

---

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

---

## BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

Известия вузов. Строительство. 2021. № 9. С. 21–32.

ISSN 0536-1052

News of Higher Educational Institutions. Construction. 2021; (9): 21–32.

ISSN 0536-1052

Научная статья

УДК 691:728.03

DOI: 10.32683/0536-1052-2021-753-9-21-32

### КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНО-ДЕКОРАТИВНОГО ОФОРМЛЕНИЯ

Анатолий Петрович Пичугин<sup>1</sup>, Владимир Федорович Хританков<sup>1</sup>,  
Александр Владимирович Пчельников<sup>1</sup>, Ольга Евгеньевна Смирнова<sup>2</sup>,  
Сергей Евгеньевич Ткаченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет,  
Новосибирск, Россия

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследований по формированию требований для получения нового полупрозрачного материала, позволяющего вводить в технологический процесс ранее неиспользуемые отходы и местное сырье. Для аргументированного обоснования свойств нового материала приведены общая концепция в виде схемы всех учитываемых факторов, а также функциональная модель разработки строительных материалов, отвечающих представлениям архитектора, использующая принятые в науке и технике методы математического моделирования. Первые результаты позволяют положительно оценить новые возможности декоративных и прозрачных материалов, обеспечивающих эффективность бетонов при существенно низких экономических затратах на их производство. Представлен анализ свойств и технологических особенностей декоративных и прозрачных бетонов и материалов, позволяющих оформлять экстерьеры и интерьеры зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** декоративно-оформительские свойства, архитектурный бетон, прозрачность материалов, математическое моделирование материалов

**Для цитирования:** Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пчельников А.В., Смирнова О.Е., Ткаченко С.Е. Концепция формирования свойств материалов для архитектурно-декоративного оформления // Известия вузов. Строительство. 2021. № 9. С. 21–32. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-753-9-21-32.

Original article

## THE CONCEPT OF FORMING THE PROPERTIES OF MATERIALS FOR ARCHITECTURAL AND DECORATIVE DESIGN

Anatoliy P. Pichugin<sup>1</sup>, Vladimir F. Hritankov<sup>1</sup>, Aleksandr V. Pchelnykov<sup>1</sup>,  
Olga E. Smirnova<sup>2</sup>, Sergey E. Tkachenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia

**Abstract.** The article presents the results of research on the formation of requirements for obtaining a new translucent material that allows previously unused waste and local raw materials to be introduced into the technological process. For a reasoned justification of the properties of the new material, a general concept is presented in the form of a scheme of all factors taken into account, as well as a functional model for the development of building materials that meet the ideas of the architect, using methods of mathematical modeling accepted in science and technology. The first results allow us to positively evaluate the new possibilities of decorative and transparent materials that ensure the effectiveness of concrete at significantly low economic costs for their production. The analysis of the properties and technological features of decorative and transparent concrete and materials that provide the possibility of designing the exteriors and interiors of buildings and structures is presented.

**Keywords:** decorative and decorative properties, architectural concrete, transparency of materials, mathematical modeling of materials

**For citation:** Pichugin A.P., Hritankov V.F., Pchelnykov A.V., Smirnova O.E., Tkachenko S.E. The concept of forming the properties of materials for architectural and decorative design. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2021; (9): 21–32. (In Russ.). DOI: 10.32683/0536-1052-2021-753-9-21-32.

Новые и инновационные композиционные материалы позволили изменить представления о строительстве, особенно в строительном материаловедении. Появились бетоны, позволяющие разглядеть сквозь них тени, силуэты и цвета предметов, увидеть различные световые эффекты и др. Такие новые композиционные материалы, как светопроводящий бетон, люмобетон, светопроводящее дерево, прозрачное дерево, жидкая (живая) плитка, тепловые обои, увеличивают возможности в области современного искусства архитектуры, градостроительства, строительства и дизайна. Эти строительные материалы имеют новые эстетические и декоративные, а также прочностные и теплоизоляционные свойства, не присущие обычным декоративным материалам. Их эстетические характеристики придают им способность выполнять не только эстетические и декоративные функции, но и ряд эксплуатационных, что заметно расширяет сферу применения [1–4].

