материала предоставлены реализатором люминофоров на территории Астраханской области – ООО СК «Оливин».

*Испытания самосветящихся отделочных элементов на адгезионную стойкость*

Метод количественного определения адгезии заключается в определении силы, необходимой для отрыва испытуемого покрытия от бетонного основания. Метод отрыва применяется для определения адгезии вдавливаемых, приклеиваемых материалов. Метод качественного

определения адгезии покрытия основывается на визуальной оценке адгезии.

Образцы изготавливали из приклеиваемого самосветящегося материала в форме речной гальки размерами 150х250 мм. Толщину образца принимали по толщине испытуемого материала.

В качестве основания для вдавливания и наклейки самосветящегося материала применяли плиты размерами 150х60х20 мм, которые формировали из цементно-песчаного раствора следующего состава: портландцемент марки 350 (по РС 3217-71) плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>; плотный естественный заполнитель с различной зернистостью, водоцементное отношение 0,5.

Плиты с самосветящимся материалом в течение суток выдерживали в формах, затем их освобождали от форм и хранили 6 суток во влажной среде и 21 сутки в лабораторном шкафу при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха 65±5 %. Для испытаний заготавливали пять комплектов плит с самосветящимся материалом. Для проведения испытаний применяли следующие материалы и оборудование: цементно-песчаные плиты; клей; самосветящийся люминофор; органический растворитель; шпатель или щетку для нанесения клея; металлическую щетку; волосяную щетку; резак (гильотину); нож; пинцет; испытательную машину с механическим приводом и со шкалой. Шкалу испытательной машины подбирали так, чтобы отклеивающая сила находилась в пределах от 15 до 85 % диапазона шкалы. Испытательная машина при отклеивании самосветящихся камешков обеспечивает постоянную скорость движения зажима, равную 50±5 мм/мин. Силоизмеритель на заданной скорости отклеивания работает по возможности без инерции, обеспечивает измерение нагрузки с погрешностью не более 1 % от измеряемой величины.

Зажимы, предназначенные для крепления плиток и самосветящегося материала, присоединены к неподвижной и подвижной частям машины так, что они свободно устанавливаются под действием нагрузки, при этом продольная ось испытываемой ленты совпадает со средней линией зажимов и направлением действия отклеивающей силы. Зажимы должны обеспечивать надежное крепление самосветящихся камешков и плитки. Во время испытаний величину отклеивающей силы записывали через каждые 15 мин. хода зажима до момента полного отделения самосветящихся камней от плитки (предварительно на плитку наносили метки через каждые 15 мм).

Оценку адгезии для каждого образца делали на основании записанных величин силы отклеивания. Первую и последнюю величины силы

исключали, а по оставшимся значениям рассчитывали среднюю арифметическую величину. За результат испытания принимали среднюю арифметическую величину из пяти значений прочности сцепления (см. табл. 6).

Таблица 6  
Результаты испытаний образцов светящейся плитки на адгезионную стойкость

Наименование	Адгезия, балл	Эластичность, мм	Удар, см
	До/после испытаний (во всех средах)		
Экспериментальные отделочные элементы со самосветящимся материалом	1/1	1/1	50/50

Было выявлено, что после 60 суток испытаний у покрытия из самосветящихся материалов не ухудшились показатели адгезии, что характеризует высокие физико-механические свойства отделочной продукции.

В результате испытаний самосветящихся потолочных и фасадных плиток на световую стойкость было установлено, что при активации наиболее действенное энергетическое насыщение может быть получено, когда незащищенный пигмент подвергается действию направленного ультрафиолетового луча (UV) солнца, галогеновой лампы, газоразрядной лампы и других световых источников, богатых ультрафиолетом. Вольфрамовые лампы не очень эффективные активаторы, так как выделяют слабый свет в области дальнего УФ-излучения. С другой стороны, поскольку обычные флуоресцентные лампы богаты ультрафиолетовым светом, возможна быстрая активация, если разместить самосветящийся материал рядом с ними. Яркость послесвечения также пропорциональна интенсивности ультрафиолета, содержащегося в активирующем свете, и времени активации.

