

Навесные фасадные системы. Влияние облицовочных материалов и архитектурных особенностей зданий и сооружений на организационно-технологические решения.

М.Ю. Волков, Л.С. Сабитов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье рассматривается проблема отсутствия нормативных требований и методических рекомендаций для выбора типа навесных фасадных систем в зависимости от облицовочных материалов и архитектурных особенностей зданий и сооружений. В ходе исследования рассмотрены современные облицовочные материалы для навесных фасадных систем, составлена их классификация. Определены основные критерии выбора фасадной системы с учетом различных факторов, таких, как архитектурные особенности и особенности технологии монтажа. Автор обосновывает необходимость разработки методики выбора фасадной системы в зависимости от архитектуры здания и типа облицовочного материала.

Ключевые слова: навесные фасадные системы, облицовочные материалы, выбор фасадной системы, архитектура зданий, проектирование фасадов, модульные фасадные системы, монтаж фасадных систем.

Введение

В последние десятилетия навесные фасадные системы (далее НФС) получили широкое распространение в строительстве благодаря своим эксплуатационным преимуществам: энергоэффективности, долговечности, эстетической гибкости.

В настоящее время используется более двадцати видов облицовочных материалов, каждый из которых требует особый способ крепления. Технические решения значительно отличаются как по ценовой категории, так и по технологическим особенностям монтажа. Несмотря на это, выбор облицовочных материалов, как правило, производится архитекторами по эстетическим соображениям, а не по технико-экономическим показателям, так как методика оценки таковых отсутствует.

Фасадная система представляет собой сборную инженерную конструкцию, в которой облицовочный материал оказывает значительное влияние на:

- выбор несущей подсистемы (алюминиевые, стальные, модульные конструкции);
- особенности узловых решений и креплений;
- технологию монтажа и производства элементов.

В отсутствие системного подхода к выбору облицовочных материалов нередко возникают ситуации, когда фасадная система подобрана без учета технологических и конструктивных особенностей крепежа, в связи с чем проектируется и монтируется с нарушениями. Это может приводить к увеличению сроков монтажных работ и удорожанию фасадной системы, а впоследствии к преждевременному износу фасада, увеличению стоимости технического обслуживания.

Существующий свод правил СП 522.1325800.2023 «Системы фасадные навесные вентилируемые. Правила проектирования, производства работ и эксплуатации» описывает общие требования к прочностным расчетам НФС, однако он не содержит требований и методических рекомендаций для выбора облицовочных материалов с учетом его влияния на организационно-технологические решения при монтаже навесных фасадных систем.

Цель исследования - обосновать необходимость разработки методики выбора навесной фасадной системы в зависимости от типа облицовочного материала и архитектурных особенностей здания.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ существующих видов облицовочных материалов для навесных фасадных систем.

2. Выполнить анализ существующих типов навесных фасадных систем, их конструктивных особенностей и технологических особенностей монтажа.
3. Выполнить обзор типовых и уникальных архитектурных форм фасадов зданий и сооружений.

В отличие от существующих исследований, сосредоточенных на прочностных расчетах, контроле качества и эксплуатационных характеристиках фасадов [1-3], данное исследование акцентирует внимание на системном подходе к выбору фасадной системы с учетом облицовочного материала и архитектурных особенностей здания.

Основная часть

В исследовании применяется системный подход к выбору навесных фасадных систем с учетом архитектурных особенностей зданий и свойств облицовочных материалов. Анализ осуществляется в контексте влияния облицовочного материала на организационно-технологические и конструктивные решения при монтаже навесных фасадных систем.

Для выявления зависимостей между облицовочными материалами и организационно-технологическими и конструктивными решениями в навесных фасадных системах, первоочередно необходимо рассмотреть классификацию фасадных облицовочных материалов. При разработке конструктивных решений НФС одним из самых важных параметров является вес облицовочного материала, так как данный показатель влияет на расчетную схему каркаса НФС, о чем подробно пишут Морина А.А., Морина Е.А., Макаров А.И., Галямичев А.В., Назаров М.А. в статье «Влияние способа крепления облицовки на расчетную схему каркаса НФС» [4]. Однако официальная классификация облицовочных материалов по весу в настоящее время отсутствует. В рамках данного исследования будет использована классификация, составленная автором на основе научных статей [5-7] с

использованием технических свидетельств (технических оценок пригодности применения в строительстве) производителей различных облицовочных материалов, выданных ФАУ «ФЦС». Были рассмотрены листовые [8-10] и штучные [11, 12] материалы. Классификация наиболее распространённых на рынке облицовочных материалов по весу представлена в таблице № 1.

