

Строительные материалы и изделия

УДК 721.012.6:691.175.3

© М. С. Иванова, руководитель проектов
(ООО «Легенда», Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: 9264208@gmail.com

© М. В. Коробчук, канд. техн. наук, гл. специалист
(НТУ ООО «Газпром 335»,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: korobchuk_max@mail.ru

© Е. С. Васюткин, генеральный директор
© С. Ф. Васюткин, канд. техн. наук, техн. директор
(ООО «Композитные технологии и оснастка»,
Балашиха, Россия)
E-mail: evasyutkin@yandex.ru, svasiutkin@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-2-93-102

© M. S. Ivanova, project manager
(LLC «Legenda Dom», St. Petersburg, Russia)
E-mail: 9264208@gmail.com

© M. V. Korobchuk, PhD in Sci. Tech., chief specialist
(Scientific and technical management
Gazprom335 Ltd, St. Petersburg, Russia)
E-mail: korobchuk_max@mail.ru

© E. S. Vasiutkin, CEO
© S. F. Vasiutkin, PhD in Sci. Tech., Technical director
(LLC «Composite technologies and equipment»,
Balashiha, Russia)
E-mail: evasyutkin@yandex.ru, svasiutkin@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЛИЦОВКИ ФАСАДОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

COMPARATIVE ASSESSMENT OF MATERIALS FOR THE MANUFACTURE OF DECORATIVE ELEMENTS FOR CLADDING FACADES OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Представлены результаты практических работ по изготовлению декоративных элементов облицовки фасада жилого здания, предназначенных для монтажа в навесной фасадной вентилируемой системе. Выполнена сравнительная оценка физико-механических характеристик стеклофибробетона, полимербетона, стеклопластика. Изучены особенности производства и технологии изготовления элементов облицовки, их монтажные, эксплуатационные и декоративные характеристики, проанализированы финансово-экономические показатели. Сделан вывод о достоинствах и недостатках исследованных материалов и перспективах их применения в гражданском строительстве.

Ключевые слова: полимерный, композиционный, полимербетон, стеклопластик, стеклофибробетон, облицовка, фасад, декоративный элемент.

The article presents the results of practical work on the production of decorative elements for the facade cladding of a residential building, intended for installation in a suspended facade ventilated system. There has been carried out a comparative assessment of the physical and mechanical characteristics of glass fiber reinforced concrete, polymer concrete, and fiberglass. The features of production and manufacturing technology of cladding elements, their installation, operational and decorative characteristics have been studied, and financial and economic indicators have been analyzed. A conclusion is drawn about the advantages and disadvantages of the materials studied and the prospects for their use in civil engineering.

Keywords: polymer, composite, polymer concrete, fiberglass, glass fiber reinforced concrete, cladding, facade, decorative element.

Введение

Одним из характерных трендов современной городской (жилой) застройки является стремление застройщиков реализовать проекты, в которых создается не отдельное строение, а комплекс интересных с архитектурной точки зрения сооружений, связанных между собой единым замыслом, лежащим в парадигме концепции современной городской среды.

Стремясь найти компромисс между затратами на возведение сооружения и желанием создать действительно уникальный продукт, в своем большинстве застройщики делают ставку на оформление фасада здания и прилегающей территории, и в первую очередь на цветовую гамму и фактуру облицовки. Изобилующая стандартными решениями типовая застройка даже при доступной современным строителям цветовой гамме материалов для оформления фасадов создает неоднозначное впечатление. На практике это приводит к тому, что часто архитектурный облик возводимого в городе или области здания, позиционируясь как маркетинговый ход, приобретает все более безвкусную, а порой и откровенно агрессивную расцветку и оформление, переходя границы эстетической нормы (рис. 1). Вероятно, в какой-то мере такой контраст и позволяет увеличить продажи, однако ни развитию художествен-



Рис. 1. Жилой комплекс «Ромашки» в Ленинградской области: материал фасада — окрашенная штукатурка по утеплителю (фото из архива авторов)

ного вкуса, ни созданию гармоничной городской среды не способствует [1].