Современное строительство связано с использованием бетона, на долю которого приходится большая часть искусственных каменных строительных материалов, а объем его производства в мире составляет несколько миллиардов кубических метров. Широкая область применения бетона определяется разными видами зданий и сооружений при возведении фундаментов, каркасов, несущих и самонесущих стен, перегородок, стяжек полов и множества других объектов инфраструктуры строительства.

Одними из недостатков новых композиционных материалов считаются повышенный расход энергии при производстве минеральных вяжущих веществ, невозможность использования естественных источников света в течение суток, что снижает эффективность данных материалов при массовом производстве. Для устранения некоторых недостатков должны быть научно обоснованы и реализованы на практике требования к строительным материалам, обеспечивающие рациональность зон использования тех или иных сырьевых ресурсов как для основного строительства, так и для архитектурно-декоративного оформления зданий, сооружений и объектов благоустройства территорий, при сочетании сложившихся традиций с новыми свойствами композиционных материалов [4–7].

Внешнее строение поверхности материалов или изделий, используемых с декоративной целью при выполнении архитектурно-художественного оформления зданий и сооружений различного назначения, влияет на облик объектов, обустроенность населенных мест, работу, комфортность или расположение к отдыху, творчеству. Примеры внешней отделки или фактуры наблюдаются постоянно: шероховатость камня, полированная поверхность мраморных или гранитных плит, теплота изделий или фрагментов из древесины, холодный зеркальный блеск металла, гладкость и неповторимость текстуры пластмасс и т. п.

Реалистичное представление о строительных материалах дает фактура, т.е. характер поверхности материала. Она может быть зеркальной, матовой, гладкой, шероховатой. По фактуре мы различаем разные материалы: бетон, стекло, древесину, камень.

Приведенные определения неоднозначны: фактура – это характер, строение, структура, выделка, выработка, характеристика поверхности. Ясно, что под фактурой понимается гладкость и шероховатость, выпуклость или вогнутость выраженного рельефа, глянецовость или матовость. Словом, все, что можно назвать основными признаками фактуры. Эти признаки рассматриваются специалистами как чувственно воспринимаемое свойство поверхности, имеющее декоративную выразительность и помогающее создавать определенный художественный образ архитектурно-декоративных изделий или объектов, отдельных сооружений или ансамблей, скульптурных и живописных произведений и т.п. Наше зрительное представление о свойстве внешней поверхности изделия носит сложный характер и подчиняется определенным законам зрительного восприятия. В формировании зрительного образа объектов внешнего мира большую роль играет взаимосвязь зрения, мышечных, осязательных и тактильно-кинестических ощущений.

Взаимосвязь зрительных ощущений с «целой системой чувствующих органов» (И.М. Сеченов), ассоциативно-эмоциональный характер нашего восприятия приводят к тому, что мы воспринимаем предметы не только по их непосредственным физическим свойствам, но и по ряду противоположных признаков, которые ощущаются нами как свойство данного предмета и его поверхности. Поэтому не случайно создатель первого пропедевтического курса дизайна И. Иттен в основу формирующего творчества положил разработанное им учение о контрастах. Он развивал в студентах умение

объективно оценивать структурно-пластические возможности разнородных материалов, раскрывать их фактурно-текстурные свойства через такие чувственно воспринимаемые признаки в их контрастных проявлениях, как большое–маленькое, длинное–короткое, широкое–узкое, черное–белое, прямое–согнутое, острое–тупое, горизонтальное–вертикальное, гладкое–шероховатое, твердое–мягкое, легкое–тяжелое, прозрачное–непрозрачное, постоянное–прерывистое, холодное–теплое, однородное–разнородное, матовое–блестящее, тусклое–яркое и т.п. [8–11].

Каждый предмет является сложным целым и обладает многими признаками (свойствами). Глаз человека воспринимает предмет не только как целое, он одновременно воспринимает отдельные его элементы, а также разные свойства.