Таблица № 1

Классификация облицовочных материалов
для навесных фасадных систем по весу

Наименование облицовочного материала	Толщина (мм)	Усредненный вес (кг/м ²)	Группа материалов по весу
Стальные кассеты	1,2	10,8	Легкие облицовочные материалы
Композитные панели	4	10,8	
Фиброцементные плиты	10	16,8	Средние по массе облицовочные материалы
HPL панели	10	16,8	
Керамогранит	10	30,0	
Клинкерная плитка	15	27,6	
Бетонная плитка	20	45,6	
Натуральный камень	20	64,8	Тяжелые облицовочные материалы
Натуральный камень	30	97,2	
Терракотовые плиты	30	66,0	
Стеклофибробетон	20	60,4	
Кирпич полнотелый	80	160	

Анализ облицовочных материалов показал, что материалы можно разделить на несколько групп: Легкие облицовочные материалы, Средние по массе облицовочные материалы и Тяжелые облицовочные материалы.

Для выполнения исследования необходимо проанализировать существующие типы навесных фасадных систем и их конструктивные особенности. В СП 522.1325800.2023 «Системы фасадные навесные вентилируемые. Правила проектирования, производства работ и

эксплуатации» представлены методы расчета алюминиевых и стальных фасадных систем, а также особенности монтажных работ для каждой системы. В рамках данного исследования будет использована классификация НФС по материалу, из которого изготавливается система, так как прочностные характеристики материалов имеют отличия [13].

Не менее важно учитывать особенности монтажа каждого вида системы. Помимо классических НФС из алюминия и стали следует рассмотреть модульные фасадные системы [14], при монтаже которых предусмотрен иной порядок производства работ. Ключевым отличием является высокий уровень мобильности, так как сборка модуля производится на этапе производства, а не при монтаже системы. Для классических НФС характерна последовательный монтаж конструкций: кронштейн – вставка – направляющая – крепежный элемент. Сравнение данных видов систем графически представлено на рис. 1.

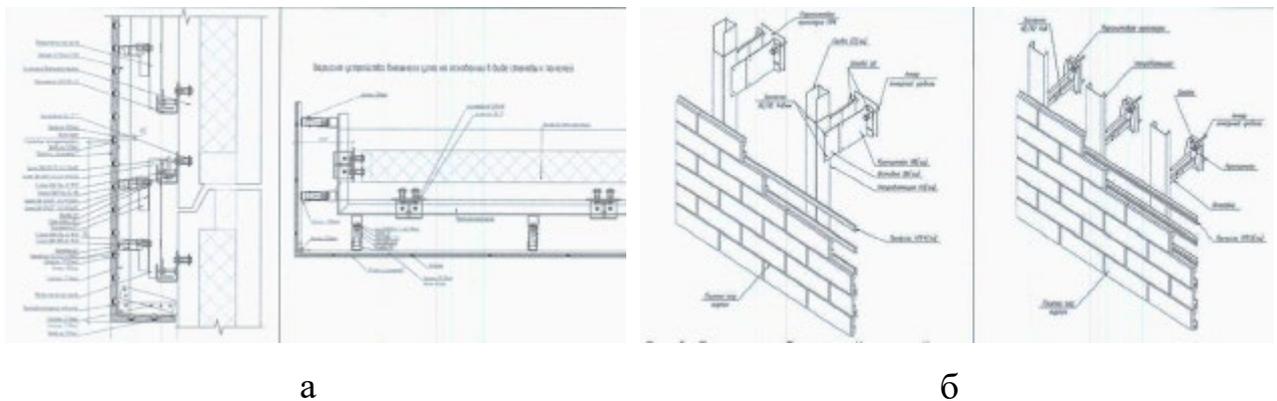


Рис. 1. - (а – модульная система; б – «классическая» система) [15]

На основании вышеизложенного автор статьи считает необходимым рассмотреть следующие виды навесных фасадных систем:

- Стальная НФС последовательного монтажа;
- Алюминиевая НФС последовательного монтажа;
- Модульная НФС.