Застройщики, которые смотрят в будущее и действительно стараются реализовать оригинальные и уникальные с архитектурной точки зрения проекты, работают не просто с цветом, но и с формой и материалом. Весьма интересны в этом плане проекты, реализуемые компанией GNP Group¹, ENGEO Development², и особенно ООО «Легенда Дом»³ (рис. 2).

Крупные игроки строительного рынка стараются предложить архитектурно более интересные и более качественные объекты недвижимости, которые могут успешно конкурировать среди возрастающего количества современных проектов жилых комплексов. Для реализации таких суперсовременных, оригинальных и уникальных архитектурных решений при проектировании и строительстве фасадов необходимы соответствующие строительные материалы, которые будут отвечать новым повышенным требованиям к их качеству, эксплуатационной надежности, долговечности и современным экологическим нормам.

Именно удачный выбор материала для реализации задуманного обеспечивает успех всего проекта, живой интерес клиентов, а значит, и повышенный, увеличивающий продажи спрос.

В современной практике жилого строительства к получившим наибольшее распространение материалам, применяемым для изготовления элементов облицовки фасадов, относятся керамогранит, стеклофибробетон, полимербетон и композитные металлические панели [2]. В случае классической облицовки вентилируемого навесного фасада выбор материала затруднений не вызывает. Крепление облицовки происходит на метал-

¹ DGNP Group. URL: <https://www.gnpgroup.in> (дата обращения: 21.10.2023).

² ENGEO Development. URL: <https://www.engeo-development.ru> (дата обращения: 21.10.2023).

³ ООО «Легенда Дом». URL: <https://www.legenda-dom.ru> (дата обращения: 21.10.2023).

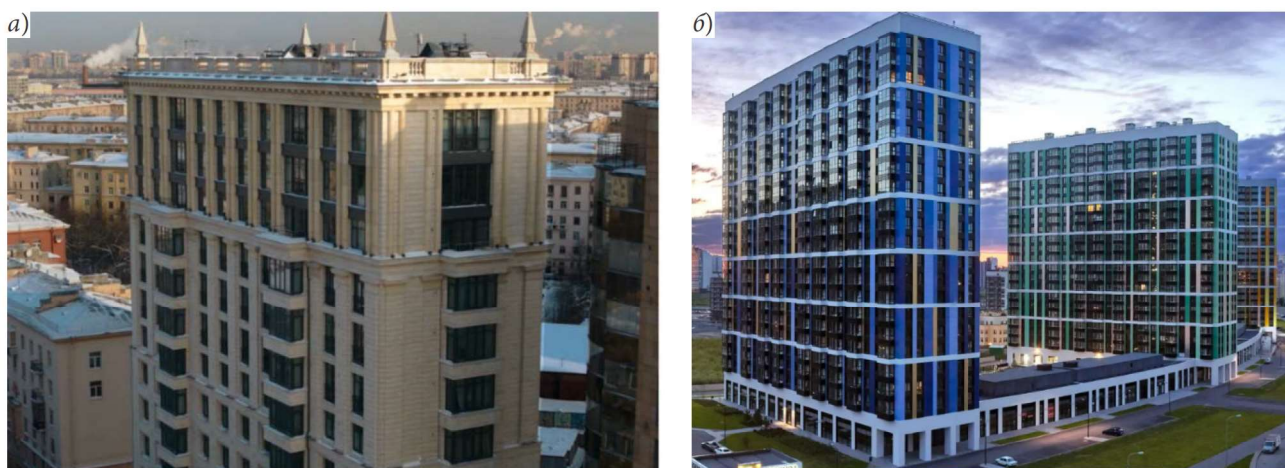


Рис. 2. Фасад современного жилого дома (застройщик ООО «Легенда Дом», Санкт-Петербург): а — в стиле сталинского неоклассицизма (стеклофибробетон); б — в стиле функционализма (алюминиевые композитные панели)

лическую подсистему (алюминиевую, оцинкованную или нержавеющую) либо за счет применения различных закладных элементов, либо на горизонтальную планку в пропил. В качестве примера можно привести изображенную на рис. 3 конструкцию (крепление на горизонтальную планку в пропил).