Внешние поверхности как геометрические элементы предмета имеют комплекс свойств. На основе чувственного опыта глаз, воспринимающий поверхности предметов, как бы моделирует их, классифицируя в определенном порядке. Несомненно, наиболее действенным свойством внешней поверхности предмета является его цвет, который человек воспринимает одновременно со структурой, имеющей цвет поверхности. Однако структура поверхности, т. е. ее фактура, воспринимается достаточно самостоятельно, причем зрение с помощью осязания группирует структурные свойства поверхности по опознавательным признакам.

Кроме декоративно-эстетических свойств и параметров материалов, используемых для архитектурно-декоративного оформления, важным элементом являются их эксплуатационные показатели: прочность, долговечность, водо- и морозостойкость, цветоустойчивость, способность сопротивляться атмосферным воздействиям и длительно сохранять заданные формы, цвет, свои внешние и технические свойства.

Сформулированная М.Я. Гинзбургом аксиома: «...без диктатуры архитектора в области... производства строительных материалов немислима никакая его творческая свобода в процессе проектирования. Если он не знает, какие стройматериалы и конструкции могут быть в его распоряжении, больше того, если он не может указать промышленности, какие материалы и конструкции могут и должны быть произведены на базе имеющихся в нашей стране ресурсов, всякие разговоры об освоении архитектором новейшей строительной техники, о решении им на ее основе новых стилевых и конструктивных проблем являются бесплодными» [12–14].

Если раньше архитектурная палитра включала всего несколько десятков наименований различных материалов, то сегодня, особенно в связи с бурным развитием химии и созданием новых материалов и изделий на базе полимеров, их уже тысячи.

Необходимым этапом предпроектных исследований по определению набора требований к декоративно-отделочным материалам для архитектурного оформления является изучение и анализ опыта проектирования и эксплуатации аналогичных объектов и изделий. Достоинства и недостатки той или иной конструкции выявляются главным образом в процессе ее эксплуатации. Анализ существовавших и существующих декоративных и архитектурных элементов и изделий необходим еще и потому, что только

на основании художественно-конструкторского анализа можно дать полное представление о потребительских качествах изделия и его эстетических характеристиках. Следует помнить также, что в этом случае можно использовать не только лучшие образцы, но и рядовые, недостатки которых заранее известны или выявлены в результате воздействия эксплуатационных факторов. Подобное сравнение различных предметов позволяет лучше провести сопоставление отдельных качеств объекта. Важной составляющей этого этапа формирования требований к материалам для декоративного и архитектурного оформления является порядок сбора информации и составление технических условий на проектирование нового объекта или изделия.

Сбор информации следует организовать так, чтобы можно было располагать максимальным объемом сведений о проектировании и производстве аналогичных объектов и используемых для их изготовления материалах. При этом необходимо помнить, что главное не сбор сведений о внешних характеристиках предметов, что является обязательным, а сведения технического порядка, описания особенностей конструкции, чертежи и т. д. Как уже отмечалось, нельзя включать в сферу анализа только сведения о «похожих» предметах, всегда нужно находить информацию по изделиям одного назначения, имеющим существенные конструктивные различия. В обилии информации определяющими считаются видение принципиальных отличий и сходств в форме, конструкции, тенденциях проектирования; умение отделить формалистические приемы от рациональных, определить эстетически совершенные формы.

Большое внимание должно быть уделено информации об эксплуатационных требованиях к качеству оформляемых объектов и их элементам, соответствию формы и среды, где будет эксплуатироваться изделие. Сбор информации о форме изделия, конструкции должен учитывать тенденции развития современного промышленного искусства в целом и определенные социальные факторы. При этом не следует забывать о практике проектирования и производства аналогичных изделий за рубежом. Полезным подспорьем может быть проработка различных литературных источников, в том числе сбор сведений по патентным материалам, каталогам и проспектам, информационным бюллетеням, журнальным статьям и т.д.

Собранный материал следует классифицировать по следующим направлениям: форма объектов или изделий; конструктивные особенности композиции и ее отдельных элементов; конструкционные и отделочные материалы; преимущество в решении формы и конструкции; соответствие избранного художественно-конструктивного решения, технологии и материала; функциональные и технико-экономические требования (рисунок).