*Испытания фасадных и потолочных плиток на паропроницаемость*

Метод испытания заключался в определении количества водяного пара, пропускаемого образцами с защитным покрытием и без него или проходящего через нанесенное на стеклоткань защитное покрытие, и последующем расчете сопротивления паропроницаемости защитного покрытия. Для испытания паропроницаемости самосветящегося покрытия не на бетонном основании защитное покрытие наносили на стеклоткань толщиной 0,5 мм. Для испытания применяли: обойму; испарительные стаканы с крышкой; резиновые прокладки; металлические кольца; шкаф для кондиционирования (изменение температуры в пределах  $\pm 2$  °C); резиновые кольца; штангенциркуль; весы с погрешностью взвешивания  $\pm 1$  мг; клей на основе эпоксидной смолы; герметизирующую пасту; дистиллированную

воду; нитрат аммония; стеклоткань. Испытания проводили в следующей последовательности:

- бетонные образцы вставляли в расширенную часть обоймы и герметизирующей пастой заделывали зазоры между образцами и краями обоймы;
- для испытания паропроницаемости защитного покрытия, наносимого на стеклоткань, стеклоткань защемляли между двумя металлическими кольцами и вставляли в расширенную часть обоймы, затем на стеклоткань наносили защитное покрытие и просушивали в естественных условиях. Зазоры между обоймой и металлическими кольцами заделывали герметизирующей пастой, при этом испытываемое защитное покрытие закрывали шаблоном;
- подготовленные обоймы с образцами и испытательные стаканы с водой устанавливали на резиновой подкладке в шкафу для кондиционирования при температуре  $20 \pm 0,5$  °C и относительной влажности воздуха  $\varphi_v = 65 \pm 5$  %;
- относительную влажность воздуха регулировали с помощью насыщенного раствора нитрата аммония;
- через 10 дней доливали воду в испытательные стаканы и поддерживали уровень в  $20 \pm 5$  мм от нижней поверхности образца;
- для определения сопротивления паропроницаемости использовали данные взвешивания, полученные после установившегося постоянного диффузионного потока водяного пара;
- для защитных покрытий, нанесенных на стеклоткань, рассчитывали только удельное сопротивление паропроницаемости (см. табл. 7–8), а за среднее значение количества водяного пара, проходящего через образцы № 1 и № 2, принимали среднее арифметическое четырех параллельных определений, расхождения между которыми не превышали 10 %.

Таблица 7  
Результаты испытаний образцов разной толщины по ГОСТ 28575-90

П/п	Толщина, мм	Сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$	Коэффициент паропроницаемости, $\text{мг} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$
1	5,485	0,204	0,026
2	5,638	0,204	0,027
3	1,382	0,184	0,0088
4	1,595	0,181	0,00751

Таблица 8  
Образцы разной толщины, испытанные по 28575-90

П/п	Толщина, мм	Паропроницаемость, $\text{г} / \text{м}^2 \cdot \text{сут}$
1	1,295	166,879
2	1,568	154,20
3	3,990	143,825
4	3,567	123,888
5	5,638	88,955
6	5,648	76,521
7	6,81	78,109



Рис. 6. Информационное табло, знаки-указатели (вид в дневное время суток), выполненные на бетонном основании в результате приклеивания люминофором в виде плоских листов

Разработанная технология вкрапления самосветящегося искусственного камня (люминофора) различной фракции в бетонную и железобетонную смесь также может быть применена для изготовления информационных табло, знаков-указателей на фасадах зданий (рис. 6) и самосветящегося бордюрного камня.

Основные стоимостные характеристики самосветящейся продукции, по данным финансового плана ООО «Люмослайн» и ценам на 01.02.2014 г., представлены в таблице 9.