Затруднения вызывают случаи, когда застройщик старается привнести в облик зданий декоративную составляющую, отличающуюся от традиционного для типовых проектов подхода, например, в виде уникальных элементов архитектурного оформления. Ввиду ряда ограничений как технологического, так и материаловедческого планов доступные и привычные для применения материалы оказываются непригодными для реализации поставленных задач. Например, по мнению архитектора, облицовка здания должна создавать ощущение природного материала (камня), при этом атмосферность облика здания предполагается дополнительно усилить за счет применения крупных декоративных вставок (панно) в виде барельефов. В этом случае крайне важным оказывается реализовать идею таким образом, чтобы из-за разной фактуры и цвета используемых материалов итог не вызвал диссонанса.

В настоящее время все больше проявляется интерес к проведению исследований по разработке и внедрению в строительную практику не таких тяжелых, как бетон, строительных материалов. В частности, к таким материалам относятся стеклопластики и полимербетоны [3].

Цель работы — для элемента фасада «барельеф» подобрать такие варианты материального исполнения, которые позволят максимально правдоподобно имитировать натуральный камень и обеспечить конечному изделию высокое качество, эстетичность и технологичность сборочных и монтажных работ.

Материалы и методы

Традиционная замена натурального камня — керамогранит. Однако для изготовления декоративных элементов с большими перепадами рельефа рисунка использование керамогранита затруднительно. В первую очередь это связано с технологическими особенностями его изготовления, а именно, необходимостью обжига изделия в печах. К факторам, препятствующим применению керамогранита для производства декоративных элементов, следует отнести как общее ограничение по толщине элемента (до 20 мм), так и невозможность исполнения отдельных элементов рисунка со зна-

чительными перепадами по толщине (более 10 мм) между ними.

Очевидно, что в случае массивных барельефов в качестве единого материала для изготовления как облицовки, так и декоративного элемента наиболее рациональным решением окажется выбор стеклофибробетона (СФБ). Именно этот материал использует большинство застройщиков.

Стеклофибробетон широко применяется в проектировании и строительстве фасадов различной сложности, достаточно хорошо изучен и понятен. По своей сути СФБ представляет собой разновидность фибробетона и изготавливается из цементно-песчаного раствора с добавлением армирующих его отрезков стекловолокна (фибр). При изготовлении декоративных элементов из стеклофибробетона необходимо тщательно подбирать их цвет и фактуру, чтобы попасть в цвет основного материала облицовки фасада [4].

Полимербетон (ПБ) представляет собой вид бетонной смеси, в которой в качестве

вязущего вещества используются термореактивные смолы (карбамидные, эпоксидные, фенольные, полиэфирные, фенолформальдегидные, фурановые, полиуретановые и др. термореактивные материалы). Наполнителями служат гранитный или базальтовый щебень, кварцевый песок или измельченный песчаник [5].

Прочностные характеристики ПБ, как правило, не отличаются от традиционного бетона, при этом он позволяет изготавливать тонкостенные архитектурно-декоративные детали, например, колонны, молдинги, карнизы, наличники, подоконники, русты, картуши, фризы, скульптуры и скульптурные композиции, барельефы, горельефы.