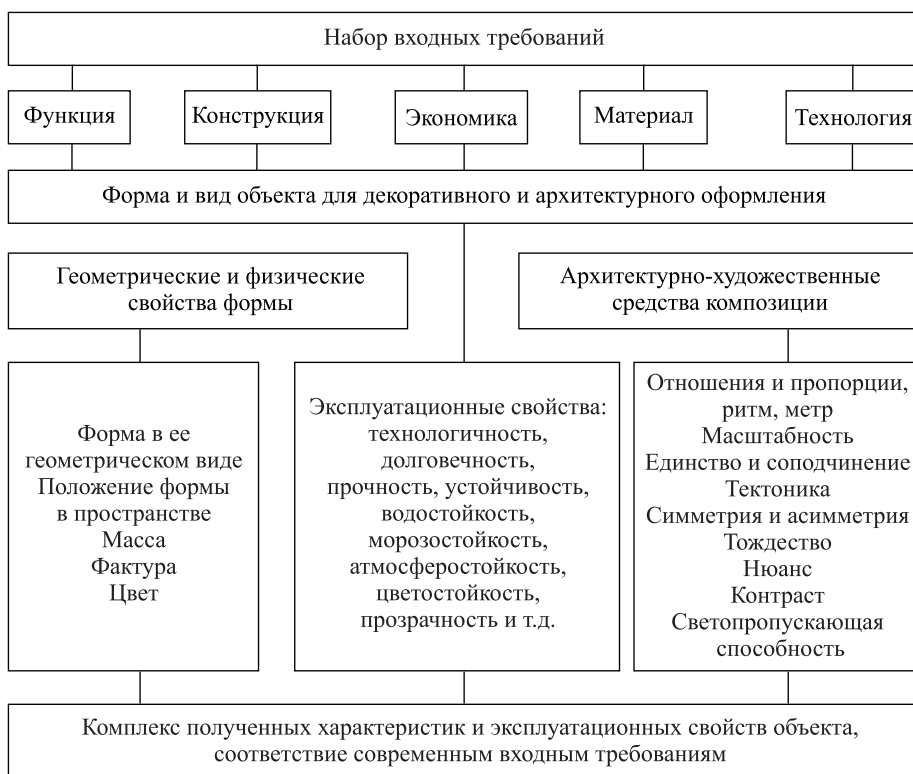
Подбирая аналоги, прежде всего необходимо иметь предварительные данные об объектах и их особенностях, к которым относятся технические параметры и собственные предварительные результаты ознакомления с предметом архитектурно-декоративного оформления. В случае, если задание не дает твердой установки о типе будущего изделия, принципе его конструкции и т. д., требования к аналогам будут иные, круг вопросов для учета факторов, влияющих на выбор оптимального решения, расширится и,

может быть, следует проводить сопоставимые исследования различных прототипов.

**Порядок формирования требований к материалам для декоративно-архитектурного оформления.** В последние годы в связи с резким увеличением доли экспериментального, офисного, индивидуального, коттеджного и прочего интенсивно инвестируемого строительства возникла огромная потребность в архитектурно-декоративном оформлении и украшении фасадов и прилегающих территорий. Поэтому прогресс в области науки и техники, развитие международных встреч, торговли, обмена и дружеских контактов способствуют изменению требований настолько быстро, что при проектировании декоративно-архитектурного оформления необходимо обеспечить высокий уровень качества, который бы соответствовал требованиям перспективного потребления.

Комплекс или набор требований, предъявляемых к материалам для декоративно-художественного оформления зданий и сооружений, создания малых архитектурных форм и украшений, может быть разбит на несколько групп: конструктивно-технологические, функциональные, эксплуатационные, экономические и художественно-эстетические (см. рисунок).

Составление требований на материалы и изделия необходимо начинать с разработки раздела конструктивно-технологических требований, который позволяет учесть условия производства, применяемые материалы, современ-



Принципиальная схема решения задачи по выработке требований к строительным материалам для архитектурно-декоративного оформления

Schematic diagram of solving the problem of developing requirements for building materials for architectural and decorative design



ность конструкции, уровень исполнения отдельных элементов и композиции в целом, уровень возможной унификации конструкции, технологичность изделий, техническую надежность, физико-механические показатели, степень механизации и сложность производственных процессов, соответствие проекта современному уровню.