При рассмотрении научных статей [1, 14, 16] были выявлены особенности монтажа перечисленных фасадных систем, основные из которых автор представил в таблице № 2.

Таблица № 2

Особенности монтажных работ в зависимости от вида НФС

Вид фасадной системы	Группа облицовочных материалов по весу	Технологические особенности монтажа и особенности конструктивных решений
1	2	3
Классическая стальная НФС	Легкие облицовочные материалы	<ul style="list-style-type: none">- Избыточная несущая способность для крепления легких облицовок, увеличенная металлоемкость в сравнении с алюминиевой системой.- При монтаже кассет из алюминия необходимо исключить контакт стали и алюминия для избежания возникновения коррозии.- Сложность монтажа из-за конструктивных особенностей стальных систем.
	Тяжелые облицовочные материалы	<ul style="list-style-type: none">- Достаточная несущая способность и оптимальная металлоемкость.- Для уникальных архитектурных форм возможно изготовить нестандартные изделия, при этом обеспечивая удобство монтажа.
	Средние по массе облицовочные материалы	<ul style="list-style-type: none">- При рассмотрении существующих исследований, преимущества или недостатки относительно других типов систем не выявлены.
Классическая алюминиевая НФС	Легкие облицовочные материалы	<ul style="list-style-type: none">- Оптимальная система для легких облицовочных материалов: достаточная несущая способность, удобство монтажа композитных кассет.- При монтаже кассет из оцинкованной стали необходимо исключить контакт стали и алюминия для избежания возникновения коррозии.

1	2	3
Классическая алюминиевая НФС	Тяжелые облицовочные материалы	- Несущая способность ниже, чем у стальной системы, требуется минимальный шаг кронштейнов и минимальный вынос подсистемы. - Ограничения в производстве нестандартных изделий, проблемы проектирования при наличии уникальных архитектурных форм.
	Средние по массе облицовочные материалы	- При рассмотрении существующих исследований преимущества или недостатки относительно других типов систем не выявлены.
Модульная НФС	Легкие облицовочные материалы	- Удобство и скорость монтажа значительно выше, чем при использовании классической НФС, однако выше материальные затраты на производство и проектирование.
	Средние по массе облицовочные материалы	- Необходим комплексный анализ стоимости производства и монтажа для сравнения с классическими НФС.
	Тяжелые облицовочные материалы	- Скорость и удобство монтажа значительно выше, чем при использовании классических НФС. - Металлоемкость при производстве выше или сопоставима классическим НФС.

Помимо технологических особенностей монтажа, важно рассмотреть особенности организации производства работ. Ключевым аспектом в формате сравнения видов фасадных систем являются сроки монтажа каждого вида НФС.

Ввиду отсутствия единых норм продолжительности строительства для навесных фасадных систем, автором рассмотрены сроки монтажа стальных и модульных систем на конкретном строящемся здании. Сведения о сроках производства работ предоставлены ООО «ДИАТ-ПРОЕКТ».

Таблица № 3

Вид НФС	Наименование объекта	Год строительства	Площадь облицовки, м ²	Сроки производства, мес.	Сроки монтажа, мес.	Выработка, м ² /мес.
Стальная	ЖК «Polar» (Корпус 1)	2023-2025	11 500	6	18	638
	ЖК «Noble»	2023-2024	2 700	3	5	540
Модульная	ЖК «Ютаново» (Корпус 3)	2022	1 300	3	1,5	866

Представленная таблица не может рассматриваться как научно обоснованная, так как рассматриваемых данных недостаточно для проведения полноценного исследования. Необходимо учитывать также вид облицовочного материала, его вес, количество захваток, численность бригады на конкретном участке, использование машин и механизмов и другие данные.

Однако, на основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что модульная система значительно превосходит классические системы по срокам производства работ, и является самой мобильной системой из представленных. Графическое сравнение представлено на рис. 2.