Стеклопластик (СП) — многокомпонентный материал, изготовленный из двух или более компонентов с существенно отличающимися свойствами. Основой в нем служит полимерная матрица, которая армируется различными наполнителями (стекломаты, стеклоткани, мелкодисперсное стекло и т. д.). Матрица выполняет функцию свя-

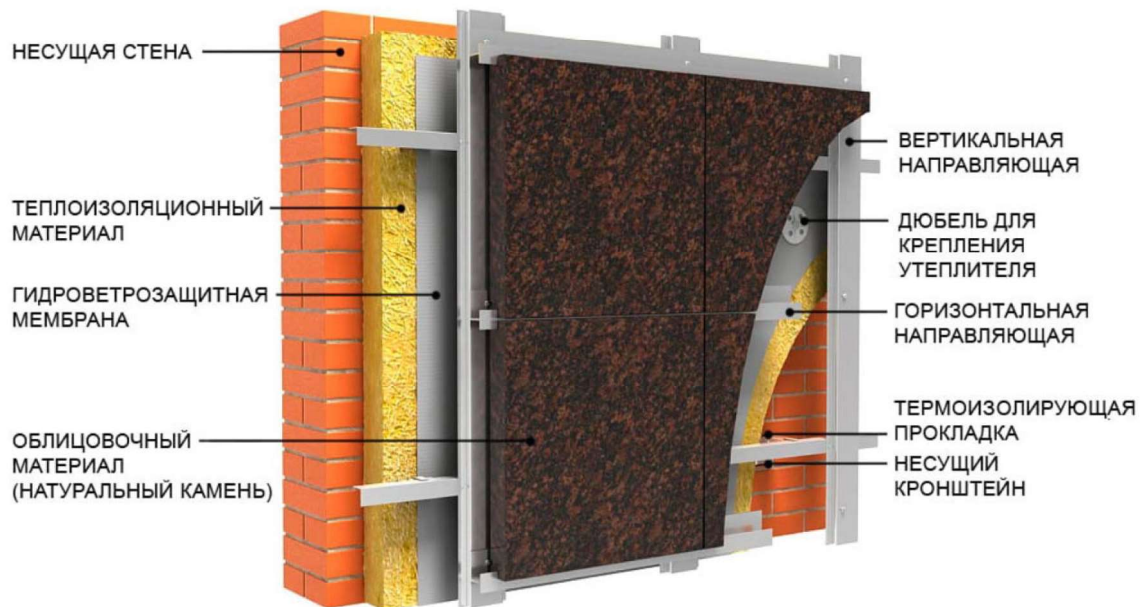


Рис. 3. Система навесного вентилируемого фасада*

* Кронотэк. URL: <https://kronotech.ru/fasadnye-raboty/fasadnye-podsistemy> (дата обращения: 21.10.2023).

зующего звена, тогда как армирование обеспечивает необходимые физические параметры [6].

Данный материал отличается небольшой массой, высокими механическими характеристиками, химическая стойкость, отсутствие необходимости специального обслуживания, возможность имитации любой поверхности (камень, металл и т. д.) [7]. Так же, как и обычный бетон, он имеет значительную прочность, достаточную огнестойкость и морозостойкость, устойчив к воздействию ультрафиолета. СП используется для изготовления сложных элементов декора, когда необходимо обеспечить минимальные нагрузки на несущие конструкции, например, при реконструкции объектов исторического наследия, скульптурных форм, элементов отделки фасада [8].

Перечисленные свойства делают СП конкурентоспособным среди широкого ассортимента мировой продукции строительного рынка.

В табл. 1 приведена сводная характеристика по основным критериям, учитываемым

при выборе материалов для изготовления элементов облицовки и декора.

Из табл. 1 видно, что для изготовления сложных декоративных элементов фасада прежде всего подходят стеклофибробетон, полимербетон и стеклопластик.

Для указанных материалов с целью оценки их потенциала был разработан эскиз, позволяющий учесть максимально возможное количество технико-технологических нюансов, требующих учета при изготовлении декоративных элементов. Результат представлен на рис. 4.

Тестовый образец композиционно представляет собой растительный орнамент, содержащий криволинейные формы, перепады высот до 40 мм, элементы с поднутрениями, узкие и глубокие полости, мелкие детали и прочее. Размеры эскиза: 600 × 900 мм.