Таблица 9

Стоимостные характеристики единицы самосветящейся продукции

Наименование	Размеры	Стоимость
Отделочная самосветящаяся плитка	10x5 см	200 руб.
	15x8 см	240 руб.
	25x25 см	300 руб.
	40x40 см	380 руб.
Информационное табло (знаки)	30x10 см	280 руб.
	40x15 см	300 руб.
	50x20 см	380 руб.
Бордюрный самосветящийся камень	500x100x80 мм	280 руб.
	1000x200x80 мм	480 руб.

Изучение технологии вкрапления самосветящегося искусственного люминофора при производстве отделочных самосветящихся фасадных и тротуарных плиток показало, что наиболее прочные образцы плиток с наименьшим коэффициентом истираемости (0,165 г/см<sup>2</sup>) были получены путем наклеивания полимерного камня перед заливкой бетонной смеси в блок-форму на мелкоячеистую полимерную сетку. Однако применяемые клеи на основе силиката натрия, полимерных модификаторов, меламиновых и резорциновых смол и др. показали различную степень склеивания, истираемости и прочности из-за неоднородности склеиваемых поверхностей. При разработке технологии

нанесения самосветящегося искусственного полимера на бордюрный камень необходимо учитывать несовершенства технологии, которые были выявлены в результате экспериментальных данных.

Было установлено, что испытываемые образцы обладают низкой паропрооницаемостью – расчетное значение коэффициента паропрооницаемости  $\mu = 0,06$  мг/(м ч Па), что обеспечивает их надежность и долговечность.

По сравнению с прямыми и косвенными аналогами выявлены конкурентные преимущества производимых самосветящихся строительных материалов и конструктивных элементов:

- высокая прочность (за счет армирования мелкотканой сеткой) и низкая истираемость поверхностного самосветящегося пигментного слоя;
- длительный период свечения – до 8 часов;
- световая устойчивость;
- отсутствие опасных для здоровья и радиоактивных веществ;
- экологическая чистота, высокая атмосферная и химическая стойкость.

Разработанные способы нанесения самосветящихся искусственных камней на поверхность бетонных изделий позволяют применять люминофор в виде: камней различной фракции и цветовой гаммы, крошки (размер частиц от 0,1 до 0,5 мм), речной гальки (размер камешков 1–2 см, средний вес камешка 2 г) и пластин.

Экспериментальные исследования [1, 19, 20, 24–26] выполнены на материально-технической базе ООО «Люмослайн», ГАОУ АО ВПО Астраханского инженерно-строительного института в рамках государственного контракта на выполнение научно-исследовательской



и опытно-конструкторской работы федерального государственного бюджетного учреждения «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» по проекту № 14879 (заявка № 11-3-НЗ.8-0600).

Оценка экономической эффективности от внедрения светящейся отделочной плитки на цоколе и входных группах подъездов, в виде информационных табло с наименованиями улиц, знаков-указателей путей эвакуации на фасадах зданий, самосветящейся тротуарной

плитки и бордюрного камня при благоустройстве территории произведена на примере эксплуатации 5-этажного четырехподъездного крупнопанельного жилого дома, расположенного в г. Астрахань по ул. Татищева. Внедрение вышеречисленных светящихся материалов и изделий при отделке фасада жилого дома и благоустройстве территории позволило снизить затраты электроэнергии управляющей компании на наружное освещение придомовой территории в темное время суток до 40 %.