К функциональным требованиям следует отнести показатели, характеризующие вписываемость данного объекта декоративного или архитектурно-художественного оформления в окружающую среду или удобство пользования изделием (комфортабельность):

- учет антропометрических требований;
- сочетание вида, размера и формы объекта по своему характеру, стилю с окружающими предметами, зданиями и сооружениями;
- возможность варьирования в использовании данного изделия с другими предметами или объектами.

Рассмотрение требований этой группы лучше вести в двух направлениях, устанавливая факторы, определяющие связь человека и предмета декоративно-архитектурного оформления, обнаруживающие связь объекта с окружающей средой.

В разделе эксплуатационных требований прежде всего следует обратить внимание на тот факт, что вопросы эксплуатационных характеристик прочности, надежности и долговечности находятся в непосредственной связи с функциональным назначением изделий. При этом необходимо помнить, что большинство деталей и узлов объектов декоративно-художественного и архитектурного оформления при проектировании не рассчитывается на прочность, а их размеры выбираются из эстетических или конструктивных соображений. Поэтому в процессе проектирования, особенно при использовании новых материалов, например, конгломератов (прозрачных бетонов, пластических масс, древесины, металла, стекла для узлов и деталей декоративных элементов), необходимо задавать условия для обеспечения прочности исходя из результатов поверочных расчетов и экспериментальных данных. Особое место в этом наборе требований должно отводиться материалам, работающим на открытом воздухе и подвергающимся постоянным атмосферным воздействиям (солнечная радиация, увлажнение и высушивание, температурные перепады, замораживание и оттаивание и др.).

В группе экономических требований необходимо учесть трудоемкость изготовления в человеко-часах; затраты сырья в физических показателях с учетом обязательных отходов и основных материалов в денежном выражении с учетом транспортных и накладных расходов; полную себестоимость, а также прочие затраты и работы, связанные с разработкой вариантов эскизных проектов, рабочих чертежей и прочей необходимой документации.

Архитектурно-художественные (эстетические) требования – набор традиционных приемов проектирования, использующих законы художественного конструирования с оценкой внешнего вида объекта, элемента, изделия и всей композиции в целом; светопропускание бетонных элементов и изменение этих свойств во времени; современность формы, характер внешней отделки и фактуры; качество облицовочных материалов, крепежных деталей и элементов, т. е. факторов, формирующих внешний облик декоративно-художественного оформления и его восприятие человеком. В этом разделе рас-

сматриваются общие требования, которым должны удовлетворять не только отдельные фрагменты декоративно-художественного оформления, но и вся композиция или весь архитектурный ансамбль. Частные качественные и количественные показатели свойств или требований могут быть определены по различным нормативным и регламентирующим методикам.

Результатом исследований является художественно-техническое задание на проектирование и изготовление нового архитектурно-декоративного оформления композиции или участка, в котором указываются технические, эксплуатационные и эстетические качества, предъявляемые к данному художественному произведению и материалам для его реализации. Упрощенно функциональную модель разработки некоего нового строительного материала и комплекс требований, отвечающих представлениям архитектора, можно изобразить, используя принятую в кибернетике и широко применяемую в науке и технике идею «черного ящика». Под «черным ящиком» понимается абстрактная кибернетическая система, в которой доступны внешнему наблюдению и, следовательно, могут быть изменены только параметры «входа» ( $x_c$  и  $Z_i$ ) и, «выхода» ( $f_i$  и  $S_i$ ), а внутренняя структура неизвестна [11–14].

Входные управляющие параметры  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ) и  $Z_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, l$ ) характеризуют соответственно качество и количество сырья, применяемого для изготовления материала, и технологический режим, который обеспечивал бы параметры выхода  $f_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) и  $S_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) в заданных пределах или оптимальные их значения. Если учесть, что результаты измерений являются независимыми случайными величинами с математическим ожиданием, определенным уравнением регрессии, и дисперсией, равной  $G_i^2$  в точке  $x_i E_x$ , никаких предположений о виде плотности распределения  $p(y/x)$ , кроме существования конечных вторых моментов, можно не делать. Пусть в точках  $x_1, x_2 \dots x_n$  проведены независимые изменения параметров или показателей свойств с дисперсиями,  $G_1^2, G_2^2 \dots G_N^2$ . Тогда:

$$E(l_i) = 0; E(l_i l_j) = \delta_{ij} G_i^2, \quad (1)$$

где  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера,  $ij = 1, N$ .