По разработанному эскизу из мягкого материала (пластилина) была изготовлена модель, с которой затем был снят отпечаток — гипсовая мастер-модель. Полученный барель-

Таблица 1

Сравнение различных строительных материалов для изготовления декоративных элементов

Критерий сравнения	Материал				
	СФБ*	ПБ	СП	КП	КГ
Возможность применения для изготовления ДЭ:					
– сложной (пространственной) геометрии;	+	+	+	--	-
– массивных (колонна, портик и т. д.);	++	++	+	--	--
– рельефных (высота рисунка более 30 мм);	++	++	++	--	--
– тонкостенных (от 4 до 12 мм);	--	+	++	++	++
Способ крепления:					
– закладные	+	++	++	-	-
– пропилен	+	+	++	-	-
Колеровка:					
– поверхностное окрашивание	-	-		++	-
– окрашивание в массе	++	++	++	-	++
Стойкость к действию погодных факторов:					
– перепады температуры	+	+	++	+	+
– осадки	+	+	++	+	+
– солнечная радиация	+	+	++	+	+
Техническая оценка и Техническое свидетельство	+	+	-	+	+

Примечания: *без гидрофобизации; ДЭ — декоративный элемент; СФБ — стеклофибробетон; ПБ — полимербетон; СП — стеклопластик; КП — композитная металлическая панель; КГ — керамогранит; ++ очень высокий уровень характеристики; + применение допустимо с некоторыми уточнениями; - ограниченное применение; -- применение не допускается.

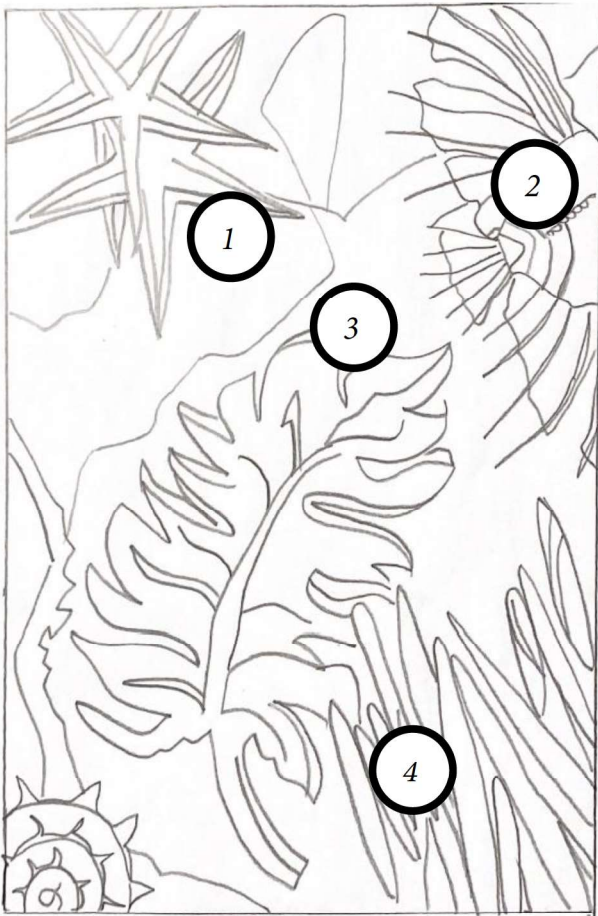


Рис. 4. Эскиз растительного орнамента: 1 — узкие (шириной до 5 мм) и глубокие (до 15 мм) полости; 2 — мелкие элементы (10–20 мм), острые кромки; 3 — выраженный рельефный перепад (более 20 мм); 4 — потенциально отрицательные углы (поднутрения)

еф служил единой мастер-моделью и характеризовался следующими особенностями:

- выраженный рельеф;
- наличие малоразмерных декоративных элементов (вокруг центральных объектов, в углублениях и др.) с радиусами по образующим до 1 мм;
- места с потенциально отрицательными углами («замки») на вертикальных поверхностях;
- узкие (менее 10 мм) и глубокие (более 30 мм) полости, образованные вертикальными стенками элементов барельефа.