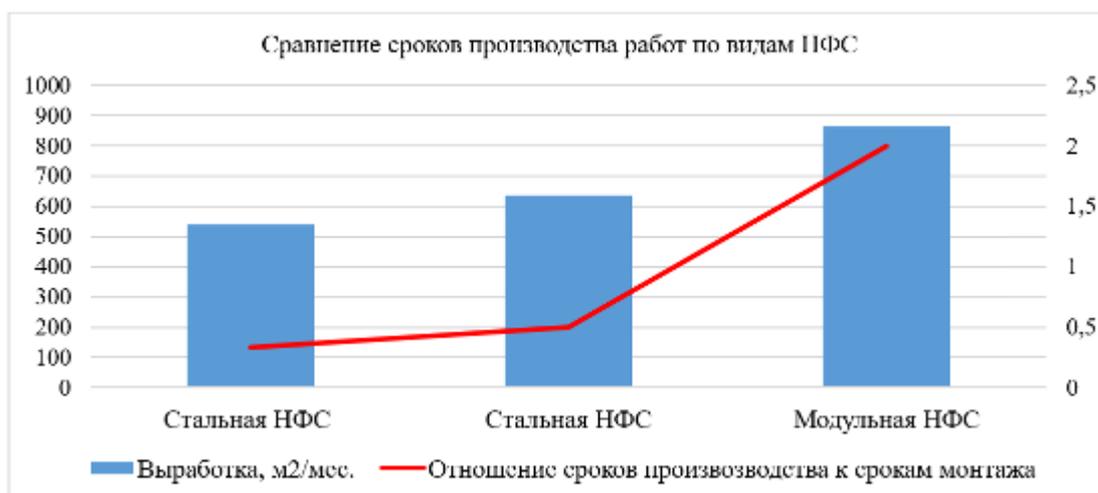


Рис. 2. - Сравнение сроков производства работ для разных видов НФС

При рассмотрении существующих исследований были выявлены основные отличительные особенности для каждого вида системы. Выбор фасадной системы тесно связан с характеристиками облицовочного материала. Например, для алюминиевых композитных панелей лучше подходят алюминиевые системы, а для стеклофибробетона — стальные или модульные системы [4, 14]. Каждая система имеет свои преимущества в сочетании с определенными материалами, что влияет на долговечность, эксплуатационные характеристики и стоимость монтажа. Однако для получения корректных результатов необходим комплексный факторный анализ каждого вида системы, что подтверждает необходимость разработки методики выбора навесной фасадной системы в зависимости от типа облицовочного материала и архитектурных решений.

Архитектурные особенности здания, такие как форма фасада, его высота, наличие термических и механических нагрузок, также определяют выбор фасадной системы. Например, для зданий с высокой ветровой нагрузкой рекомендуется использовать стальные и модульные системы, которые могут обеспечить дополнительную жесткость конструкции. Для зданий с уникальными формами фасадов также более предпочтительны стальные системы, которые обеспечивают удобство монтажа. В статье «Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда» Сулейманова Л. А., Fang J., Ширина Н. В., Баклаженко Е. В., Ладик Е. И. [17] рассматривают современные архитектурные тенденции отделки фасадов, что подтверждает многообразие форм и материалов, для каждого из которых требуется определенный вид фасадной системы. На рис. 3 (а) автор приводит фотографии фасадов зданий, для которых согласно таблице 2 по первичным признакам оптимальной является алюминиевая система. На рис. 3 (б) представлены фотографии фасадов, для которых стальная система более предпочтительна.

рекомендаций и недостаток информации по выбору оптимальных сочетаний фасадных материалов и конструктивных решений обуславливают необходимость разработки научно обоснованной методики выбора навесной фасадной системы в зависимости от типа облицовочного материала и архитектурных решений.

Помимо этого, важно рассмотреть создание баз данных, которые будут включать в себя информацию о свойствах различных облицовочных материалов и их совместимости с разными фасадными системами. Внедрение таких систем позволит существенно повысить эффективность проектирования фасадных систем и оптимизировать как стоимость, так и сроки монтажных работ.