По этим измерениям необходимо вычислить оценки неизвестных показателей  $\theta$ . Рассмотрению подлежат только линейные оценки, которые логично представить в виде  $\theta = Ty$ , где  $T$  – линейное преобразование.

Наилучшие линейные оценки  $\theta$  архитектурно-технологических свойств и требований минимизируют сумму взвешенных квадратичных отклонений

$$S(\theta) = \sum_{i=1}^N [y_i - f^T(x_i)\theta]^2. \quad (2)$$

Доказательство вышеприведенного уравнения (2) легко провести путем дифференцирования  $S(\theta)$  по  $\theta$ , приравнявая производные к нулю. Получаемая система уравнения  $M\theta = Y$  может быть записана в следующем виде

$$x^T D^{-1}(y)x\theta = x^T D^{-1}(y)y. \quad (3)$$



Система (3) совпадает с  $(x^T x^{-1})x^T y$  при  $D(y) = G^2 I$ , т.е. в случае равноточных измерений. В последнем случае несмещенная оценка дисперсии может быть определена по формуле

$$G^2 = (N - m)^{-1} \sum_{i=1}^N [y_i - f^T(x_i)\theta]^2. \quad (4)$$

Анализ неравноточных измерений можно свести к анализу равноточных измерений, если удастся построить функцию эффективности эксперимента  $\lambda(x)$ , которая позволяет сравнивать дисперсии  $G^2(x)$  в различных точках  $x \in X$ . Пусть

$$\lambda^{-1}(x) = G^2 \lambda^{-1}(x) = G^2(x). \quad (5)$$

Тогда при вычислении наилучших линейных оценок по формуле  $\theta = M^{-1}Y$  можно положить

$$M = \sum_{i=1}^N \lambda(x_i) f^T(x_i). \quad (6)$$

$$Y = \sum_{i=1}^N \lambda(x_i) y_i f(x_i). \quad (7)$$

Несмещенная оценка для множителя

$$G^2 = (N - m)^{-1} \sum_{i=1}^N \lambda(x_i) [y_i - f^T(x_i)\theta]^2. \quad (8)$$

Возможно и дальнейшее обобщение. Пусть  $D(y) = G^2 V$ , где матрица  $V$  – положительно определенная и известная. Тогда оценка наименьших квадратов получается решением системы уравнений

$$x^T V^{-1} x \theta = x^T V^{-1} y. \quad (9)$$

Если матрица  $x^T V^{-1} x$  системы (9) не вырождена, то решение этой системы дает для вектора параметров несмещенную оценку с наименьшей дисперсией.

Несмещенная оценка вектора параметров  $\theta$  существует только в случае, если система нормальных уравнений имеет единственное решение. В противном случае несмещенное оценивание возможно только для некоторых линейных функций параметров, называемых функциями, допускающими оценку. Линейная функция  $q^T \theta$  будет допускать оценку тогда и только тогда, когда  $q^T H = q^T$  или  $q \in M(x^T)$ .

**Заключение.** Предложенная концепция позволит осуществить оценку материалов по всем архитектурно-художественным, технологическим и эксплуатационным требованиям.

С учетом предложенных методов выработки критериев оценки строительных материалов для архитектурного и декоративного оформления интерьеров и экстерьеров ландшафтных территорий курорта «Озеро Карачи» были предложены составы строительных растворов в виде сухих строитель-

ных смесей с нанодобавками, защитные лакокрасочные и пропиточные композиции, модифицированные наноразмерными составами, а также полупрозрачные деревобетоны на комбинированных вяжущих. Опыт эксплуатации объектов с использованием новых строительных материалов показал их надежность и долговечность в условиях сурового сибирского климата [4, 15–18].