На основе полученной гипсовой мастер-модели для каждого из материалов (СФБ, ПБ

и СП) была изготовлена формующая оснастка и изготовлены соответствующие образцы декоративных панно.

К барельефу, помимо требований по качеству и технологичности изготовления, дополнительно предъявлялось требование по оригинальному внешнему виду, а именно, максимально правдоподобной имитации натурального камня (песчаника).

Изготовление барельефа из СФБ выполняли методом литья в гибкую силиконовую матрицу путем добавления в цементно-песчаную смесь щелочестойкого стекловолокна (фибр). Изделие получали методом прямого формования (заливкой композиции в форму). Расформовку изделия выполняли через 48 ч.

Изготовление барельефа из ПБ выполняли методом литья в гибкую силиконовую матрицу. В качестве материалов использовалась ненасыщенная полиэфирная смола и наполнитель в виде специальных полиэфирных гранул [9]. После тщательного перемешивания всех компонентов и введения катализатора полученную композицию заливали в гибкую матрицу до ее полного заполнения. Для удаления «захваченного» при заливке воздуха матрица со смесью устанавливалась на вибростол. Изделие расформовывали после полного отверждения смолы (спустя 1,5 ч. после заливки).

Изготовление барельефа из СП выполняли методом ручного контактного формования в жесткой матрице.

Для имитации натурального камня использовали технологию Spray Granite, которая состоит в том, что в прозрачный гелькоут вводят специальный порошок, имитирующий нужный цвет и структуру камня [10].

Расформовку изделия выполняли через 4 ч. после укладки последнего слоя армирующей ткани.

Результаты

В результате проделанной работы из СФБ, ПБ и СП были изготовлены три барельефа



Рис. 5. Образцы барельефов: а — стеклофибробетон; б — полимербетон; в — стеклопластик

размером 600 × 900 мм. Вес представленных образцов размером 600 × 900 мм составил соответственно 40 кг, 15 кг, 10 кг.

Внешний вид изделий соответствовал всем заявленным требованиям к выразительности рельефа, фактуре и цвету поверхности (рис. 5).

Для каждого из участвовавших в исследовании материалов определялись физико-механические показатели, перечень и значения которых приводятся в табл. 2.

В табл. 3 представлены результаты сопоставительной оценки стоимости и сроков изготовления декоративных панно с общей площадью 1000 м².

Обсуждения

Для представленных результатов можно отметить следующее.

К достоинствам СФБ (см. рис. 5, а) следует отнести достаточно высокую прочность, приемлемую формуемость и соответствие материала классу горючести НГ. К недо-

Таблица 2

Физико-механические показатели изделий из ПКМ

Показатель*	Материал		
	СФБ	ПБ	СП
Плотность, кг/м ³	2100	1800	1770
Предел прочности при изгибе, МПа	31,6	18	226
Предел прочности при сжатии, МПа	66	60	250
Усилие вырыва узла крепления, кН	5	4	15*
Водопоглощение, %, не более	13	1	0,42
Требование наличия металлокаркаса при площади более 1,5 м ²	да	да	нет
Вес готового изделия (600 × 900 мм), кг	40	15	10 (при толщине 8 мм)

Примечания: * физико-механические характеристики определялись для материалов не ранее, чем через 7 дней выдержки при комнатной температуре; ** закладные выполняются в виде отгиба профиля самого листа стеклопластика, что решается в каждом конкретном случае формой изделия.

Таблица 3

Сравнительная стоимость изделий из ПКМ

Признак	Материал		
	Стеклофибробетон	Полимербетон	Стеклопластик по технологии Spray Granite
Стоимость, тыс. руб. за м ²	15	19	21
Сроки изготовления, мес.			
– мастер форм	2	4	4
– изделий	4	6	6
Наличие сертификатов	НГ	Г1	Г1

статкам — низкое качество получаемого отпечатка для мелких элементов, высокое водопоглощение и большая плотность материала. Значительная масса габаритных изделий (1000 × 3000 мм) существенно снижает технологичность монтажных работ.