На основании предложенной методики в дальнейшем могут быть сформированы организационно-технологические принципы проектирования и производства навесных фасадных систем.

Литература

1. Лукманова Л.В., Мухаметрахимов Р.Х. Контроль качества монтажа навесных вентилируемых фасадных систем // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. №9 (492-497). URL: elibrary.ru/item.asp?id=35147159 (дата обращения: 03.02.2025).
2. Демидов А. А. Оптимизация технологии конструирования навесной фасадной системы с воздушным зазором для облицовки кирпичом и каменными материалами // Colloquium-journal. 2023. №13 (172). URL: cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologii-konstruirovaniya-navesnoy-fasadnoy-sistemy-s-vozdushnym-zazorom-dlya-oblitsovki-kirpichom-i-kamennymi (дата обращения: 03.02.2025).
3. Ермаков И. В., Лapidус А. А. Формирование системного подхода в организации инструментального контроля качества навесного фасада на



- основании нормативной базы // Инженерный вестник Дона. 2023. №5.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8377
4. Морина А.А., Морина Е.А., Макаров А.И., Галямичев А.В., Назаров М.А. Влияние способа крепления облицовки на расчетную схему каркаса НФС // Alfabuild. 2020. №13. URL: alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/04.pdf?ysclid=m6p2degkw4457247971 (дата обращения: 03.02.2025).
 5. Алиев Семур Асиф Оглы. Материал облицовочных панелей как основа типологического разнообразия навесных фасадных систем // Архитектура и дизайн. 2020. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/material-oblitsovochnyh-paneley-kak-osnova-tipologicheskogo-raznoobraziya-navesnyh-fasadnyh-sistem (дата обращения: 03.02.2025).
 6. Гончаров Виктор Владимирович. Сравнительная оценка современных фасадных систем // Шаг в науку. 2020. №4. URL: cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-sovremennyh-fasadnyh-sistem (дата обращения: 03.02.2025).
 7. Кожемяка С.В., Мазур В.А., Новицкая Е.И. Конструктивно-технологические особенности выполнения навесного вентилируемого фасада с облицовкой керамогранитными плитами // Вестник донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. №6 (19-23). URL: elibrary.ru/item.asp?id=32808880&ysclid=m6p14o75iq999975367 (дата обращения: 03.02.2025).
 8. ТС 6975-23 «Плиты фиброцементные LATONIT окрашенные полимерными красками». Изготовитель / разработчик АО «Лато». URL: api.faufcc.ru/api/assets/ba87959d-d2ba-485a-9cfa-1e82e731dbff (дата обращения: 03.02.2025).
 9. ТС 7213-24 «Панели фасадные HPL ламинированные PARKLEX». Изготовитель / разработчик PARKLEX PRODEMA INT, S.L. URL:
-

- api.faufcc.ru/api/assets/7026e6ac-775a-4e18-96ab-9fb4f62843c2 (дата обращения: 03.02.2025).
10. ТС 7137-24 «Плиты керамогранитные глазурованные марки Empraso». Изготовитель / разработчик Hafez tile & Ceramic IND. URL: api.faufcc.ru/api/assets/5d5f1edd-f77e-4006-8e9a-d78bca7fa1c0 (дата обращения: 03.02.2025).
11. ТС 6993-23 «Плитки клинкерные Feldhaus Klinker» Изготовитель / разработчик Feldhaus Produktion GmbH & Co. KG. URL: api.faufcc.ru/api/assets/383524d9-fb61-40d9-b80e-1277d7d40df6 (дата обращения: 03.02.2025).
12. ТС 6550-22 «Изделия из стеклокомпозитного пластика декоративные «ДС-СКП». Изготовитель / разработчик ООО «ПСК Декорстрой». URL: api.faufcc.ru/api/assets/84bf105a-34c7-431d-99be-1139cf6d9e53 (дата обращения: 03.02.2025).
13. Пригожкин М.Д. Сравнение эффективности строительных стальных и алюминиевых сплавов при различных условиях эксплуатации // NovaInfo 24. 2014. URL: novainfo.ru/article/2121 (дата обращения: 03.02.2025).
14. Афанасьев А. А., Жунин А. А. Модульные фасады в высотном строительстве // Вестник МГСУ. 2011. №1-2. URL: cyberleninka.ru/article/n/modulnye-fasady-v-vysotnom-stroitelstve-1 (дата обращения: 03.02.2025).
15. Цыкановский Е. Ю., Ильин А.В. Альбом технических решений «ДИАТ-Модуль». Том 2. Принципиальные способы крепления металлической рамы модульной конструкции к основанию. Узлы крепления облицовки на модульных конструкциях крупноблочной сборки: монография. - Москва: ООО «ДИАТ-ПРОЕКТ», 2022. – 146 с.
-