#### Список источников

1. Пат. 2604040 Российская Федерация. МПК E04C1/42 (2006.01). Светопроницающий материал и способ его изготовления / И.В. Тимшин. № 2015131683/03; заявл. 29.07.2015; опубл. 10.12.2016; Бюл. № 34.
2. Lumicon. Светопроводящий бетон. URL: <https://www.illumicon.ru> (дата обращения: 07.05.2020).
3. Raisetech. Материал. Светопроводящий бетон. URL: <http://raisetech.ru/material.html> (дата обращения: 07.05.2020).
4. Ткаченко С.Е., Пичугин А.П. Изучение светопроницаемости строительных композиций для решения архитектурно-технологических задач // Инновационные научные исследования. 2021. № 3-1. С. 36–40.
5. Субботин О.С. Проблемы сохранения архитектурно-градостроительного наследия в условиях современного города (на примере Краснодара) // Жилищное строительство. 2017. № 7. С. 35–40.
6. Долгова В.О. Проблема сохранения архитектурных и ландшафтных объектов культуры и исторического наследия в малых городах России // Градостроительство. 2013. № 4. С. 73–77.
7. Хританков В.Ф., Пичугин А.П., Пименов Е.Г., Смирнова О.Е. Реконструкция архитектурного ансамбля курорта «Озеро Карачи» // Жилищное строительство. 2020. № 4-5. С. 33–38.
8. Хританков В.Ф., Пичугин А.П., Пчельников А.В., Смирнова О.Е. Реконструкция главного корпуса архитектурного ансамбля курорта «Озеро Карачи» // Жилищное строительство. 2020. № 8. С. 9–15.
9. Субботин О.С., Хританков В.Ф. Эффективное применение энергосберегающих конструкций и материалов в малоэтажных жилых зданиях // Жилищное строительство. 2008. № 12. С. 20–23.
10. Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Подольский М.А. Энергоэффективные легкие бетоны для ограждающих конструкций зданий и сооружений // СТРОЙПРОФИ. 2013. С. 12–19.
11. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971. 550 с.
12. Половинкин А.И. Методы инженерного творчества. Волгоград: Изд-во ВПИ, 1984. 365 с.
13. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М.: Высш. шк., 1973. 296 с.
14. Попов Ю.А., Гусельникова Е.Н., Завалишина Т.В., Лаптев В.С., Турантаев Г.Г. Методы решения творческих инженерных и детерминированных научных задач. Новосибирск: НГАСУ, 2004. 80 с.
15. Субботин О.С., Пичугин А.П., Белан И.В. Материалы и архитектура малоэтажных зданий, эксплуатируемых в особых природных условиях: Моногр. Новосибирск: НГАУ-РАЕН, 2012. 192 с.
16. Хританков В.Ф., Пичугин А.П., Смирнова О.Е., Шаталов А.А. Использование наноразмерных добавок в бетонах и строительных растворах для обеспечения адгезии при ремонтных работах // Наука о Земле. Ижевск, 2019. С. 131–140.

17. Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Смирнова О.Е., Пименов Е.Г., Никитенко К.А. Защитно-отделочные составы и композиции для ремонтных работ и обеспечения долговечности зданий // Изв. вузов. Строительство. 2019. № 9. С. 109–122.
18. Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Белан И.В. Сухие строительные смеси с повышенными эксплуатационными характеристиками: Моногр. Новосибирск: НГАУ-РАЕН, 2014. 165 с.