К достоинствам барельефа из ПБ (см. рис. 5, б) следует отнести его меньшую, по сравнению с СФБ, массу. По прочностным характеристикам ПБ уступает СФБ лишь по пределу прочности на изгиб.

У ПБ есть незначительные недостатки: высокая усадка (изменение в объеме при твердении составляют 0,2–1,5 %) и ползучесть, низкая теплостойкость (до 120–160 °С), подверженность старению, горючесть, высокая стоимость различных добавок, необходимых для получения сырья, и, соответственно, высокая стоимость изделий.

Барельеф из СП (см. рис. 5, в) отличается небольшой массой, высокими механическими характеристиками материала, химическая стойкость, отсутствие необходимости специального обслуживания, возможность имитации любой поверхности (камень, металл и т. д.). Так же, как и обычный бетон, СП имеет значительную прочность, достаточную огнестойкость и морозостойкость, стойкость к воздействию ультрафиолета. К недостаткам в первую очередь относятся высокая стоимость и отсутствие необходимых для проектирования технических свидетельств.

При анализе стоимости представленных материалов изделия из стеклопластика

в условиях параллельного импорта и отсутствия отечественных смол оказались дороже изделий из полимербетона (см. табл. 3).

Выводы

Подводя итог, можно отметить, что наиболее предпочтительным большинством застройщиков материалов традиционно остается стеклофибробетон. Изделия из СФБ, несмотря на свойственные ему особенности, характеризуются стабильностью, высокой прочностью и хорошими эксплуатационными характеристиками. За счет высокой степени освоенности и легкости тиражирования технологии изделия из СФБ имеют наименьшую стоимость. Однако для изготовления габаритных панно с рисунком высокой детализации возможностей материала оказывается уже недостаточно. Кроме того, большая масса барельефа значительно усложняет процесс его монтажа в фасадную систему здания.

Современной альтернативой СФБ является стеклопластик. Его использование позволяет существенно снизить вес изделия. При монтаже крупногабаритных деталей фасадов из СП снижается трудоемкость и энергоемкость работ.

Несмотря на то, что СП дороже традиционных материалов, при его освоении и распространении технологии цена может быть значительно снижена. Одним из открытых, требующих проработки вопросов остается и задача разработки нормативно-технических документов, таких как техни-

ческие свидетельства и описания, в которых указывается область применения материала и изделий из него, физико-механические характеристики, возможности крепления и монтажа.

Результаты работы позволяют утверждать, что СП может считаться весьма перспективным материалом и в ближайшем будущем будет получать все более широкое применение, в том числе и для изготовления элементов декоративного оформления фасадов.

Библиографический список

1. Иванова М. С., Коробчук М. В. Современные композиционные материалы в малых архитектурных формах и декоре зданий // Современное строительство и архитектура. 2023. № 8 (39). DOI 10.18454/mca.2023.39.2.
2. Миккульский В. Г., Куприянов В. Н., Сахаров Г. П. [и др.]. Строительные материалы; под ред. В.Г. Миккульского. М.: АСВ, 2000. 536 с. : ил. ISBN 5930930414.
3. Иванова М. С., Коробчук М. В. Применение полимерных композиционных материалов в объектах жилищного строительства // Современное строительство и архитектура. 2023. № 5 (36). DOI 10.18454/mca.2023.36.2.
4. Абрамян С. Г., Пиунов Е. М., Курбанов И. З. Краткий обзор научных публикаций: современный взгляд на проблему получения и применения фибробетона // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 (49). С. 140.
5. Mindess S. *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete*. Elsevier Science & Technology, Woodhead Publishing. 20019. p. 630. ISBN 10: 0081026161. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03347-5>.
6. Ivanova M. S., Korobchuk M. V. Features of the fiberglass usage in the finishing of facades of residential buildings // *Journal of Advanced Research in Technical Science*. 2023. No. 36. P. 116–120. DOI 10.26160/2474-5901-2023-36-116-120.
7. Худяков В. А. и др. Современные композиционные строительные материалы. М.: АСВ, 2006. 141 с.
8. Белаш Е. В., Ким А. А. Развитие строительных материалов перспективные технологии // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2018. Т. 3. С. 285–289.
9. Хозин В. Г. Полимеры в строительстве — реальные границы и перспективы эффективного применения // Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. 2014. № 1 (1). С. 9–26.
10. Vasyutkin S. F., Shaburov D. E., Kravtsov S. A., Vasyutkin E. S. Experience and prospects of implementation of domestic structures from fiberglass at Saint Petersburg in housing and communal services objects // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2019. No. 8 (83). P. 8304.