#### Список литературы

1. Ануфриев Д. П., Купчикова Н. В. Эффективные строительные конструкции и технологии на Каспийском инновационном форуме – 2009 // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. – 2009. – № 5. – С. 52–54.
2. Белов В. В., Петропавловская В. Б. Краткий курс материаловедения и технологии конструкционных материалов для строительства : учеб. пособие. – М. : АСВ, 2006. – 208 с.
3. Бобров Ю. Л. [и др.]. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. – М., 2003. – 350 с.
4. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. Карманный справочник. – М. : Додэка XXI, 2004. – 350 с.
5. ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения. – М., 1980.
6. ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости / Государственный комитет стандартов Совета министров СССР. – М., 1982.
7. ГОСТ 10180-78. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М., 1991.
8. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия / Государственный строительный комитет СССР. – М., 1992.
9. ГОСТ 24104-80. Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия. – М., 1989.
10. ГОСТ 9.407-84. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. – М., 2006.
11. ГОСТ 28574-90. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий. – М., 2004.
12. ГОСТ 20.57.406-81. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. – М., 1982.
13. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. – М., 1979.
14. ГОСТ Р 51801-2001. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к воздействию агрессивных и других специальных сред. – М., 2002.
15. ГОСТ 27180-2001. Плитки керамические. Методы испытаний. – М., 2002.
16. ГОСТ 9.403-80. Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей. – М., 1982.
17. ГОСТ 3584-73. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. – М., 1988.
18. ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение : утв. постановлением Госстандарта РФ от 30.11.1999.
19. Жилиева Е. А. Аналитические процедуры в системе внутреннего контроля эффективности деятельности строительного предприятия // Актуальные проблемы учета, экономического анализа и финансово-хозяйственного контроля деятельности организаций : материалы III Международной научно-практической конференции. – Воронеж : ЦНТИ, 2010.
20. Жилиева Е. А., Купчикова Н. В., Кукушкина Л. О., Иргалиев А. К. Исследование самосветящихся фасадных плиток с полимерными цинккатами на прочность при ударе и истираемости // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию Каспия : материалы I Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников. – Астрахань, 2012. – С. 76–77.
21. Кальгин А. А., Фахратов М. А., Чулков В. О. Производство и использование строительных материалов, изделий и систем. Т. 1. Отделочные материалы, изделия и системы : учеб. пособие / под ред. В. О. Чулкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : СВР-АРГУС, 2009. – 296 с.
22. Киселева О. А., Ярцев В. П. Физические основы работоспособности строительных материалов из древесины : монография. – Тамбов : Изд. Першина Р. В., 2007. – 237 с.
23. Комар А. Г., Баженов Ю. М., Сулименко Л. М. Технология производства строительных материалов : учеб. для вузов по спец. «Экономика и орг. пром. строит. материалов». – М. : Высш. школа, 1984. – 408 с.
24. Купчикова Н. В. О повышении прочности основания щебнем в зависимости от интенсивности его уплотнения // Образование, наука и практика в строительстве и архитектуре : материалы Международной научно-практической конференции. – Астрахань : АИСИ, 2007. – С. 128–134.
25. Купчикова Н. В., Жилиева Е. А., Кукушкина Л. О. Производство энергосберегающих самосветящихся отделочных плиток и бордюрных камней для строительства зданий и сооружений // Фундаментальные и прикладные исследования университетов, интеграция в региональный инновационный комплекс : Международная научно-практическая конференция. Доклады молодых ученых в рамках программы «У.М.Н.И.К.». Т. 4. Секция: «Машиностроение, электроника, приборостроение». – Астрахань : ИП Сорокин Р. В., 2010. – С. 139–141.
26. Мясин С. В., Иргалиев А. К., Кукушкина Л. О., Жилиева Е. А., Купчикова Н. В. Производство энергосберегающих самосветящихся информационных табло (знаки, указатели) и отделочных декоративных элементов для фасадов зданий и сооружений // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности АСТИНТЕХ-2012. – Астрахань, 2012. – С. 82–84.



---

27. Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования : приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 19.04.2010 г. №182.

28. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ.

29. Рыбьева И. А. Материаловедение в строительстве : учеб. пособие. – М. : Академия, 2006. – 528 с.

© *Н. В. Купчикова, Е. А. Жилыева*