### References

1. Pat. 2604040 RF. IPC E04C1/42 (2006.01). Light-transmitting material and method of its manufacture. I.V. Timshin. No. 2015131683/03; appl. 29.07.2015; publ. 10.12.2016; Bull. No. 34. (In Russ.).
2. Lumicon. Light-conducting concrete. Available at: <https://www.illumicon.ru> (accessed: 07.05.2020). (In Russ.).
3. Raisetech. Material. Light-conducting concrete. Available at: <http://raisetech.ru/material.html> (accessed: 07.05.2020). (In Russ.).
4. Tkachenko S.E., Pichugin A.P. The study of light transmission of building composites for solving architectural and technological problems. *Innovatsionnyye nauchnyye issledovaniya = Innovative scientific research*. 2021; (3-1): 36–40. (In Russ.).
5. Subbotin O.S. Problems of preservation of architectural and urban heritage in the conditions of a modern city (on the example of Krasnodar). *Zhilishchnoye stroitel'stvo = Housing construction*. 2017; (7): 35–40. (In Russ.).
6. Dolgova V.O. The problem of preservation of architectural and landscape objects of culture and historical heritage in small towns of Russia. *Gradostroitel'stvo = Urban planning*. 2013; (4): 73–77. (In Russ.).
7. Hritankov V.F., Pichugin A.P., Pimenov E.G., Smirnova O.E. Reconstruction of the architectural ensemble of the resort «Lake Karachi». *Zhilishchnoye stroitel'stvo = Housing construction*. 2020; (4-5): 33–38. (In Russ.).
8. Hritankov V.F., Pichugin A.P., Pchel'nikov A.V., Smirnova O.E. Reconstruction of the main building of the architectural ensemble of the resort «Lake Karachi». *Zhilishchnoye stroitel'stvo = Housing construction*. 2020; (8): 9–15. (In Russ.).
9. Subbotin O.S., Hritankov V.F. Effective use of energy-saving structures and materials in low-rise residential buildings. *Zhilishchnoye stroitel'stvo = Housing construction*. 2008; (12): 20–23. (In Russ.).
10. Pichugin A.P., Hritankov V.F., Pimenov E.G., Podolskiy M.A. Energy-efficient lightweight concretes for enclosing structures of buildings and structures. STROYPROFI. 2013. P. 12–19. (In Russ.).
11. Samarskiy A.A. Introduction to the theory of difference schemes. Moscow: Nauka, 1971. 550 p. (In Russ.).
12. Polovinkin A.I. Methods of engineering creativity. Volgograd: VPI Publishing house, 1984. 365 p. (In Russ.).
13. Gukhman A.A. Introduction to the theory of similarity. Moscow, 1973. 296 p. (In Russ.).
14. Popov Yu.A., Guseynikova E.N., Zavalishina T.V., Laptev V.S., Turantaev G.G. Methods of solving creative engineering and deterministic scientific problems. Novosibirsk: NGASU, 2004. 80 p. (In Russ.).
15. Subbotin O.S., Pichugin A.P., Belan I.V. Materials and architecture of low-rise buildings operated in special natural conditions. Monograph. Novosibirsk: NGAU-RAEN, 2012. 192 p. (In Russ.).
16. Hritankov V.F., Pichugin A.P., Smirnova O.E., Shatalov A.A. The use of nanoscale additives in concrete and mortar to ensure adhesion during repair work. *Nauka o Zemle = Earth Science*. Izhevsk, 2019. P. 131–140. (In Russ.).

17. Pichugin A.P., Hritankov V.F., Smirnova O.E., Pimenov E.G., Nikitenko K.A. Protective and finishing compositions and compositions for repair work and ensuring the durability of buildings. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo = News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2019; (9): 109–122. (In Russ.).
18. Pichugin A.P., Hritankov V.F., Belan I.V. Dry building mixes with increased performance characteristics. Monograph. Novosibirsk: NGAU-RAEN, 2014. 165 p. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

**А.П. Пичугин** – доктор технических наук, профессор, gmunsau@mail.ru  
**В.Ф. Хританков** – доктор технических наук, профессор  
**А.В. Пчельников** – кандидат технических наук, доцент  
**О.Е. Смирнова** – кандидат технических наук, доцент  
**С.Е. Ткаченко** – аспирант

#### **Information about the authors**

**A.P. Pichugin** – DSc, Professor, gmunsau@mail.ru  
**V.F. Hritankov** – DSc, Professor  
**A.V. Pchelnikov** – PhD, Ass. Professor  
**O.E. Smirnova** – PhD, Ass. Professor  
**S.E. Tkachenko** – Post-graduate Student

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.08.2021  
Одобрена после рецензирования 10.09.2021  
Принята к публикации 17.09.2021

The article was submitted 10.08.2021  
Approved after reviewing 10.09.2021  
Accepted for publication 17.09.2021