References

1. Ivanova M. S., Korobchuk M. V. *Sovremennyye kompozitsionnyye materialy v malykh arkhitekturnykh formakh i dekore zdaniy* [Modern composite materials in small architectural forms and decoration of buildings]. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura – Modern Construction and Architecture*, 2023, no. 8 (39). DOI 10.18454/mca.2023.39.2.
2. Mikul'skij V. G., et al. *Stroitel'nye materialy* [Building materials]. Ed. by Mikul'skij V. G.. Moscow, ASV Publ., 2000, 536 p., ill. ISBN 5930930414.
3. Ivanova M. S., Korobchuk M. V. *Primenenie polimernykh kompozitsionnykh materialov v ob'ektakh zhilishchnogo stroitel'stva* [Application of polymeric composite materials in objects of housing construction]. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura – Modern Construction and Architecture*, 2023, no. 5 (36). DOI 10.18454/mca.2023.36.2.
4. Abramyan S. G., Piunov E. M., Kurbanov I. Z. *Kratkiy obzor nauchnykh publikatsiy: sovremennyy vzglyad na problemu polucheniya i primeneniya fibrobetona* [Brief review of scientific publications: a modern view on the problem of obtaining and applying fiber concrete]. *Inzhenernyy vestnik Dona – Engineering Bulletin of the Don*, 2018, no. 2 (49), 140 p.
5. Mindess S. *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete*. Elsevier Science & Technology, Woodhead Publishing. 2019, 630 p. ISBN 10: 0081026161. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03347-5>.
6. Ivanova M. S., Korobchuk M. V. Features of the fiberglass usage in the finishing of facades of residential buildings. *Journal of Advanced Research in Technical Science*, 2023, no. 36, pp. 116–120. DOI 10.26160/2474-5901-2023-36-116-120.
7. Khudyakov V. A. et al. *Sovremennyye kompozitsionnyye stroitel'nye materialy* [Modern composite building materials]. Moscow: DIA, 2006. 141 p.
8. Belash E. V., Kim A. A. *Razvitie stroitel'nykh materialov perspektivnyye tekhnologii* [Development of building materials promising technologies]. *Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU «Novyye idei novogo veka»* [Proceedings of the international scientific conference FAD TOGU “New ideas of the new century”]. 2018, vol. 3, pp. 285–289.

9. Khozin V. G. *Polimery v stroitel'stve — real'nye granitsy i perspektivy effektivnogo primeneniya* [Polymers in construction - real boundaries and prospects for effective application]. *Polimery v stroitel'stve: nauchnyj internet-zhurnal — Polymers in Construction: Scientific Online Journal*, 2014, no. 1 (1), pp. 9–26.

10. Vasyutkin S. F., Shaburov D. E., Kravtsov S. A., Vasyutkin E. S. Experience and prospects of implementation of domestic structures from fiberglass at Saint Petersburg in housing and communal services objects. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2019, no. 8 (83), pp. 8304.