16. Бахтинова Ч. О., Старков С. Ю. Оптимизация организационно-технологических решений по монтажу навесных вентилируемых фасадов на примере спортивных сооружений // Инженерный вестник Дона. 2024. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9274
17. Сулейманова Л. А., Fang J., Ширина Н. В., Баклаженко Е. В., Ладик Е. И. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2018. №11. URL: cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-materialy-i-tehnologii-otdelki-fasadov-pri-rekonstruktsii-i-renovatsii-zhilogo-fonda (дата обращения: 03.02.2025).
18. Кузнецова М. Фасад промышленного здания. Pinterest. URL: ru.pinterest.com/pin/83598136828704540 (дата обращения: 05.03.2025).
19. Облицовка металлокассетами. Фото подборки 3. Oldford. URL: oldford.ru/foto3/post/oblicovka-metallokassetami (дата обращения: 05.03.2025).
20. ЖК Маленькая франция Санкт Петербург – фото. Заметки путешественника. URL: mebstroy.com/foto/zhk-malenkaya-franciya-sankt-peterburg.html (дата обращения: 05.03.2025).
21. 3D визуализация ЖК "Sydney City". PHOTOREAL3D. URL: photoreal3d.ru/sydneycity (дата обращения: 05.03.2025).

References

1. Lukmanova L.V., Muhametrahimov R.H. Resursojenergojeffektivnye tehnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2018. №9 (492-497). URL: elibrary.ru/item.asp?id=35147159 (date accessed: 03.02.2025).
2. Demidov A. A. Colloquium-journal. 2023. №13 (172). URL: cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologii-konstruirovaniya-navesnoy-fasadnoy-sistemy-s-vozdushnym-zazorom-dlya-oblitsovki-kirpichom-i-kamennymi (date accessed: 03.02.2025).

3. Ermakov I. V., Lapidus A. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8377
 4. Morina A.A., Morina E.A., Makarov A.I., Galjamichev A.V., Nazarov M.A. Alfabuild. 2020. №13. URL: alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/04.pdf?ysclid=m6p2degkw4457247971 (date accessed: 03.02.2025).
 5. Aliev Semur Asif Ogly. Arhitektura i dizajn. 2020. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/material-oblitsovochnyh-paneley-kak-osnova-tipologicheskogo-raznoobraziya-navesnyh-fasadnyh-sistem (date accessed: 03.02.2025).
 6. Goncharov Viktor Vladimirovich. Shag v nauku. 2020. №4. URL: cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-sovremennyh-fasadnyh-sistem (date accessed: 03.02.2025).
 7. Kozhemjaka S.V., Mazur V.A., Novickaja E.I. Vestnik donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arhitektury. 2017. №6 (19-23). URL: elibrary.ru/item.asp?id=32808880&ysclid=m6p14o75iq999975367 (date accessed: 03.02.2025).
 8. TS 6975-23 «Plity fibrocementnye LATONIT okrashennye polimernymi kraskami». Izgotovitel'. Razrabotchik AO «Lato» [Technical certificate 6975-23 "LATONIT fiber cement slabs painted with polymer paints". Manufacturer / developer of Lato JSC]. URL: api.faufcc.ru/api/assets/ba87959d-d2ba-485a-9cfa-1e82e731dbff (date accessed: 03.02.2025).
 9. TS 7213-24 «Paneli fasadnye HPL laminirovannye PARKLEX». Izgotovitel' razrabotchik PARKLEX PRODEMA INT, S.L. [Technical certificate 7213-24 "PARKLEX laminated HPL facade panels". Manufacturer. Developer PARKLEX PRODEMA INT, S.L.] URL:
-

- api.faufcc.ru/api/assets/7026e6ac-775a-4e18-96ab-9fb4f62843c2 (date accessed: 03.02.2025).
10. TS 7137-24 «Plity keramogranitnye glazurovannye marki Empraco». Izgotovitel'. Razrabotchik Hafez tile & Ceramic IND. [Technical certificate 7137-24 "Glazed porcelain stoneware slabs of the Empraco brand". Manufacturer. Developer Hafez tile & Ceramic IND]. URL: api.faufcc.ru/api/assets/5d5f1edd-f77e-4006-8e9a-d78bca7fa1c0 (date accessed: 03.02.2025).
 11. TS 6993-23 «Plitki klinkernye Feldhaus Klinker» Izgotovitel'. Razrabotchik Feldhaus Produktion GmbH & Co. KG. [Technical certificate 6993-23 "Feldhaus Klinker clinker tiles" Manufacturer. Developer Feldhaus Produktion GmbH & Co. KG.] URL: api.faufcc.ru/api/assets/383524d9-fb61-40d9-b80e-1277d7d40df6 (date accessed: 03.02.2025).
 12. TS 6550-22 «Izdelija iz steklokompozitnogo plastika dekorativnye «DS-SKP». Izgotovitel'. Razrabotchik OOO «PSK Dekorstroy». [Technical certificate 6550-22 "Decorative glass composite plastic products "DS-SKP". Manufacturer. Developer of LLC "PSK Dekorstroy"]. URL: api.faufcc.ru/api/assets/84bf105a-34c7-431d-99be-1139cf6d9e53 (date accessed: 03.02.2025).
 13. Prigozhkin M.D. NovaInfo 24. 2014. URL: novainfo.ru/article/2121 (date accessed: 03.02.2025).
 14. Afanas'ev A. A., Zhunin A. A. Vestnik MGSU. 2011. №1-2. URL: cyberleninka.ru/article/n/modulnye-fasady-v-vysotnom-stroitelstve-1 (date accessed: 03.02.2025).
 15. Cykanovskij E. Ju., Il'in A.V. Al'bom tehnicheskikh reshenij «DIAT-Modul'». Tom 2. Principial'nye sposoby krepnenija metallicheskoj ramy modul'noj konstrukcii k osnovaniju. Uzly krepnenija oblicovki na modul'nyh konstrukcijah krupnoblochnoj sborki [The album of technical solutions
-

- "DIAT-Module". Volume 2. Basic methods of fastening a modular metal frame to the base. Cladding mounting points on modular structures of large-block assembly]: monografija. Moskva: OOO «DIAT-PROEKT», 2022. 146 p.
16. Bahtinova Ch. O., Starkov S. Ju. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9274
17. Sulejmanova L. A., Fang J., Shirina N. V., Baklazhenko E. V., Ladik E. I. Vestnik BGTU imeni V. G. Shuhova. 2018. №11. URL: cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-materialy-i-tehnologii-otdelki-fasadov-pri-rekonstruktsii-i-renovatsii-zhilogo-fonda (date accessed: 03.02.2025).
18. Kuznecova M. Fasad promyshlennogo zdaniya. [Facade of an industrial building]. Pinterest. URL: ru.pinterest.com/pin/83598136828704540 (date accessed: 05.03.2025).
19. Oblicovka metallokassetami. Foto podborki 3. [Lining with metal cassettes. Photo collections 3]. Oldford. URL: oldford.ru/foto3/post/oblicovka-metallokassetami (date accessed: 05.03.2025).
20. ZhK Malen'kaja francija Sankt Peterburg – foto. [Residential complex Little France St. Petersburg – photo]. Zametki puteshestvennika. URL: mebstroy.com/foto/zhk-malenkaya-franciya-sankt-peterburg.html. (date accessed: 05.03.2025).
21. 3D vizualizacija "ZhK Sydney City". [3D visualization of the Sydney City residential complex]. PHOTOREAL3D. URL: photoreal3d.ru/sydneycity (date accessed: 05.03.2025)

Дата поступления: 14.02.2025

Дата публикации: 26.03.2025